



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



RENAN LIMA DE SOUSA

**DOSES DE Ca E K NA PRODUÇÃO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO EM  
AMBIENTE PROTEGIDO**

BOTUCATU – SP

2017



RENAN LIMA DE SOUSA

**DOSES DE Ca E K NA PRODUÇÃO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO EM  
AMBIENTE PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia - Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

BOTUCATU – SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Sousa, Renan Lima de, 1991-  
S725d Doses de Ca e K na produção de pimentão fertirrigado em ambiente protegido / Renan Lima de Sousa. - Botucatu : [s.n.], 2017  
69 p. : fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017  
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas  
Inclui bibliografia

1. Pimentão - Cultivo. 2. Fertirrigação. 3. Cálcio. 4. Potássio. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DOSES DE Ca E K NA PRODUÇÃO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**AUTOR: RENAN LIMA DE SOUSA**

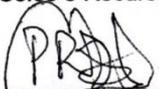
**ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



Profa. Dra. POLIANA ROCHA D'ALMEIDA MOTA SUARES

Depto de Engenharia Agrícola e Solos / UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI



Dra. CAROLINE DE MOURA D ANDRÉA MATEUS

Pós-Doutoranda no Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Botucatu, 14 de julho de 2017.



## **AGRADEÇO**

A Deus pela vida, saúde e proteção; ao Professor Roberto Lyra Villas Bôas pelos ensinamentos; a UNESP pela oportunidade e a todos que de alguma forma, inclusive em orações, contribuíram para o cumprimento dessa jornada.

## **DEDICO**

A meus pais, irmão, familiares e amigos que foram peça chave durante o garimpo dessa conquista.



*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

**(Marthin Luther King)**



## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e produção do cultivar 'Gaston' submetido a doses de cálcio e potássio, utilizando extratores de solução do solo, instalou-se a presente pesquisa em vasos na estufa agrícola do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Botucatu. Com delineamento em blocos casualizados e quatro repetições, foi conduzido um experimento testando quatro doses de Ca ( $98 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $196 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $294 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $392,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) e outro experimento com 4 doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $363 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $726 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $1088 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $1451 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) aplicados via fertirrigação por gotejamento. Foram avaliados: a extração semanal da solução do solo, altura da planta, concentração de nutrientes (folha, fruto e solo) e produção. Os extratores permitiram monitoramento eficiente e houve diferença significativa entre os tratamentos. O aumento da concentração de sais na solução do solo reduziu a altura das plantas, número de frutos e a produção. As doses, além da calagem, que proporcionaram maior produção de frutos foram:  $98 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de Ca com  $46,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $363 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  com  $39,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Palavras chave:** *Capsicum annuum* L. Fertirrigação. Extrator de solução. Monitoramento. Solução do Solo.



## ABSTRACT

With the objective of evaluating the development and production of 'Gaston' cultivar submitted to calcium and potassium doses, use soil solution extractors, the present research in pots in the greenhouse of the Department of Soils and Environmental Resources of the State University Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus of Botucatu. A randomized complete block design with four replications was carried out by testing four Ca doses (98 kg ha<sup>-1</sup>, 196 kg ha<sup>-1</sup>, 294 kg ha<sup>-1</sup> and 392.0 kg ha<sup>-1</sup>) and another experiment with 4 doses of K<sub>2</sub>O (363 kg ha<sup>-1</sup>, 726 kg ha<sup>-1</sup>, 1088 kg ha<sup>-1</sup> and 1451 kg ha<sup>-1</sup>) applied via drip fertigation. Was evaluated: a weekly extraction of soil solution, plant height, nutrient concentration (leaf, fruit and soil) and production. The extractors allowed efficient monitoring and great difference between the treatments. Increasing the concentration of salts in the soil solution reduced plant height, number of fruits and yield. The doses, besides liming, that provide higher fruit yield: 98 kg ha<sup>-1</sup> of Ca with 46.5 t ha<sup>-1</sup> and 363 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O with 39.2 t ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Capsicum annuum* L. Fertigation. Solution extractor. Monitoring. Soil Solution.



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 O pimenteiro .....	17
2.2 Cultivo em ambiente protegido.....	18
2.3 Nutrição mineral.....	19
2.3.1 Cálcio (Ca).....	20
2.3.2 Potássio (K) .....	21
2.4 Fertirrigação.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Caracterização da área experimental.....	25
3.2 Caracterização do pimenteiro ( <i>Capsicum annuum</i> L., 'Gaston').....	25
3.3 Delineamento experimental e tratamentos .....	26
3.4 Instalação do experimento .....	27
3.4.1 Preparo dos vasos, adubação de implantação e transplântio .....	27
3.4.2 Fertilizantes e preparo de soluções nutritivas .....	28
3.4.3 Sistema de irrigação e injeção de fertilizantes .....	29
3.4.4 Manejo do pimenteiro .....	30
3.4.4.1 Sistema de condução .....	30
3.4.4.2 Adubação .....	32
3.4.4.3 Irrigação .....	32
3.4.4.4 Pragas e doenças.....	34
3.5 Dados agrometeorológicos .....	35
3.6 Análises .....	37
3.6.1 Solução do solo .....	37
3.6.2 Altura da planta.....	38
3.6.3 Concentração de nutrientes .....	38
3.6.3.1 Foliar .....	39
3.6.3.2 Fruto.....	39
3.6.3.3 Solo .....	40
3.6.4 Produção de frutos .....	40
3.7 Análise estatística .....	41
4 RESULTADOS DE DISCUSSÃO .....	42

4.1 Solução do solo.....	42
4.1.1 Condutividade elétrica (CE) .....	42
4.1.2. Cálcio.....	46
4.1.3 Potássio .....	48
4.1.4 Nitrato .....	50
4.2 Altura da planta .....	51
4.3 Concentração de nutrientes .....	52
4.3.1 Foliar.....	52
4.3.2 Fruto .....	54
4.3.3 Solo.....	54
4.4 Produção de frutos .....	55
5 CONCLUSÕES .....	59
BIBLIOGRAFIA .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), é a quinta hortaliças mais cultivadas no Brasil tanto em campo com em ambiente protegido (REIFSCHNEIDER & RIBEIRO, 2004).

São escassas publicações específicas recentes da produção de pimentão no Brasil. No Estado de São Paulo, conforme dados do IEA (2017) 2,46 mil hectares com pimentão produziram 91,6 mil toneladas no ano de 2016 e que mais de 49 toneladas foram comercializadas pelo CEAGESP-SP (AGRIANUAL, 2017), uma média de 37 toneladas por hectare.

Nas últimas décadas, o sistema de produção de oleráceas tem adotado várias tecnologias visando otimizar a produtividade e homogeneizar a oferta (REZENDE et al., 2005). Dentre elas podemos citar o cultivo em estufa agrícola objetivando reduzir os efeitos da variabilidade ambiental e incidência de pragas e doenças, o cultivo em vaso para reduzir a ocorrência de nematoides e permitir maior controle de onde a planta irá se desenvolver, a fertirrigação que permite atender a demanda nutricional da cultura de forma parcelada e o uso de técnicas que permitem o monitoramento do solo com tomada de decisões rápidas, como é o caso dos extratores de solução do solo. Todas essas tecnologias permitem, desde que empregados de forma correta, o uso eficiente da água e nutrientes e, conseqüentemente, maior retorno financeiro (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2007).

O uso inadequado de fertilizantes, sem critérios ou referenciais nutricionais eleva a condutividade elétrica do solo salinizando-o e submetendo a cultura a condições de estresse com conseqüentes perdas (TRANI et al., 1997).

Para auxiliar a administração dos fertilizantes pode-se utilizar como referência a curva e absorção de nutrientes, a condutividade elétrica do solo ou até mesmo a concentração de íons específicos na mesma.

Uma das ferramentas é o extrator de solução do solo que, por meio de uma cápsula porosa, extrai uma amostra de solução representativa da condição nutritiva do solo. A solução extraída pode ser analisada com leitores portáteis de íons específicos, como por exemplo o Horiba, que possui eletrodos para leitura de cálcio, potássio, nitrato, pH e condutividade elétrica; facilitando assim o manejo e a tomada de decisões durante a aplicação de fertilizantes via água de irrigação.

Quando se trata de fertirrigação, é necessário que o sistema esteja bem dimensionado e livre de fatores que possam interferir na eficiência e distribuição da água e conseqüentemente do fertilizante.

Em estudos realizados por Dias (2000) e Marcussi (2005), dentre os nutrientes absorvidos pelo pimenteiro, o potássio é o primeiro e o cálcio o terceiro nutriente mais absorvido. Porém, ainda é difícil encontrar recomendações específicas para cada cultivar, principalmente quando se trata do cálcio. Grande parte dos estudos, como os realizados por Oliveira et al. (2016), Abrahão (2015) e Oliveira et al. (2013), por exemplo, estão voltados aos dois nutrientes com maior acúmulo que são o N e o K.

Portanto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o desenvolvimento e produção de plantas de pimentão do cultivar 'Gaston' submetidas a doses de potássio e cálcio, em vaso e ambiente protegido utilizando como manejo da adubação a solução do solo, obtida por meio de extratores, e a curva de absorção de nutrientes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O pimenteiro

Pertencente a mesma família do tomate, jiló, berinjela, batata e pimentas em geral, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) tem origem americana (entre o Sul dos Estados Unidos e o Norte do Chile), é uma planta autógama e apresenta características arbustivas com alta produtividade (25 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup>), devido aos híbridos atuais, exigindo assim um sistema de condução das plantas (FILGUEIRA, 2008 & JÚNIOR, 2013). O tutoramento pode ser em formato de “U” ou “V”, sendo retiradas todas as brotações abaixo da primeira bifurcação (inclusive folhas, flores e frutos) para evitar gasto desnecessário de energia e nutrientes, direcionando-os para os ramos superiores (MATHIAS, 2017).

Os frutos apresentam as mais variadas cores, formas e tamanhos e são importantes fontes de vitamina E e C e antioxidantes naturais (REIFSCHNEIDER, 2000). Os frutos coloridos, oriundos de híbridos, possuem maior agregação de valor e conseqüente maior lucratividade quando comparados aos de cor verde, porém demandam maior custo de produção devido, principalmente, ao maior período para maturação, podendo acentuar-se no período do inverno (CERQUEIRA-PEREIRA et al., 2007).

É uma cultura que possui rápido retorno de investimento pois a produção inicia-se em curto período de tempo, sendo assim amplamente empreendida por pequenos e médios produtores e cultivado em quase todas as regiões do Brasil, com destaque para SP e MG, estando na região Sudeste os maiores consumidores (MARCUSI & VILLAS BÔAS 2003a & SILVA, 2012).

A temperatura ideal para seu desenvolvimento e produção fica entre 16°C e 28°C; termófila e exigente em termoperiodicidade, requer variação de 7°C a 10°C entre o dia e a noite (TIVELLI, 1998). As plantas são providas de flores hermafroditas e a abertura acontece nas primeiras horas do dia, permanecendo aberta por 24 horas; durante o florescimento, a temperatura deve permanecer entre 21°C e 27°C (LORENTZ, 2004).

Segundo Reifschneider (2000), os solos adequados para cultivo devem ser leves, profundos e bem drenados, pois o acúmulo de água pode causar o apodrecimento do sistema radicular e da base da planta, assim como a redução de

produtividade devido ao abortamento e queda das flores. Outro fator que influencia a queda de flores e gemas é consequência da combinação de baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas, resultando em transpiração excessiva das plantas (REIS, 2002).

Para Caron & Heldwein (2000), quando em ambiente protegido, o consumo de água pelas plantas pode ser indiretamente influenciado pelas características genóticas da planta, umidade relativa do ar, conteúdo de água no solo, temperatura, déficit de saturação e velocidade do vento no interior da estufa agrícola. Na cultura do pimentão, Dalmago et al. (2003), em estudo realizado no Rio Grande do Sul, observaram consumo de 0,21 mm, 1,65 mm, e 1,36 mm ao dia para os estádios inicial, de floração e colheita respectivamente, podendo atingir picos de 3,6 mm ao dia.

O fruto é a parte lucrativa da planta e pode ser comercializado de forma fresca, desidratada, em flocos, em conservas ou em pó. Quando desidratado e moído é denominado páprica e é bastante utilizado na indústria alimentícia como ingrediente de enlatados, embutidos ou comercializado em pequenas embalagens (FINGER & SILVA, 2005).

## **2.2 Cultivo em ambiente protegido**

O ambiente pode ser um dos maiores entraves para a produção de hortaliças, pois condições climáticas adversas podem, sobretudo, suprimir a capacidade produtiva da cultura (LORENTZ, 2004).

Nos últimos anos, a horticultura tem utilizado várias tecnologias e uma delas que se destaca, além da fertirrigação, é o cultivo em ambiente protegido. Esse sistema pode ser utilizado para abrigar as mais diversas culturas como quiabo, maxixe e abóbora, além das hortícolas tradicionais, e dentre as principais vantagens estão: alongamento de colheita, regularidade de produção, proteção contra intempéries da natureza, ataque de pragas e doenças, e mais eficiência de aplicação de defensivos (REZENDE et al., 2005; LIMA, 2013; FERREIRA, 2015).

Um fator importante ao cultivar em ambiente coberto por filme plástico são as alterações físicas que podem acontecer no seu interior, pois estas estão diretamente relacionadas ao comportamento das plantas. O filme plástico que normalmente faz a cobertura de ambientes protegidos altera significativamente elementos agrometeorológicos como: velocidade do vento, temperatura do ar e do solo, radiação

solar global, umidade relativa do ar, déficit de saturação, evapotranspiração e conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento das plantas (DALSSASO et al., 1997; DALMAGO, et al., 2003); requerendo assim um acompanhamento cauteloso das exigências da cultura e das condições à qual está submetida a fim de contemplar o sucesso do empreendimento.

Observou-se maior umidade relativa do ar, maior temperatura e menor luminosidade em ambiente protegido, quando comparado ao cultivo em campo, quando Caliman et al. (2005) avaliaram genótipos de tomateiro submetidos a essas duas condições ambientais, conferindo maior produtividade aos que foram conduzidos em ambiente protegido.

Chee (1990), ao cultivar pimentão em regiões com alto índice pluviométrico na Coréia, obteve redução de 97% de viroses e queda de 9% na incidência de podridão apical dos frutos após implantação do cultivo em ambiente protegido.

Situado entre as cinco culturas de maior área cultivada no Brasil e em diversos países do mundo, o pimentão é a cultura que apresentou melhor adaptabilidade a esse microambiente, resultando em incremento de produtividade e qualidade dos frutos (LORENTZ, et al., 2005).

Todas as informações descritas anteriormente comprovam que, quando bem planejado, o cultivo em ambiente protegido é instrumento funcional e que pode contribuir significativamente com o cenário da agricultura no Brasil.

## **2.3 Nutrição mineral**

Entre os principais fatores de cultivo e produção de hortaliças, seja em campo ou ambiente protegido está a nutrição mineral, pois reflete diretamente no metabolismo vegetal, crescimento, produtividade e qualidade do produto final (MARCUSSE et al., 2004).

Cada nutriente tem seu papel específico no metabolismo das plantas e podem advir desequilíbrios fisiológicos quando um deles não está em quantidade necessária à planta ou quando ocorre interação negativa entre os nutrientes (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Porém, os sinais de desequilíbrio nutricional (excesso ou falta) são o fim de uma série de acontecimentos que se iniciam com uma lesão molecular, evoluindo para alteração subcelular e celular e por fim ao conjunto de células do tecido vegetal,

tornando o sintoma visível e podendo aparecer em folhas ou frutos (MALAVOLTA, 2006).

A busca em distinguir os teores de nutrientes nas plantas está associada ao estudo do estado nutricional por intermédio da variação da composição dos mesmos em órgãos representativos. Portanto, é importante conhecer a exigência nutricional e concentração em todas as partes do vegetal para nortear as quantidades a serem administradas por meio de fertilizantes, visando melhor rendimento com máxima produtividade (MALAVOLTA, 1993).

Assim, como já observado por Marcussi et al. (2005), ainda são poucos os estudos com relação aos teores adequados de nutrientes no pimenteiro. Trabalhando com híbrido Elisa fertirrigado em ambiente protegido, estes autores verificaram em média a seguinte ordem decrescente de acúmulo de nutrientes:  $K > N > Ca > Mg > S > P$ . Para os micronutrientes, sob as mesmas condições de cultivo, Marcussi e Villas Bôas (2003b) encontraram acúmulo médio na seguinte ordem:  $Fe > Zn > Mn > B > Cu$ . O ferro, embora o micronutriente mais acumulado, apresentou exportação de apenas 4% do sistema radicular para a parte aérea da planta, sendo os mais exportados o B e o Cu, com 28% e 27% respectivamente. Em condições de cultivo de pimenteiro em campo.

### **2.3.1 Cálcio (Ca)**

Por desempenhar importante papel na formação e estrutura das paredes celulares e membranas, a maior concentração de Ca está nessas estruturas celulares, devido ao grande número de sítios de ligação e transporte restrito no citoplasma para esse nutriente (KADIR 2004; VITTI et al., 2006).

Constituindo o terceiro nutriente mais concentrado nos tecidos vegetais do pimenteiro, o cálcio é um nutriente especialmente regulador da qualidade do fruto por conferir a manutenção da firmeza, sendo a podridão apical do fruto um dos principais sintomas de deficiência desse elemento (LURIE, 2009).

Para as plantas deficientes em Ca, um indício comumente observado é a clorose de folhas mais jovens, sentido bordadura-centro associado a plantas raquíticas e com poucas folhas, encarquilhadas e pouco desenvolvidas. Em deficiências mais severas, pode evoluir para ausência de frutos, necrose e abscisão foliar (RODRIGUES, 2002; VITTI et al., 2006).

Flores et al. (2012) e Viegas et al. (2013), ao avaliarem a omissão de Ca em pimentas, obtiveram plantas pouco desenvolvidas, clorose, deformação e formato irregular de folhas jovens, necrose dos ápices e morte de brotações. Na grande maioria dos casos, em condução de cultivo sob ambiente protegido, sintomas de deficiência de Ca não estão associados à disponibilidade do nutriente na zona radicular, mas a fatores climáticos (luz, temperatura, umidade), presença de outros minerais que competem com o sítio de absorção (magnésio, amônio e/ou potássio) e da taxa de redistribuição desse mineral na planta (LOCASCIO, 1994; FAQUIN, 2005; KOWALSKA & WODZIMIERZ, 2012). Para os últimos autores, sintomas de deficiência de Ca podem ser justificados pela sua localização celular e insolubilidade dos compostos de cálcio no tecido vegetal (VITTI et al., 2006).

### **2.3.2 Potássio (K)**

Em estudo realizado por Marcussi et al. (2005), Abrahão (2015) e Oliveira (2016), dentre outros, é notório que o potássio é o nutriente mais requisitado pela cultura do pimentão; no solo, movimenta-se por fluxo de massa e difusão e é absorvido pelas raízes na forma iônica.

Segundo Silva et al. (2001), o potássio influencia tanto em características químicas como físicas no pimentão e seu manejo adequado durante a fertilização da cultura é primordial para alcançar elevada produtividade e frutos de qualidade (CHARTZOULAKIS & KLAPKI, 2000).

Atuante na abertura e fechamento estomático, o K proporciona uso eficiente de da água e maior translocação de fotoassimilados produzidos na folha para as demais partes da planta (MALAVOLTA et al., 1997). Participa também da osmorregulação, ativação de mais de 60 enzimas utilizadas na respiração, fotossíntese e síntese de ácidos nucléicos (MALAVOLTA, 2006; TAIZ & ZEIGER, 2009).

Em estudo realizado por Fontes (2005) em pimentão, verificou-se o surgimento de plantas mais baixas e com menor número de folhas devido a deficiência de K, apresentando clorose e necrose interneval na ponta das folhas situadas na posição mediana da planta, evoluindo abscisão foliar.

Por competir com o sítio de absorção do cálcio e do magnésio, doses excessivas podem resultar em menor produtividade e qualidade dos frutos devido à dificuldade de absorção de água pelas raízes gerada pelo desbalço nutricional

(MARCHNER, 1995). Esse fenômeno foi observado por Benzione & Golan (1992) onde tratamentos com elevadas doses de K tiveram uma maior ocorrência de podridão apical nos frutos.

## **2.4 Fertirrigação**

Uma pesquisa conduzida por Alfaia (1997) afirma que perdas de adubo por lixiviação, escoamento superficial e volatilização (adubos nitrogenados e potássicos) podem chegar a 1/3 quando aplicados a lanço; quando por fertirrigação, esse prejuízo pode ser reduzido ou eliminado, uma vez que os nutrientes são distribuídos próximo ao sistema radicular e em momentos e quantidades adequadas à cultura.

Denominada fertirrigação, consiste na técnica de fornecer à planta, via sistema de irrigação, quantidades parceladas de nutrientes na forma líquida, sendo a água o meio condutor. É empregada em sistemas de irrigação localizada, cultivo protegido e proporciona incremento de produtividade, melhor uso e aproveitamento do sistema de irrigação, economia de mão de obra, fertilizantes e melhor eficiência de seu uso (desde que administrado corretamente), pelo fato do fertilizante ser aplicado na área de atividade radicular (VILLAS BÔAS et al., 2002; OLIVEIRA & VILLAS BÔAS, 2008; TRANI et al., 2011).

Com maior facilidade de alterar as dosagens aplicadas, a fertirrigação permite adequações rápidas das doses de aplicação conforme a necessidade da cultura, pois como cita Abrahão (2015), a demanda nutricional varia com o estágio de desenvolvimento da cultura. Tal medida pode refletir maior produtividade e qualidade dos frutos.

A fim de desenvolver ferramentas que permitam a obtenção de informações mais rápidas e precisas sobre a situação atual do solo e necessidade nutricional das plantas nas condições locais de cultivo, desenvolveram-se formas de manejo, que associadas à análise foliar, podem auxiliar a realização de ajustes no programa de adubação (ANDRADE, 2012).

Dentre os vários tipos de manejo que podem ser adotados como parâmetro de monitoramento e tomada de decisões na técnica de fertirrigar destacam-se: marcha de acúmulo de nutrientes, controle de condutividade elétrica e concentração de íons específicos na solução do solo.

Assim, como demonstrado por Oliveira (2012) e Oliveira et al. (2013), que testaram doses de nutrientes e manejos de fertirrigação em pimentão sob cultivo protegido, cada manejo tem suas vantagens e desvantagens e observando os dados obtidos nas pesquisas, ficou claro que é complexa a aplicação simultânea dos três tipos de manejo, sendo necessário a adoção dos que mais se adaptem às condições de cultivo, de condução, disponibilidade de material, equipamentos e/ou restrições econômicas.

A curva de acúmulo de nutrientes define a dosagem de aplicação dos fertilizantes, porém ainda são poucos os resultados de curva de acúmulo no país, quando comparado ao grande leque genotípico de cada cultura e variações climáticas de cada região ou sistema de cultivo. Marcussi et al. (2003b) e Silva et al. (2012) com a cultura do pimenteiro e Nogueira et al. (2014) com a cultura da melancia, são exemplos de autores que estudaram a curva de acúmulo de nutrientes. Essas pesquisas permitem compreender melhor a exigência nutricional em cada fase fenológica e para administrar os fertilizantes de forma mais eficiente à planta.

É recomendado num programa de fertirrigação, associado a marcha de acúmulo (que define a dosagem de aplicação dos nutrientes), o monitoramento da solução do solo para verificar a quantidade de nutrientes disponíveis e a necessidade de ajuste no programa de adubação.

Dentre as várias técnicas de extração de solução do solo está o uso de extratores a vácuo que é composto por um tubo de pvc com cápsula porosa em uma das extremidades e, na outra, uma cortiça que permite a formação de vácuo e passagem dos microtubos, os quais são utilizados para realização de vácuo e dreno da solução extraída (WOLT, 1994). Devido aos bons resultados, são bastante indicados para monitoramento do cultivo protegido (DIAS et al., 2003).

A partir da solução extraída, é possível determinar a condutividade elétrica (salinidade) e a concentração de íons específicos como nitrato, potássio, sódio e cálcio, por exemplo (LIMA, 2009).

Avaliando a extração da solução do solo em citros fertirrigado, Sousa (2010) concluiu que a solução já diferenciava os tratamentos desde a primeira coleta, enquanto a análise do solo levou até dois anos para discriminar os tratamentos.

Em diferentes faixas de condutividade, cada cultura apresenta sua tolerância relativa à salinidade (VILLAS BÔAS et al., 2007). Esta, é variável em função do genótipo, fatores edafoclimáticos e fontes de salinização (OLIVEIRA et al., 2012).

Medeiros et al. (2002), ao avaliarem a tolerância à salinidade do pimenteiro em estufa agrícola, estimaram limiar de  $1,81 \text{ dS m}^{-1}$ ; no entanto, Marcussi et al. (2004) obtiveram maior desenvolvimento das plantas com condutividade de até  $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Medeiros et al. (2009) e Medeiros et al. (2012), trabalhando com pepino e tomate respectivamente, constataram que as culturas oferecem maior tolerância em condições de salinidade ocasionada pela adição de fertilizantes.

Outra alternativa de manejo da solução do solo é a utilização de aparelhos portáteis medidores de íons específicos. De fabricação japonesa, o “Cardy Metter” é um dos disponíveis no mercado brasileiro e pode auxiliar o monitoramento da fertirrigação. Por meio de leituras instantâneas, este aparelho quantifica íons de potássio, nitrato, cálcio e sódio por exemplo, sendo um eletrodo específico a cada nutriente.

Dias et al. (2003) e Blanco (2004) verificaram alta correlação entre a leitura desses medidores portáteis e métodos laboratoriais. Entretanto, ainda necessitam de maiores estudos no sentido de determinar padrões indicativos de intervalos adequados de cada nutriente na solução do solo e associados à cada fase fisiológica da planta.

Comercialmente, os fertilizantes para fertirrigação podem ser encontrados na forma líquida ou em pó e há os mais diversos preços e composições, porém os mais comuns são: ureia, nitrato de amônio e nitrato de cálcio como fontes fornecedoras de nitrogênio (N), cloreto de potássio branco e sulfato de potássio como fontes de K e S, e MAP purificado ou ácido fosfórico como fonte de P (VILLAS BÔAS et al., 2007). Esses são apenas os fertilizantes mais comuns, sendo que um único fertilizante pode fornecer mais de um nutriente específico e a escolha do fertilizante é condicionada ao objetivo da produção.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada em estufa agrícola (7 m de largura por 24 m de comprimento, coberta por filme plástico de 150 micras, com janelas superiores e cortinas laterais para ventilação e temperatura, laterais de tela branca e nebulizadores), localizada no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Botucatu (São Paulo – Brasil), sob coordenadas geográficas 22°50'51.6" de latitude sul e 48°26'06.0" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 830m (Figura 1).

Figura 1 - Estufa agrícola do Departamento de Solos - FCA/UNESP utilizada no experimento



#### 3.2 Caracterização do pimenteiro (*Capsicum annuum* L., 'Gaston')

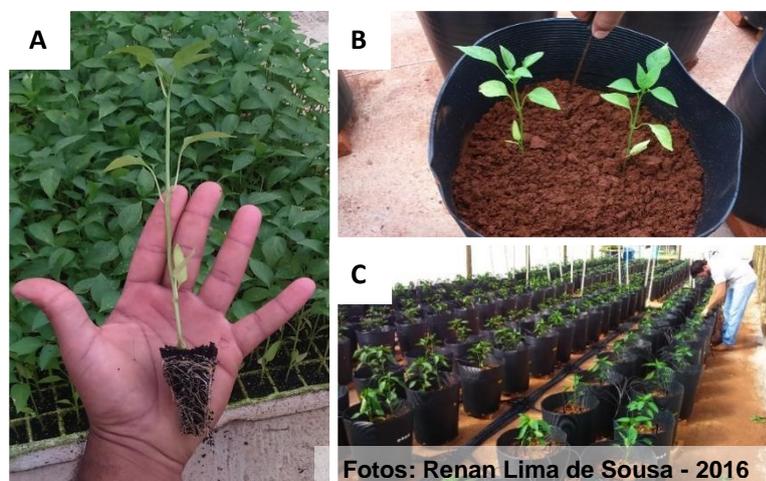
O cultivar 'Gaston' foi o selecionado para ser avaliado e verificar sua resposta aos tratamentos, por ser mais utilizado entre os produtores da região.

Produzido pela Syngenta®, produz frutos grandes de paredes grossas, bem formados durante todo o ciclo, e coloração vermelha quando maduro. As plantas possuem grande vigor vegetativo, alta qualidade de floração, frutificação e alta resistência ao *Tombamovirus patotipo* e ao *virus Y de la patata razas*.

As mudas foram adquiridas na CACO (loja agrícola que atende a região de Botucatu) e 45 dias após semeadura, com aproximadamente 16 cm de altura, variando de 7 a 8 folhas, foram transplantadas duas mudas por vaso no dia 01/03/2016

onde sucedeu-se o desbaste da menos vigorosa com 30 DAT (31/03/2016) (Figura 2); dando início então ao programa de fertirrigação e aplicação dos tratamentos.

**Figura 2 – Padrão das mudas de pimentão adquiridas (A), transplântio (B), procedimento de desbaste (C)**



### 3.3 Delineamento experimental e tratamentos

A pesquisa foi subdividida e avaliada em dois experimentos distintos: o primeiro testando quatro doses de potássio e o segundo testando quatro doses de cálcio, sendo cada experimento organizado em blocos casualizados, com 4 repetições e cada parcela com dois pontos de amostragem (2 de 25 litros), totalizando assim 16 parcelas e 32 vasos por experimento. Na Tabela 1 encontram-se as descrições de cada experimento e tratamento baseado na curva de absorção de nutrientes para o pimentão fertirrigado (TRANI et al., 2011), conforme Tabela 2. Para os nutrientes que não foram pesquisados, em cada experimento, foi aplicado 100% da recomendação. Os experimentos foram implantado em 01/03/2016 e finalizados em 12/10/2016, 225 dias após transplântio (DAT).

**Tabela 1 – Descrição dos experimentos e tratamentos**

Experimento com Potássio (K)		Experimento com Cálcio (Ca)	
TRATAMENTO	DOSE (kg ha <sup>-1</sup> )	TRATAMENTO	DOSE(kg ha <sup>-1</sup> )
70% de K <sub>2</sub> O	363	70% de Ca	98
140% de K <sub>2</sub> O	726	140% de Ca	196
210% de K <sub>2</sub> O	1088	210% de Ca	294
280% de K <sub>2</sub> O	1451	280% de Ca	392

**Tabela 2 – Curva de absorção de nutrientes utilizada como referência**

Desenvolvimento do pimenteiro dias após transplântio (DAT)	Quantidade de nutriente por dia				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
	Kg ha <sup>-1</sup>				
1 a 35	0,05	0,01	0,08	0,03	0,04
36 a 55	0,35	0,06	0,78	0,23	0,14
56 a 70	1,16	0,24	2,24	0,69	0,50
71 a 85	1,32	0,22	2,60	0,67	0,70
86 a 100	2,63	0,77	4,80	1,93	1,05
101 a 120	2,73	0,60	5,50	0,80	0,75
121 a 140	3,75	1,10	4,85	1,00	0,72
141 a 180	2,00	0,90	3,60	1,20	0,90
Total por hectare	295	90	514	139	103

FONTE: Trani et al., 2011, p.23

Para encontrar a necessidade por planta, uma vez que o experimento foi realizado em vasos, foi considerada a densidade de 16.667 plantas por hectare, obtida a partir do espaçamento mais usual entre os produtores de pimentão em campo e também citado por Trani et al. (2011): 1,2 m x 0,5 m.

### 3.4 Instalação do experimento

#### 3.4.1 Preparo dos vasos, adubação de implantação e transplântio

O solo utilizado para preenchimento dos vasos de 25 L foi de textura arenosa, coletado na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à FCA/UNESP, localizada em São Manuel, Estado de São Paulo. Obteve-se uma amostra composta do solo para análise química e procedeu-se com a correção. A análise foi realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA/UNESP seguindo a metodologia de Raji et al. (2001). Assim, na Tabela 3, apresentam-se os dados obtidos antes da correção do solo.

**Tabela 3 – Análise química do solo antes da correção**

Antes da correção	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----			mmolc dm <sup>3</sup> -----				mg dm <sup>3</sup>	
	3,9	7	4	8	27	0,2	4	1	5	33	16	11

O solo foi peneirado para eliminação de torrões e pedras e, com a utilização de uma betoneira (Figura 3), foi realizada calagem corrigindo a saturação por bases para 70% nos vasos que receberam tratamentos de cálcio e a 80% nos vasos que receberam tratamentos de potássio, aplicação de fósforo (visando elevar o teor de P a  $150 \text{ mg dm}^{-3}$ , usando metade como super triplo e metade como termofosfato + micronutrientes + S) e, no experimento com cálcio, potássio (visando elevar o teor de K a  $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), usando a fonte cloreto de potássio. Após preenchimento, os vasos foram distribuídos no interior da estufa agrícola com espaçamento duplo de 0,5 m entre vasos do mesmo bloco e 1,2 m entre blocos, totalizando 23.529 plantas por hectare.

**Figura 3 – Peneiramento do solo (A), fertilizantes (B), homogeneização e enchimento dos vasos (C)**



### 3.4.2 Fertilizantes e preparo de soluções nutritivas

Os fertilizantes utilizados na solução nutritiva foram: cloreto de cálcio como fonte de Ca (27,2% de Ca), cloreto de potássio (pó branco) como fonte de K (60% de  $\text{K}_2\text{O}$ ), nitrato de amônio como fonte de N (33% de N) e MAP purificado como fonte de P (60% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 10% de N), sendo que a aplicação dos tratamentos (K e Ca) ocorreram às quintas-feiras e os demais às segundas-feiras. Quando o tempo de irrigação era abaixo de 10 minutos, devido à baixa evapotranspiração das plantas (consequência da baixa temperatura), a aplicação dos fertilizantes que não eram tratamentos, foi realizada de forma manual vaso a vaso. Para os micronutrientes foram realizadas pulverizações foliares periódicas.

Devido ao uso do sistema de tanque de derivação para injeção de fertilizantes, a demanda semanal de cada tratamento era pesada, identificada, diluída em água (atentando à solubilidade e compatibilidade) e injetada no sistema via tanque de derivação. Também, antes da injeção, era checada a condutividade elétrica da solução nutritiva ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) concentrada.

### 3.4.3 Sistema de irrigação e injeção de fertilizantes

O sistema de irrigação localizada adotado foi por gotejo, provido de botões gotejadores de  $4 \text{ L h}^{-1}$ , para cada vaso. O sistema de irrigação derivava a vazão de cada botão a quatro flechas distribuídas nos quatro quadrantes de cada vaso, a fim de promover melhor distribuição da água para a planta (Figura 4).

**Figura 4 – Sistema de distribuição de água de irrigação (flechas)**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

As doses, de cada tratamento, foram injetadas individualmente e, para a troca entre os tratamentos e doses durante a injeção dos fertilizantes, foram utilizados registros de esfera devidamente identificados através de cores (Figura 5).

**Figura 5 – Sistema de seleção (registro de esfera) para tipos de fertilizantes e doses**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

Após instalação do sistema, foram avaliados o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade e distribuição (CUD), propostos por Christiansen (1942) e Criddle et al. (1956), respectivamente, para sistemas de irrigação localizada. O sistema apresentou classificação excelente para ambos: CUC (99%) e CUD (96%), segundo classificação de Mantovani (2001) e Merriam & Keller (1978).

Na injeção de fertilizantes, o sistema adotado foi o tanque de derivação. Esse sistema consiste em um tanque fechado o qual a solução nutritiva concentrada é diluída e carregada ao sistema de irrigação à medida que é forçada a passagem do fluxo de água pelo mesmo. Para o experimento, foi desenvolvido um tanque utilizando garrafa pet (Figura 6) que apresentou resultados satisfatórios e com baixo custo. Por se tratar de um sistema adaptado, também foram instalados manômetros em cada tanque para verificação da pressão de operação e a capacidade da “pet” era trocada conforme demanda de diluição.

**Figura 6 – Sistema de injeção de fertilizantes**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

### **3.4.4 Manejo do pimenteiro**

#### **3.4.4.1 Sistema de condução**

Devido a limitação de espaço da estufa agrícola, as plantas foram conduzidas em sistema de espaldeamento simples (em formato de ‘U’) com alceamento em fio de arame galvanizado ovalado, devido à grande distância entre os tutores fixados ao chão e a necessidade de suportar o peso das plantas e frutos. Os arames foram instalados a 15 cm de distância vertical, com tutores nas extremidades das fileiras de

vasos de cada bloco e o alceamento foi realizado com o auxílio de um alicate alceador assim que o ramo alcançava cada arame instalado acima das plantas (Figura 7).

**Figura 7 - Tutor com arames espaçados verticalmente a 15cm**



Algumas das vantagens desse sistema de condução é a melhor ventilação, sanidade da cultura, floração mais regular e facilidade na colheita dos frutos, além de evitar quebra dos galhos por conta do peso dos frutos.

Seguindo as recomendações técnicas de Goto & Rossi (1997), foram retirados todos os brotos laterais, inclusive folhas, abaixo da primeira bifurcação (Figura 8). Também foi retirada a primeira flor que surge na primeira divisão do caule, com o intuito de aumentar o peso médio dos frutos por direcionar o fluxo de seiva aos frutos das hastes acima.

**Figura 8 – Pimenteiro antes da poda (A) e depois da poda (B)**



### 3.4.4.2 Adubação

As aplicações foram realizadas em horários que a temperatura estivesse dentro do intervalo de 18°C a 25°C, umidade relativa do ar não inferior a 60%, com pulverizador costal manual com bico tipo leque e sempre utilizando os equipamentos de proteção individual (Figura 9). Todas as aplicações foram intercaladas de forma que não ocorresse a aplicação de mais de um produto em um único dia; seguindo também o intervalo de segurança de cada produto em relação ao trânsito de pessoas no interior da estufa agrícola e/ou colheita de frutos. Foram realizadas aplicações regulares uma vez ao final de cada mês, a partir dos 60 DAT quando a planta apresentava o produto comercial, do Trazex Multi® (Fe 5%, B 2%, Mn 6%, Cu 2% e Zn 6%) na dosagem de 2 kg ha<sup>-1</sup> por aplicação, conforme recomendação especificada no produto.

**Figura 9 - Procedimento de pulverização de micronutrientes**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

### 3.4.4.3 Irrigação

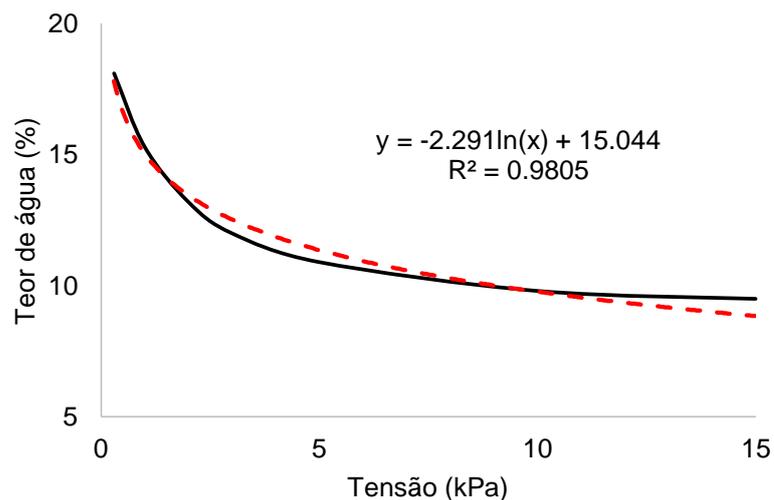
Realizou-se a determinação da CAD (Capacidade de água disponível) do solo utilizado da seguinte forma: em um vaso com solo totalmente seco foi adicionado água até a saturação e começasse a escoar nos orifícios da parte inferior, sendo acondicionado um balde para coletar toda a água drenada e a parte superior do vaso protegida com um filme plástico para evitar perdas por evaporação (Figura 10). Após cessar a drenagem, foi contabilizada a quantidade de água coletada e por diferença ao volume adicionado inicialmente pôde-se verificar o volume máximo retido pelo solo (4,6 L de água em 25 L de solo).

**Figura 10 – Verificação da CAD do solo utilizado nos experimentos**



Outro parâmetro analisado, visto que o momento de irrigar foi baseado no princípio da tensiometria, foi a curva de retenção de água do solo realizada pelo laboratório de Engenharia Rural da Faculdade, por meio da câmara de pressão de Richards, a qual é possível aferir a umidade do solo em função das tensões nele aplicada (Figura 11).

**Figura 11 – Curva de retenção de água no solo**



Partindo do princípio de que quanto mais disponível a água estiver, menos esforço a planta realizará para extraí-la e que o pimenteiro, conduzido em casa de vegetação, permite esgotamento de até 30% da água do solo sem refletir em perdas de produção (TEODORO et al., 1993), estabeleceu-se como indicativo da necessidade de irrigação a tensão de 10kPa (12,75% de água no solo), através da curva de retenção de água ajustada pela equação logaritma presente na figura 11.

Comparando os valores obtidos na CAD (18,4%) aos da curva de retenção (18,1%) para a capacidade máxima de armazenamento de água é possível comprovar que os dados obtidos são representativos ao solo utilizado nos experimentos.

O acompanhamento da tensão do solo no experimento foi realizado com a instalação de tensiômetros de cápsula porosa, a 20 cm de profundidade, previamente lavados e hidratados em água destilada, atentando para que houvesse o máximo possível de contato da cápsula porosa com o solo (também úmido) e distribuídos entre as parcelas de forma que houvesse pelo menos um tensiômetro em cada tratamento, possibilitando então a realização de leituras diárias com o auxílio de um tensímetro digital e a verificação da necessidade de irrigação ou não (Figura 12).

**Figura 12 – Tensiômetro e tensímetro utilizado para monitoramento da frequência de irrigação**



#### **3.4.4.4 Pragas e doenças**

No monitoramento de pragas foi utilizado o monitoramento visual (Figura 13) e armadilhas adesivas na cor azul para tripses (*Thysanoptera*) e amarela para mosca branca (Família *Aleyrodidae*), pulgão alado (Família *Aphididae*), mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), cigarrinha (Família *Cicadellidae*), fungus gnats (Mosca: *Sciaridae*), vaquinha (*Macrodactylus pumilio*) e mosca das frutas (*Ceratitis capitata*). Para doenças foi realizado o monitoramento visual diário em diversas partes da planta (folha, caule e frutos), em várias plantas para identificar a presença de algum sintoma característico.

**Figura 13 – Vaquinha (*Macroductylus pumilio*) encontrada durante monitoramento visual**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

Foram realizadas pulverizações (descritas no tópico 3.4.4.2) preventivas e, quando necessário, corretivas contra ácaros e fungos. Com princípio fungicida, o Cabrio Top® foi utilizado para o oídio, na dosagem aplicada foi de 2 kg ha<sup>-1</sup> por aplicação, em intervalos de aplicação de 12 dias, não excedendo 4 aplicações. Também fungicida, preventivo contra a aparição de doenças que possam atacar o colo da planta, foi utilizado o Cuprogarb 500®, que forma um “escudo” de cobre coagulando o protoplasma celular de fungos hospedeiros e cicatrizando eventuais rachaduras que podem ser a porta de entrada para doenças oportunistas, na dosagem de 25 g para cada 10 L de água.

Como acaricida e inseticida biológico de contato e ingestão, utilizou-se o Ababectin®, que previne e controla ácaro branco e ácaro rajado, na dosagem de 8 mL para cada 10 L de água não excedendo a recomendação da bula de duas aplicações.

### **3.5 Dados agrometeorológicos**

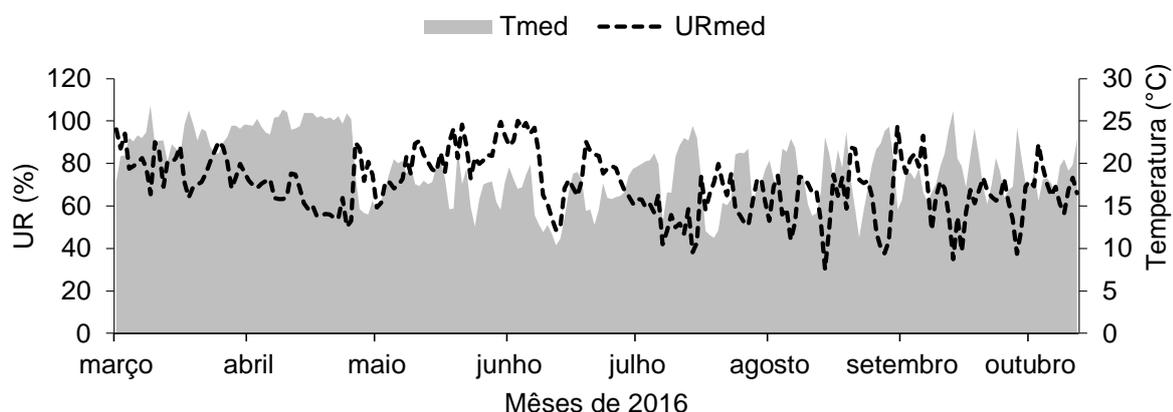
Para acompanhamento das variáveis agrometeorológicas e auxiliar a entender o comportamento das plantas, foram utilizados como referencial os dados da estação agrometeorológica do Departamento de Solos e Recursos Ambientais situada a 74m do experimento.

Goto & Rossi (1997) mencionam que, em geral, em temperatura média fora do intervalo de 18°C a 25°C o pimenteiro não se desenvolve (para as temperaturas mais baixas) ou se desenvolve exageradamente (para as temperaturas mais altas), diminuindo assim sua produção. Andriolo (2000) também constatou alterações nas

reações enzimáticas e consequente pausa no crescimento em plantas submetidas a temperaturas abaixo de 18°C.

Observando as médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar (Figura 14) ao longo dos 225 DAT do experimento, em 38,7 % (87 dias) do tempo a temperatura média do ar esteve abaixo dos 18°C, sendo tais registros concentrados principalmente do mês de maio a meados de julho. Temperaturas médias acima de 25°C representaram apenas 8,4% (19 dias) do ciclo e se concentraram com maior frequência no mês de abril. A menor temperatura média diária registrada foi 10,4°C no dia 12 de junho e a maior 26,8°C no dia 9 de março.

**Figura 14 – Temperatura e umidade relativa do ar média ao longo do experimento**



Dados de umidade relativa do ar (UR) média diária inferiores a 50% representaram apenas 9,3 % (21 dias) do ciclo e surgiram de forma esporádica, porém com mais frequência a partir do mês de julho. Faixas de UR abaixo de 50% provocam a dissecação do grão pólen e por sua menor viabilidade reduz o peso do fruto (TIVELLI, 1998).

Cunha & Escobedo (2003), com o pimenteiro em ambiente protegido, observaram ganho térmico de 3,3°C para a temperatura média em cultivo protegido; já Evangelista & Pereira (2001) não encontraram efeito expressivo sobre as temperaturas mínimas quando comparadas dentro e fora da estufa agrícola. Para a UR, estes últimos autores constataram redução de 15% para os horários mais quentes do dia e aumento de 7%, com relação à UR externa, na ocorrência de dias nublados.

### 3.6 Análises

#### 3.6.1 Solução do solo

Para o monitoramento da solução do solo foi utilizado extratores (Figura 15) que, semelhante ao tensiômetro, conta com uma capsula porosa na extremidade. A extração da solução se dava por meio do microtubo interno que vai da ponta da capsula até trespassar a tampa, sendo o vácuo realizado em um segundo microtubo aderido à tampa. Por diferencial de pressão, a solução do solo é filtrada pela cápsula porosa e fica armazenada na mesma enquanto permanece o vácuo. No experimento foram instalados extratores de solução em três repetições de cada tratamento, a 20 cm de profundidade, seguindo a mesma metodologia de instalação dos tensiômetros.

**Figura 15 - Extrator de solução do solo instalado no vaso**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

A extração de solução ocorria 24 horas após a aplicação dos tratamentos via fertirrigação, sendo o vácuo padronizado a todos os extratores e realizado com auxílio de uma seringa plástica de 60 mL deixando permanecer até que ocorresse o acúmulo de pelo menos 10 mL de solução (tempo de aproximadamente 4 horas). Após decorrido o tempo, a solução era extraída e analisada em laboratório com medidores portáteis de condutividade elétrica e íons específicos. A partir dos dados de cada leitura era feita a adequação do manejo ou até mesmo a suspensão temporária da fertirrigação, quando necessário.

As soluções extraídas foram armazenadas em tubetes de 15 mL e levadas ao laboratório para análise de condutividade e íons específicos de potássio e cálcio com

o auxílio de medidores portáteis da marca Horiba® (Figura 16). Semanalmente, antes de cada leitura, os aparelhos foram calibrados com solução de  $1.41\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  para o condutivímetro e soluções de  $150\text{ mg L}^{-1}$  e  $2000\text{ mg L}^{-1}$  de Ca ou K para cada respectivo leitor de íon específico. No intervalo entre as leituras, o eletrodo de cada medidor portátil foi lavado com água destilada e seco cuidadosamente com papel toalha. Os dados obtidos foram anotados em tabela de bancada e transcritos para planilha eletrônica no Excel, permitindo assim melhor acompanhamento ao longo das extrações semanais e visualização de possíveis problemas com o programa de fertirrigação.

**Figura 16 – Análise de solução do solo com os aparelhos medidores portáteis**



Foto: Renan Lima de Sousa - 2016

### 3.6.2 Altura da planta

A altura da planta foi medida uma vez por mês, no intervalo dos 60 DAT aos 200 DAT. Foi utilizada uma fita métrica rígida (trena) dispendo a sua extremidade na base da planta rente ao solo posicionada verticalmente no sentido do topo da planta, sendo considerado como ponto de leitura, em centímetros, a última inserção foliar do ramo mais alto.

### 3.6.3 Concentração de nutrientes

Todas as análises foram realizadas pelos laboratórios do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP. O material foi seco em estufa de ventilação forçada a  $65^{\circ}\text{C}$  até obtenção de peso constante, devidamente moído em

moinho tipo Willey (ou peneirado no caso de amostras de solo) e acondicionado em saquinhos de papel.

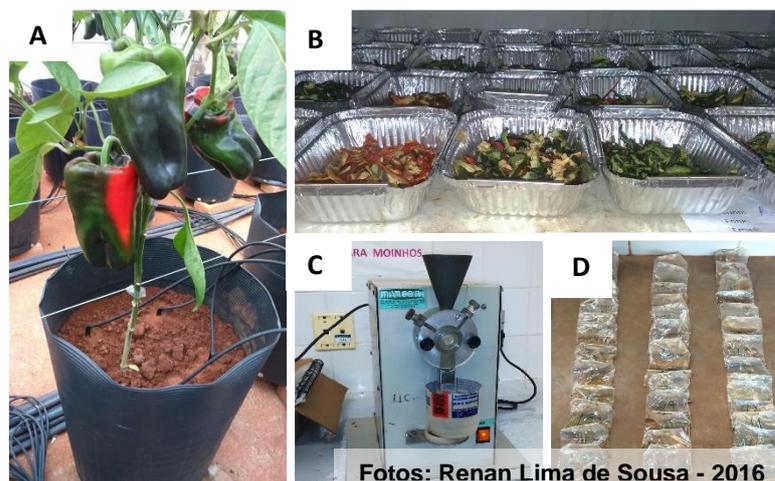
### 3.6.3.1 Foliar

O teor de nutrientes nas folhas foi analisado no meio do ciclo de cultivo, período em que a planta se encontrava totalmente desenvolvida e em plena produção. Para a análise, com três unidades (repetições) por planta, foi coletada a quarta folha a partir do ápice (completamente desenvolvida e em perfeita atividade fotossintética), lavada e submetida ao processo de preparo descrito no tópico 3.6.3, enviadas ao laboratório para avaliação dos teores de nutrientes, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

### 3.6.3.2 Fruto

Para a análise nutritiva foram coletados frutos durante todo o experimento, tendo como ponto de colheita o surgimento da primeira faixa vermelha. À medida que eram coletados e lavados, os frutos passavam pelo processo de preparo descrito no item 3.6.3; porém, as amostras prontas foram armazenadas e ao final do ciclo obteve-se uma subamostra composta de cada parcela do experimento para então ser enviada ao laboratório e submetida a análise (Figura 17). O armazenamento dos frutos em pó foi a maneira encontrada para obter amostras de frutos durante todo o ciclo sem que houvesse perdas de minerais por decomposição devido ao grande tempo de cultivo (225 DAT).

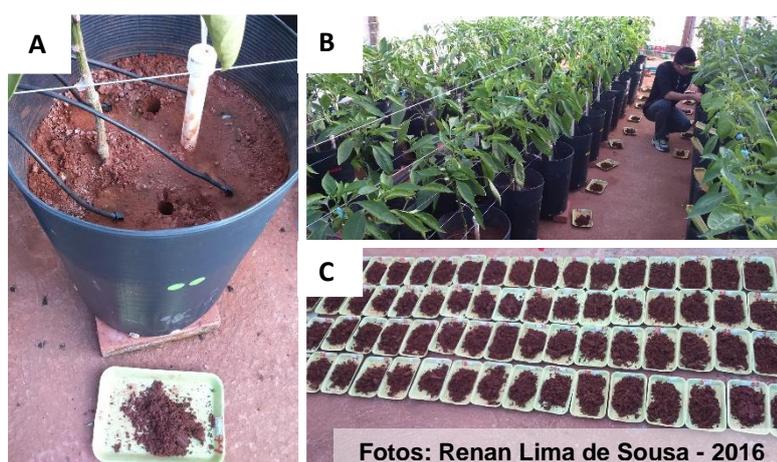
Figura 17 – Ponto de colheita (A), secagem em estufa (B), moagem (C) e amostras compostas (D) de frutos de pimenteiro analisadas quimicamente



### 3.6.3.3 Solo

A análise de solo foi realizada uma única vez, no mesmo período da análise foliar. Foram coletadas amostras em dois pontos de cada vaso, na interseção entre os quadrantes das flechas de gotejo, simulando a mesma posição da planta e extrator de solução em relação as demais flechas, em profundidade de 0-20 cm (Figura 18). Após secas e peneiradas, as amostras seguiram para a avaliação em laboratório.

**Figura 18 – Amostragem (A), coleta em cada parcela (B) e secagem (C) de solo para análise química**



### 3.6.4 Produção de frutos

Assim como na análise de nutrientes nos frutos, o ponto de colheita adotado na contabilização da produção foi o aparecimento da primeira faixa vermelha. Em todos os frutos colhidos foram analisados o peso, o tipo comercial (diâmetro), o comprimento, a quantidade por planta e a presença de algum defeito que o classificasse como não comercial.

O peso foi contabilizado fruto a fruto, em laboratório, com o auxílio de uma balança com 2 casas decimais após a virgula e devidamente nivelada. Para a identificação do tipo, foi utilizado o classificador de frutos desenvolvido pela GREENPACK® com os calibres padrão CEAGESP para hortifrutigranjeiros variando do tipo 4 ao tipo 11, de acordo com o diâmetro máximo de circunferência (Tabela 4). Os frutos que apresentaram diâmetro menor que 49mm, queimadura do sol ou ocorrência de fundo preto foram classificados como não comerciais.

**Tabela 4 – Identificação de tipo em função da circunferência do classificador de frutos**

Tipo	Diâmetro da Circunferência (mm)
4	49
5	59
6	68
7	78
8	88
9	97
10	108
11	116

### 3.7 Análise estatística

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão.

## 4 RESULTADOS DE DISCUSSÃO

### 4.1 Solução do solo

#### 4.1.1 Condutividade elétrica (CE)

Com exceção da leitura correspondente aos 92 DAT, todas as demais leituras apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento de menor dose foi o que apresentou menor valor de CE, verificando aumento linear em relação aos demais tratamentos. Nas Tabelas 5, 6 e 7 estão os resultados da análise em função dos tratamentos com cálcio:

**Tabela 5 - Análise de condutividade elétrica da solução do solo para o experimento com cálcio dos 43 DAT aos 99 DAT**

Tratamentos	43 DAT	50 DAT	57 DAT	65 DAT	71 DAT	78 DAT	85 DAT	92 DAT	99 DAT
	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
Ca 70%	1,1	0,8	0,9	1,3	1,4	1,2	1,6	2,2	2,8
Ca 140%	1,3	1,0	1,1	1,7	1,5	1,3	1,8	2,4	3,1
Ca 210%	1,5	1,0	1,3	1,8	1,8	1,6	2,1	2,5	3,3
Ca 280%	1,9	1,4	1,6	2,0	2,0	1,8	2,5	2,9	3,5
CV (%)	10,0	6,5	10,0	8,4	10,6	12,8	8,53	12,4	6,3
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	ns	L *
R <sup>2</sup> (%)	97,4	89,3	99,7	95,1	94,7	96,1	97,5	-	99,8

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 6 - Análise de condutividade elétrica da solução do solo para o experimento com cálcio dos 106 DAT aos 162 DAT**

Tratamentos	106 DAT	113 DAT	120 DAT	127 DAT	134 DAT	141 DAT	148 DAT	155 DAT	162 DAT
	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
Ca 70%	2,4	3,0	3,4	1,8	2,3	1,3	1,4	1,6	2,4
Ca 140%	2,6	3,2	3,8	2,3	2,3	1,9	2,0	1,9	2,8
Ca 210%	2,7	3,4	4,2	2,7	2,8	2,4	2,3	2,3	3,1
Ca 280%	3,0	3,9	4,6	3,0	3,2	2,9	2,8	2,7	3,4
CV (%)	4,2	3,2	4,8	6,6	8,0	10,2	7,5	11,1	6,1
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	96,7	97,3	99,9	97,9	88,7	99,9	98,8	99,6	99,8

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 7 - Análise de condutividade elétrica da solução do solo para o experimento com cálcio dos 169 DAT aos 225 DAT**

Tratamentos	169	176	183	190	197	204	211	218	225
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
	Conductividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
Ca 70%	3,2	3,1	1,5	0,8	1,1	1,4	1,5	1,3	1,1
Ca 140%	3,6	3,6	1,9	1,0	1,4	2,1	2,1	1,8	1,5
Ca 210%	3,7	3,9	2,0	1,1	1,5	2,5	2,6	2,1	1,7
Ca 280%	4,1	4,6	2,4	1,3	1,9	2,8	2,9	2,6	2,1
CV (%)	6,4	11,1	7,0	16,0	13,3	3,1	3,3	11,7	11,9
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	95,3	96,8	97,8	98,6	98,5	96,5	96,4	98,3	97,2

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

Medeiros et al. (2002) estimaram limiar de CE=1,81dS m<sup>-1</sup> para a cultura do pimentão, no entanto, Marcussi et al. (2004), utilizando extratores de solução do solo, obtiveram melhor produção com valores de até 2,3 dS m<sup>-1</sup>. Essa discrepância entre autores foi melhor entendida quando Medeiros et al. (2009) e Medeiros et al. (2012) constataram maior tolerância quando a salinidade é ocasionada por fertilizantes.

Quando se avalia a média de 27 leituras realizadas ao longo do ciclo da cultura nota-se que o valor médio observado foi de 1,8 dS m<sup>-1</sup> (70% de Ca), 2,1 dS m<sup>-1</sup> (140% de Ca), 2,4 dS m<sup>-1</sup> (210% de Ca) e 2,7 dS m<sup>-1</sup> (280% de Ca), sendo que a dose de 50% foi a que mais se aproximou do limiar e onde se obteve maior produtividade (Tabela 23).

Para atender tais parâmetros recomendados, assim que o tratamento de 70% (98 kg ha<sup>-1</sup> de Ca) atingia valores iguais ou superiores à literatura, era suspendida a fertirrigação ou, em casos mais críticos, realizava-se a lixiviação (por exemplo aos 120 e 176 DAT).

Os frutos do pimenteiro ‘Gaston’, sob as dadas condições de cultivo, apresentaram ponto de colheita 60 a 70 dias após surgimento (3 cm de tamanho). Em estudos realizados por Marti & Mills (1991) foi relatado que frutos pendentes, à medida que se aproximam da maturação, reduzem a absorção de nutrientes e consequentemente, aumentam a CE da solução do solo, pelo acúmulo de sais no solo, como ocorre por exemplo aos 65, 120 e 176 DAT.

Para os resultados da análise em função dos tratamentos com potássio houve diferença significativa em todos os tratamentos e apresentam-se nas Tabelas 8 a 10:

**Tabela 8 - Análise de condutividade elétrica da solução do solo para o experimento com potássio dos 43 DAT aos 99 DAT**

Tratamentos	43 DAT	50 DAT	57 DAT	65 DAT	71 DAT	78 DAT	85 DAT	92 DAT	99 DAT
	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
K 70%	0,7	0,7	0,9	1,3	1,5	1,3	1,5	1,8	2,6
K 140%	0,8	0,9	1,1	1,6	1,9	1,4	2,1	2,5	3,3
K 210%	1,1	1,2	1,4	1,8	2,1	1,9	2,8	2,9	3,6
K 280%	1,8	1,4	1,6	1,9	2,3	2,2	3,0	3,4	4,2
CV (%)	20,4	8,9	14,0	11,5	8,3	7,3	7,9	7,9	3,7
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	85,8	99,2	99,9	95,1	98,7	94,5	94,9	98,2	97,6

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 9 - Análise de condutividade elétrica da solução do solo para o experimento com potássio dos 106 DAT aos 162 DAT**

Tratamentos	106 DAT	113 DAT	120 DAT	127 DAT	134 DAT	141 DAT	148 DAT	155 DAT	162 DAT
	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
K 70%	2,2	2,9	3,3	1,8	2,1	1,4	1,5	1,6	2,2
K 140%	3,0	3,7	4,1	2,7	2,9	2,1	2,2	2,3	3,9
K 210%	3,3	4,2	4,9	2,9	3,6	2,7	2,6	2,7	4,3
K 280%	3,9	5,0	5,4	3,7	4,1	3,2	3,0	3,1	4,8
CV (%)	1,7	4,0	3,8	8,8	4,5	6,4	6,3	4,8	3,2
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	98,1	99,1	99,3	95,2	98,5	99,0	98,5	97,4	88,5

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 10 - Análise de condutividade elétrica da solução do solo para o experimento com potássio dos 169 DAT aos 225 DAT**

Tratamentos	169 DAT	176 DAT	183 DAT	190 DAT	197 DAT	204 DAT	211 DAT	218 DAT	225 DAT
	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
K 70%	2,8	2,7	1,3	0,8	1,1	1,2	1,5	1,4	1,1
K 140%	3,5	3,4	1,4	0,9	1,3	2,3	2,9	2,3	1,8
K 210%	4,3	4,4	1,6	1,2	1,8	2,8	3,5	2,7	2,2
K 280%	4,7	4,9	1,8	1,4	2,4	3,3	4,2	3,5	2,7
CV (%)	8,6	3,2	8,1	16,3	4,5	4,5	2,5	7,0	12,9
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	99,1	98,3	97,4	91,9	97,3	95,2	96,3	98,6	99,3

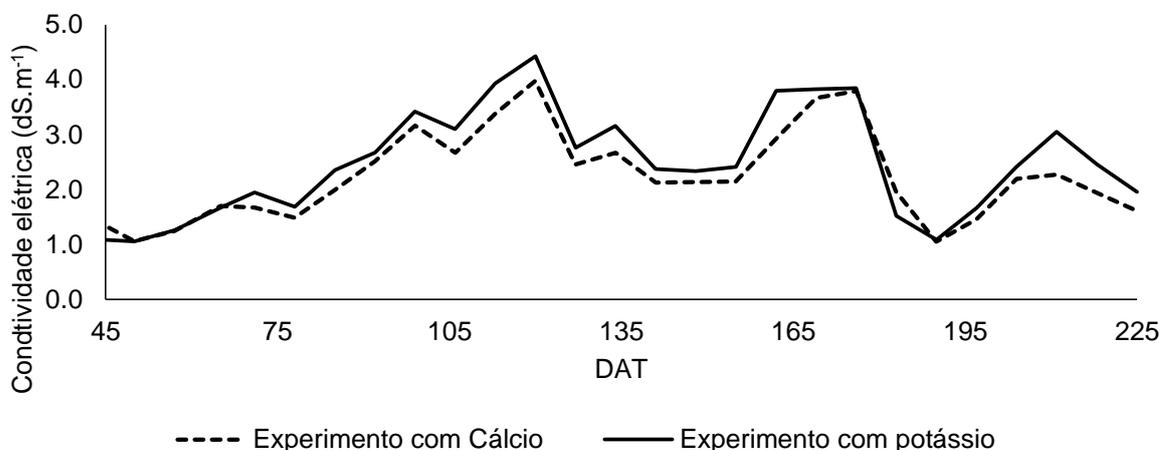
DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

Houve aumento linear da CE com o incremento da dose de K e também foi avaliada a média de todas as leituras ao longo do ciclo da cultura sendo observados os seguintes valores: 1,7 dS m<sup>-1</sup> (70% de K<sub>2</sub>O), 2,3 dS m<sup>-1</sup> (140% de K<sub>2</sub>O), 2,8 dS m<sup>-1</sup> (210% de K<sub>2</sub>O) e 3,2 dS m<sup>-1</sup> (280% de K<sub>2</sub>O), onde mais uma vez a dose de 70%, pelo mesmo motivo já citado no experimento de Ca, foi a que obteve maior produtividade (Tabela 23).

No experimento com potássio também foi realizada lixiviação aos 120 e 176 DAT e maiores condutividades decorrentes da presença de frutos em maturação ocorreram aos 71, 120 e 176 DAT. Comparando ao experimento com cálcio, os frutos demoraram uma semana a mais para atingirem o ponto de colheita na primeira produção.

Na Figura 19 fica mais evidente o efeito e a importância da lixiviação (aos 120 e 176 DAT). Também como medida de controle da CE a fertirrigação foi suspensa aos 99, 120, 134, 169, 176 e 211 DAT. Essa necessidade de lixiviação ou suspensão da aplicação de fertilizantes foi associada ao manejo e, como já descrito por Grangeiro e Cecílio Filho (2004), a curva de absorção de nutrientes é um referencial de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, mas nem sempre sua necessidade é igual à quantidade que deve ser aplicada, pois a demanda nutritiva pode variar pelos mais diversos fatores.

**Figura 19 – Comparação da CE da solução do solo nos experimentos de Ca e K ao longo do ciclo**



Sonneveld & Voogt (2009) observaram que nem sempre o aumento da CE tem efeito negativo. Valores mais elevados de CE para esses autores promoveram

aumento da vida de prateleira do pepino, morango e pimentão, por exemplo. Entretanto, é necessário ponderar entre a qualidade de frutos ou máxima produtividade, uma vez que com aumento da CE acima do limiar de salinidade da cultura, há perdas de produtividade.

#### 4.1.2. Cálcio

Pouco móvel na planta, o cálcio é o terceiro nutriente mais demandado pela cultura do pimentão e a análise desse íon na solução do solo está nas Tabelas 11, 12 e 13:

**Tabela 11 – Íons de cálcio na solução do solo do experimento de cálcio dos 43 DAT aos 99 DAT**

Tratamentos	43 DAT	50 DAT	57 DAT	65 DAT	71 DAT	78 DAT	85 DAT	92 DAT	99 DAT
	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )								
Ca 70%	173	203	270	393	480	433	393	440	493
Ca 140%	180	290	363	453	633	600	580	633	743
Ca 210%	243	353	477	630	703	687	680	747	920
Ca 280%	263	450	580	757	817	790	760	907	1200
CV (%)	8,1	9,8	4,4	4,1	2,8	2,2	7,6	3,1	5,6
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	91,0	99,4	99,8	96,9	97,9	97,8	95,9	99,0	99,3

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 12 – Íons de cálcio na solução do solo do experimento de cálcio dos 106 DAT aos 162 DAT**

Tratamentos	106 DAT	113 DAT	120 DAT	127 DAT	134 DAT	141 DAT	148 DAT	155 DAT	162 DAT
	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )								
Ca 70%	477	557	697	423	443	413	443	470	503
Ca 140%	727	850	1067	610	687	667	723	763	817
Ca 210%	897	1100	1500	910	693	937	983	1067	1133
Ca 280%	1133	1533	1933	1203	1233	1167	1233	1333	1400
CV (%)	4,7	6,7	8,7	8,3	35,1	4,6	4,7	5,2	7,1
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	99,5	98,5	99,8	98,9	84,5	99,9	99,9	99,9	99,8

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 13 – Íons de cálcio na solução do solo do experimento de cálcio dos 169 DAT aos 225 DAT**

Tratamentos	169	176	183	190	197	204	211	218	225
	DAT								
Concentração (mg L <sup>-1</sup> )									
Ca 70%	553	637	350	187	210	257	290	277	267
Ca 140%	897	1033	570	280	303	363	410	387	373
Ca 210%	1233	1433	783	460	500	597	667	640	607
Ca 280%	1567	1800	977	530	573	680	763	733	693
CV (%)	4,8	5,9	4,8	7,7	7,1	6,7	6,7	6,7	6,3
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	99,8	99,9	99,9	97,2	96,8	96,6	96,8	96,5	96,7

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

As doses influenciaram a concentração de íons de Ca na solução do solo durante todo o ciclo e esta seguiu a tendência linear juntamente com o incremento da dose. A partir dos dados obtidos, pode-se indicar como adequado para o pimenteiro a concentração de cálcio na solução do solo de 397 mg L<sup>-1</sup>, pois avaliando-se o teor médio ao longo do ciclo (397 mg L<sup>-1</sup> em 70% de Ca, 593 mg L<sup>-1</sup> em 140% de Ca, 799 mg L<sup>-1</sup> em 210% de Ca e 1000 mg L<sup>-1</sup> em 280% de Ca), a dose de 70% foi a que proporcionou maior produtividade (Tabela 23).

Não foi encontrado na literatura informação sobre a concentração ideal deste nutriente na solução do solo e os valores encontrados não retratam as mesmas condições da pesquisa realizada. Um fator importante ao avaliar este nutriente é a profundidade de instalação do extrator de solução. Por ser bastante solúvel, o cloreto de cálcio se distribui rapidamente na água e pode ser facilmente carregado ao fundo do vaso. Na Figura 20 é apresentado o “corte” vertical do solo ao fim do experimento, mostrando a cápsula porosa a 20 cm de profundidade, o que pode ser um dos motivos das concentrações elevadas nas leituras.

**Figura 20 - Profundidade da cápsula do extrator de solução no vaso**



A elevada concentração de Ca na solução do solo pode estar relacionada também ao aumento da CE (devido às doses), que acarretaram a planta o consumo reduzido de água e, portanto, houve menor absorção de Ca, ficando este retido na solução do solo. Outra possibilidade é a curva de absorção utilizada ter valores acima dos demandados pelo pimenteiro cultivar 'Gaston' em ambiente protegido, onde mesmo com a suspensão da fertirrigação ainda apresentava valores elevados na leitura subsequente.

As menores concentrações representam os tratamentos com 70 % (98 kg ha<sup>-1</sup> de Ca) e as maiores com 280% (392 kg ha<sup>-1</sup> de Ca). Os picos de concentração aos 65, 120 e 176 DAT assim como já mencionado nos dados de CE devem-se à presença de frutos em estágio final de maturação e menor absorção pela planta e, portanto, aumento de Ca na solução do solo.

Aplicado de forma igual nos tratamentos objetivando atender a demanda nutritiva da planta, os íons de K não apresentaram diferenças estatísticas significativas a 5% pelo teste F; mas, este pode ter interferido no acúmulo de Ca na solução do solo e CE uma vez que a dose administrada foi 100% da curva de absorção. Em média, a concentração ficou em torno de 207 mg L<sup>-1</sup> e seguiu a tendência da curva.

### 4.1.3 Potássio

Desempenhando importante papel na fisiologia bioquímica do pimenteiro, o potássio é o nutriente mais requerido pela cultura e a análise desse íon na solução do solo está nas Tabelas 14, 15 e 16:

**Tabela 14 – Íons de potássio na solução do solo do experimento de potássio dos 43 DAT aos 99 DAT**

Tratamentos	43 DAT	50 DAT	57 DAT	65 DAT	71 DAT	78 DAT	85 DAT	92 DAT	99 DAT
	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )								
K 70%	54	40	23	47	41	39	20	34	43
K 140%	70	83	55	83	61	55	53	57	62
K 210%	97	100	70	105	96	79	75	102	122
K 280%	127	125	109	122	115	109	96	117	233
CV (%)	5,8	2,0	8,4	8,2	9,8	7,2	7,4	7,4	5,0
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	98,0	96,4	97,3	92,1	98,6	98,2	98,6	96,6	90,2

DAT – Dias após transplantio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 15 – Íons de potássio na solução do solo do experimento de potássio dos 106 DAT aos 162 DAT**

Tratamentos	106	113	120	127	134	141	148	155	162
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )								
K 70%	25	38	60	56	160	123	177	217	240
K 140%	53	75	110	106	267	240	393	437	453
K 210%	95	137	257	193	517	483	550	803	820
K 280%	197	421	597	427	643	587	850	1533	1567
CV (%)	12,7	12,2	11,4	10,0	8,6	7,8	7,6	5,7	10,7
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	91,0	80,9	87,7	88,9	97,5	97,3	98,4	93,2	92,7

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 16 – Íons de potássio na solução do solo do experimento de potássio dos 169 DAT aos 225 DAT**

Tratamentos	169	176	183	190	197	204	211	218	225
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )								
K 70%	260	267	147	73	170	170	190	140	133
K 140%	480	487	307	143	360	343	353	337	260
K 210%	967	970	380	203	537	600	597	510	363
K 280%	1600	1500	417	317	683	710	710	713	537
CV (%)	12,4	9,2	9,9	11,4	2,5	4,9	4,4	7,5	15,1
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	95,9	97,0	90,8	97,9	99,6	97,9	98,2	99,9	98,8

DAT – Dias após transplântio; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F.

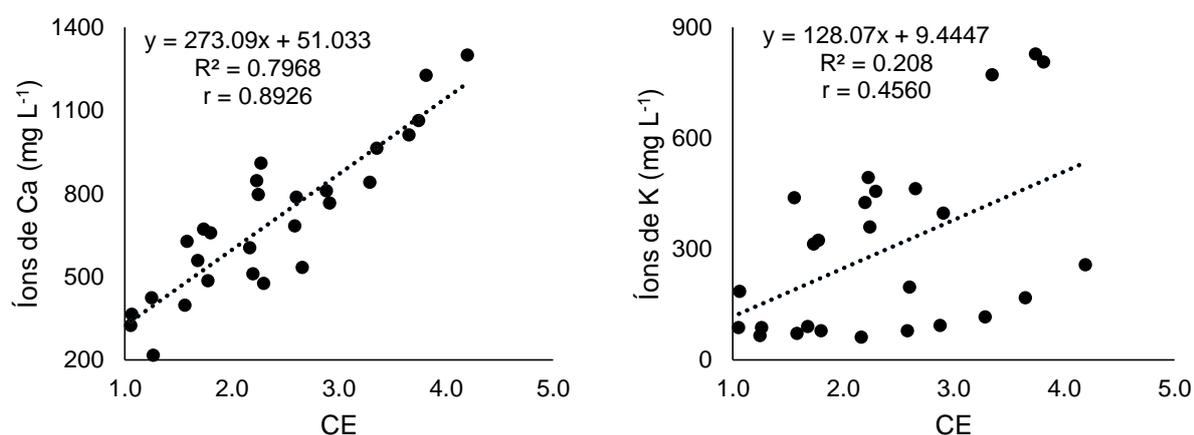
Houve diferença significativa na concentração de íons em função das doses de K, de forma linear, sendo os valores médios: 111 mg L<sup>-1</sup> (70% de K<sub>2</sub>O), 214 mg L<sup>-1</sup> (140% de K<sub>2</sub>O), 364 mg L<sup>-1</sup> (210% de K<sub>2</sub>O) e 562 mg L<sup>-1</sup> (280% de K<sub>2</sub>O). As maiores concentrações aos 65, 120 e 176 DAT ocorrem pelos mesmos motivos já mencionados no experimento de Ca.

Os tratamentos com 70% e 140% de K<sub>2</sub>O foram os que mais se aproximaram da faixa proposta por Oliveira et al. (2013); onde estes autores revelam que a concentração ótima de K em extratos de solução do solo deve estar entre 160 e 268 mg L<sup>-1</sup>. Porém, considerando o manejo, a cultura, condições de cultivo e variações climáticas durante a pesquisa, a concentração mais indicada de K na solução do solo e que permitiu maior produtividade foi 111 mg L<sup>-1</sup>.

Para o suprimento de Ca, no experimento de K, foi administrada 100% da recomendação da curva de absorção e, como previsto, não houve diferença estatística significativa entre os valores, ficando em torno de 589 mg L<sup>-1</sup>. Porém, mesmo que de forma homogênea, também pode ter contribuído para o incremento da CE e projetado maior estresse à planta, uma vez que a concentração que refletiu melhores resultados no experimento de Ca foi 397 mg L<sup>-1</sup>.

Na Figura 21 estão as correlações entre a CE da solução do solo e os íons de Ca e K:

**Figura 21 – Correlações entre CE e íons específicos de Ca e K**



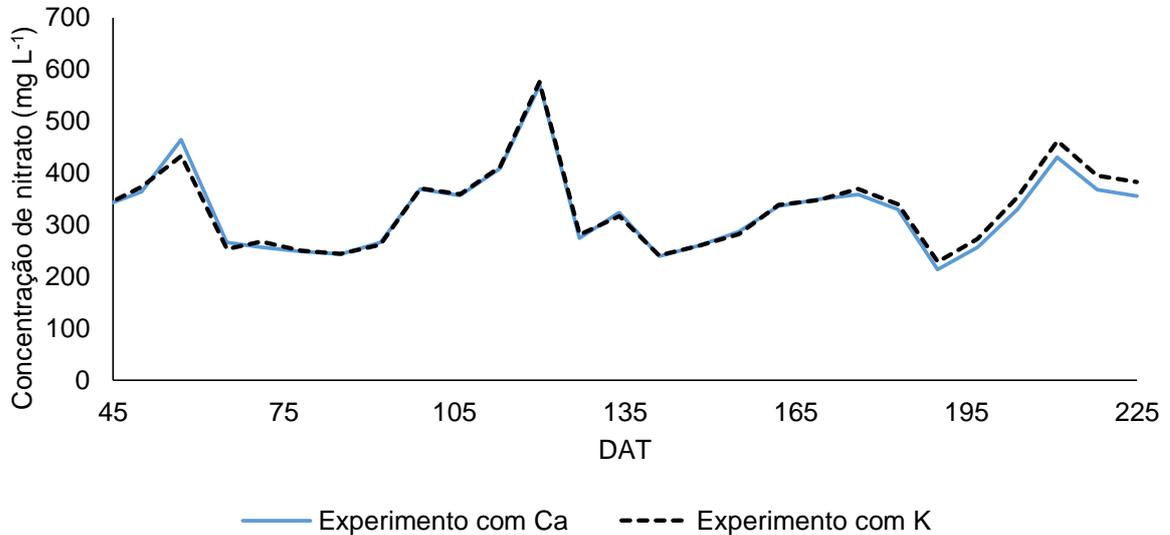
Seguindo a classificação proposta por Hopkins (2000), o cloreto de cálcio, embora requerido em quantidades menores pela planta, apresentou correlação muito alta com a CE e o cloreto de potássio correlação moderada.

#### 4.1.4 Nitrato

Por ter sido aplicado de forma homogênea a todos os tratamentos, não houve diferença significativa para o nitrato entre as doses de Ca ou K a 5% pelo teste F. A diferença de concentração de nitrato nos experimentos de Ca e K é mínima, sendo, em média 331 mg L<sup>-1</sup>. O menor valor (222 mg L<sup>-1</sup>) ocorreu aos 190 DAT e o maior (573 mg L<sup>-1</sup>) aos 120 DAT (Figura 22). A maior concentração ocorreu aos 120 DAT, mês este que está ao centro do período em que foram registradas menores temperaturas e a planta estava em fase final de maturação de frutos. Provavelmente, a planta reduziu o metabolismo nesse período e consumiu menos nutrientes. A menor

concentração ocorreu aos 190 DAT, período em que a planta estava em pleno florescimento e enchimento de frutos, sendo observada temperatura ambiente favorável.

**Figura 22 – Concentração de nitrato ao longo do ciclo de cultivo**



## 4.2 Altura da planta

Nas Tabelas 17 e 18 são observados os resultados da análise de altura da planta em função dos tratamentos com cálcio e potássio, respectivamente:

**Tabela 17 - Altura média da planta em função dos tratamentos com cálcio**

Tratamentos	62 DAT	93 DAT	123 DAT	154 DAT	185 DAT
	Altura da planta (cm)				
Ca 70%	72,6	76,0	79,5	85,5	90,5
Ca 140%	76,4	79,4	83,0	83,1	88,1
Ca 210%	73,3	77,1	80,3	82,4	87,4
Ca 280%	72,4	76,1	80,3	81,8	86,6
CV (%)	4,3	6,0	6,1	6,2	6,2
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns

DAT – Dias após transplântio; ns – não significativo a 5% pelo teste F.

Nos tratamentos com cálcio, apesar de não ocorrer diferença estatística significativa, é possível observar que as plantas submetidas à dose 140% (196 kg ha<sup>-1</sup> de Ca) cresceram mais em relação aos demais tratamentos até os 123 DAT e

posteriormente, aos 154 DAT e 185 DAT, o tratamento com dose 70% ( $98 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca) foi o que demonstrou maior crescimento. Tal comportamento pode estar associado ao acúmulo de sais de Ca no solo e aumento da condutividade elétrica (CE). Dias et al. (2003) relataram que esse acúmulo de sais dificulta a absorção de água pela redução do potencial osmótico e interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Resultados semelhantes foram observados no experimento com potássio descrito na Tabela 18 onde a partir dos 123 DAT, houve diferenciação estatística em função das doses tendo crescimento inversamente proporcional os tratamentos de 70% ( $363 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e 280% ( $1.451 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$ ).

**Tabela 18 – Atura média da planta em função dos tratamentos com potássio**

Tratamentos	62 DAT	93 DAT	123 DAT	154 DAT	185 DAT
	Altura da planta (cm)				
K 70%	73,8	77,9	83,0	85,6	90,8
K 140%	74,0	78,5	83,1	85,4	90,5
K 210%	70,9	74,1	77,8	80,1	84,9
K 280%	70,9	73,8	77,0	79,3	84,0
CV (%)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,3
Regressão	ns	ns	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	-	-	83,7	86,8	86,9

DAT – Dias após transplante; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F; ns – não significativo.

Os valores encontrados estão dentro da faixa referenciada em literatura, de acordo com Fontes et al. (2005) e Charlo et al. (2011). Dependendo das condições ambientais, material genético, ciclo e manejo das plantas, os valores podem variar de 50 cm a 200 cm de altura. Dias (2000) avaliando crescimento e produção de pimenteiro em estufa agrícola, obteve altura máxima de 90 cm.

### 4.3 Concentração de nutrientes

#### 4.3.1 Foliar

Nas Tabelas 19 e 20 são apresentadas as análises do teor foliar de pimentão realizadas para o experimento de Ca e K, respectivamente:

**Tabela 19 – Análise do teor de nutrientes na folha no experimento de cálcio**

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
Ca 70%	30	1,7	50	18	5,8	3,0	72	20	382	183	394
Ca 140%	28	1,7	47	18	5,5	2,7	70	17	430	202	399
Ca 210%	28	1,7	49	21	6,0	2,6	74	19	358	203	354
Ca 280%	28	1,7	47	21	5,8	2,6	66	19	382	212	375
CV (%)	9,6	8,4	7,0	8,6	8,2	4,5	8,9	15,0	22,5	7,5	6,3
Regressão	ns	ns	ns	L*	ns	L*	ns	ns	ns	ns	ns
R <sup>2</sup> (%)	-	-	-	83,20	-	74,42	-	-	-	-	-

L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F; ns – não significativo.

Observaram-se maiores valores de cálcio com o incremento das doses, sendo que houve um maior incremento de S à medida que diminuiu-se o Ca.

**Tabela 20 – Análise do teor de nutrientes na folha no experimento de potássio**

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
K 70%	28	1,7	48	20	6,2	2,7	74	19	447	178	417
K 140%	31	1,7	50	17	5,6	2,7	69	19	449	191	368
K 210%	27	1,6	50	17	5,4	2,6	71	19	413	194	385
K 280%	30	1,5	53	18	6,0	2,7	71	19	353	209	386
CV (%)	9,9	4,5	7,5	8,4	7,6	4,5	8,5	11,1	19,8	9,5	5,1
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – não significativo a 5% pelo teste F.

O potássio não apresentou diferença significativa entre as doses, porém foi possível visualizar seu acréscimo à medida que a dose aumentou e os valores são inversamente proporcionais à absorção de Ca, em ambos os experimentos. A grande concentração de K, mesmo na menor dose, pode estar relacionada à absorção de luxo pela planta, uma vez que esta apresentou maior desenvolvimento após os 123 DAT (Tabela 18) e que embora o nutriente tenha sido mais diluído no tecido vegetal, ainda apresentou valor bem próximo aos tratamentos de maior dose.

Os teores de P, Fe e Zn estão fora da faixa foliar ótima proposta Raij et al. (1997). O valor de P abaixo de 3 g kg<sup>-1</sup> pode estar relacionado às aplicações a lanço na superfície do solo, conferindo menor mobilidade deste nutriente no solo. Para Fe e Zn, acima de 300 mg kg<sup>-1</sup> e 400 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente, pode refletir o acúmulo residual das pulverizações foliares de micronutrientes, entre a cutícula e epiderme.

### 4.3.2 Fruto

A concentração mineral nos frutos não apresentou diferença significativa por efeito das doses de Ca ou K pelo teste F a 5% de significância.

### 4.3.3 Solo

Seguem nas Tabelas 21 e 22 a análise do solo coletada aos 120 DAT, no pico de maior produção de frutos, para os experimentos de Ca e K, respectivamente:

**Tabela 21 – Análise química do solo do experimento de cálcio**

Tratamentos	pH	P	S	K	Ca	Mg
		-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----	
Ca 70%	5,5	52,4	50	6,9	29,6	6,7
Ca 140%	5,6	43,5	35	6,4	30,4	5,5
Ca 210%	5,5	47,6	44	6,3	34,1	4,2
Ca 280%	5,6	49,1	46	6,2	37,4	3,7
CV (%)	5,5	18,3	49,7	15,2	11,5	12,9
Regressão	ns	ns	ns	ns	L*	L*
R <sup>2</sup> (%)	-	-	-	-	94,3	96,8

L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F; ns – não significativo a 5% pelo teste F.

No experimento com Ca, houve diferença significativa apenas para os valores de Ca e Mg. É importante observar que quanto maior a dose de Ca, maior é a concentração do mesmo em mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> e menor é a concentração de Mg. Provavelmente há competição entre esses dois nutrientes pelo sítio de absorção e o Ca tem maior facilidade de ligar-se aos colóides do solo. Comportamento semelhante foi observado no experimento com potássio; porém, os valores de Mg variaram com as doses de K, uma vez que as doses de Ca mantiveram-se constantes (Tabela 22):

**Tabela 22 – Análise química do solo do experimento de potássio**

Tratamentos	pH	P	S	K	Ca	Mg
		-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----	
K 70%	5,4	45,9	42,6	3,4	35,9	7,4
K 140%	5,4	48,8	28,7	6,3	29,4	4,6
K 210%	5,4	57,7	58,5	8,9	32,5	4,6
K 280%	5,8	59,8	47,7	9,9	31,5	3,1
CV (%)	3,3	25,8	58,0	17,5	19,0	15,9
Regressão	ns	ns	ns	L*	ns	L*
R <sup>2</sup> (%)	-	-	-	96,0	-	84,2

L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F; ns – não significativo a 5% pelo teste F.

Observando ambos experimentos, é possível deduzir que o Ca e o K podem induzir a disponibilidade de Mg para a planta quando aplicados em doses elevadas.

De acordo com os parâmetros indicados por Raij et al. (2001), todos as concentrações estão dentro dos padrões para as hortaliças exceto para os valores de K e Ca que podem ser classificados como muito alto. Considerando que a curva de absorção de nutrientes utilizada como referência foi proposta para o cultivo do pimentão fertirrigado em campo, a maior concentração de minerais no solo pode ter ocorrido pela menor demanda de fertilizantes no cultivo protegido uma vez que o solo não é submetido a lixiviações naturais constantes pela incidência de chuvas como ocorre no cultivo em campo.

#### 4.4 Produção de frutos

Dentre as avaliações de produção realizadas destacaram-se a quantidade de frutos por planta e a produção em kg planta<sup>-1</sup> e t ha<sup>-1</sup>. Seguem na Tabela 23 os dados para o experimento de Ca e na Tabela 24 para o experimento com K:

**Tabela 23 – Análise da quantidade e qualidade de frutos para o experimento de cálcio**

Tratamentos	F.P.P. Unid.	P.M.F. (g)	P. P. (kg)	P.H. t ha <sup>-1</sup>	TIPO -	C.M.F. (mm)
Ca 70%	13,0	147,6	2,0	46,5	6,9	110,7
Ca 140%	12,0	142,1	1,6	38,6	6,9	105,7
Ca 210%	11,0	131,0	1,5	34,1	6,7	101,6
Ca 280%	9,0	127,9	1,1	25,9	6,7	106,1
CV (%)	12,2	13,5	3,5	3,9	5,4	5,6
Regressão	L *	ns	L *	L *	ns	ns
R <sup>2</sup> (%)	89,9	-	99,0	98,7	-	-

F.P.P. – Frutos por planta; P.M.F. – Peso médio do fruto; P.P. – Produção por planta; P.H. – Produção em toneladas por hectare; C.M.F. – Comprimento médio do fruto; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F; ns – não significativo.

O número de frutos foi o que expressou melhor resposta da planta aos fatores de variação, destacando-se a menor dose com aproximadamente 13 frutos por planta. Na literatura há grande variabilidade produtiva na cultura do pimentão, variando de 3 a 44 frutos por planta (MARCUSI et al., 2004; FREITAS, 2009 e ALBUQUERQUE et al., 2011); entretanto, todos obtiveram resposta em função de doses de nutrientes via fertirrigação.

Embora não significativo estatisticamente, é possível observar uma tendência linear decrescente no peso médio dos frutos com o incremento da dose de Ca. Já para os dados de produtividade por planta e por hectare, a diferença estatística confirmou de forma bastante incisiva a distinção entre os tratamentos, sendo mais produtivas as plantas submetidas à dose de 70% (98 kg ha<sup>-1</sup> de Ca) como já previsto pelas demais análises.

Para o experimento com potássio, com um número médio de frutos por planta menor (Tabela 24), quando comparado ao experimento de cálcio, também destacou-se a menor dose.

**Tabela 24 – Análise da quantidade e qualidade de frutos para o experimento de potássio**

Tratamentos	F.P.P.	P.M.F.	P. P.	P.H.	TIPO	C.M.F.
	Unid.	(g)	(kg)	t ha <sup>-1</sup>	-	(mm)
K 70%	12,0	155,1	1,7	39,2	7,1	109,9
K 140%	11,0	116,2	1,3	31,1	6,4	102,3
K 210%	10,0	122,8	1,2	27,8	6,7	104,4
K 280%	9,0	123,5	1,1	26,6	6,6	101,6
CV (%)	12,7	10,7	9,2	11,3	5,1	5,2
Regressão	L *	Q *	L *	L *	ns	ns
R <sup>2</sup> (%)	97,6	85,4	87,5	87,1	-	-

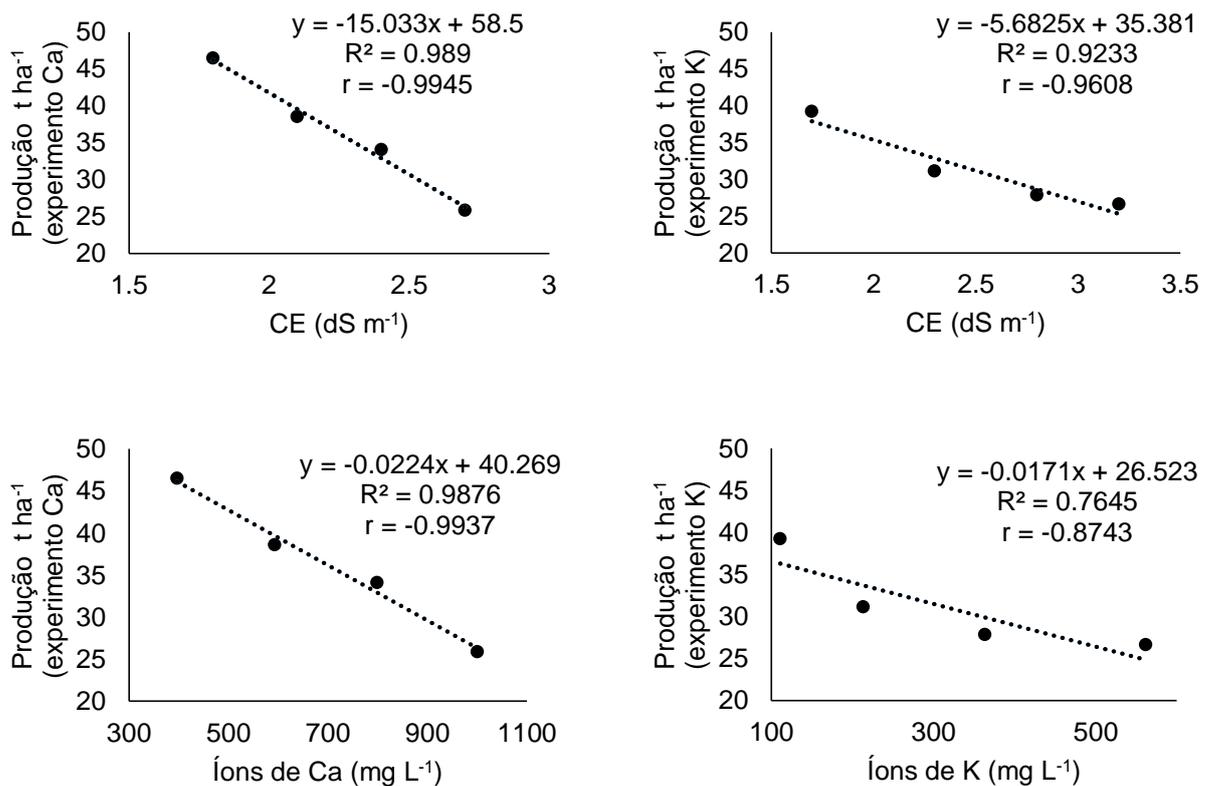
F.P.P. – Frutos por planta; P.M.F. – Peso médio do fruto; P.P. – Produção por planta; P.H. – Produção em toneladas por hectare; C.M.F. – Comprimento médio do fruto; L - Regressão linear; \* - Significativo a 5% pelo teste F; ns – não significativo.

Assim como nas demais análises realizadas no experimento e expostas até aqui, a dose de 70%, nos dois experimentos, foi a que proporcionou melhores resultados. Villas Bôas et al. (2007) mencionam que sistemas de fertirrigação melhoram significativamente a eficiência e aproveitamento dos nutrientes, sendo possível atender as necessidades da planta com uma menor quantidade de fertilizante quando comparado à adubação convencional. Como o experimento foi contemplado com a fertirrigação por gotejo, alia-se mais uma justificativa para a melhor produção com as doses de 70%.

A produção por planta está em acordo com Oliveira et al. (2013) que obtiveram melhor produtividade (1,4 kg por planta) tendo como manejo da fertirrigação a condutividade e íons na solução do solo. Os autores ainda destacam a complexidade de comparar a produção entre pesquisas com o pimenteiro em virtude da grande variação do manejo utilizado pelos autores.

Avaliando o efeito da salinidade proveniente de fertilizantes, no pimenteiro, Leonardo et al. (2007) correlacionam um menor pegamento e peso médio dos frutos com o aumento da CE, podendo as perdas chegarem de 55% a 58%. Comparando os dados de produção da menor dose, em  $t\ ha^{-1}$ , com as demais, as perdas variaram de 30% a 44% com o acréscimo da quantidade de fertilizante, sendo estas mais severas no experimento com Ca. Na Figura 23 pode-se observar facilmente a correlação da produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) em função da CE e concentração de íons de Ca e K no solo:

**Figura 23 – Correlação da produção com a CE e íons específicos de Ca e K**



Houve correlação negativa muito alta entre os íons de K e Produção e para os demais ocorreu correlação negativa quase perfeita segundo classificação de Hopkins (2000); ou seja, a produtividade cai quando é aumentada a CE ou a concentração de Ca e K em  $mg\ L^{-1}$  na solução do solo.

Estas informações demonstram a resposta produtiva do pimenteiro 'Gaston' em função da CE e concentração de íons de Ca e K e a importância do monitoramento eficiente desses parâmetros para se alcançar êxito quando se trata de fertirrigação em ambiente protegido.

Associando, os dados de diâmetro, comprimento e peso com a análise de minerais no fruto, que também não deu significativo em função das doses, é possível

verificar que quando o pimenteiro é submetido à estresse nutricional sua resposta produtiva é afetada em número de frutos por planta. Em outras palavras, produz frutos de qualidade semelhante ou próxima do desejável, porém em menor número.

As produtividades máximas foram de 46,5 t ha<sup>-1</sup> e 39,2 t ha<sup>-1</sup> nos experimentos de Ca e K respectivamente, valores estes dentro da faixa de 25 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup>, obtida por Júnior (2013).

## 5 CONCLUSÕES

Monitoramento da fertirrigação por extratores de solução do solo é uma alternativa viável à cultura do pimenteiro em ambiente protegido.

O aumento da salinidade, acima do tolerado pela cultura, ocasiona perdas de produção significativas.

Foi constatada a influência negativa do Ca e K na absorção do Mg.

Houve diferença significativa entre os tratamentos em ambos os experimentos (Ca e K) e a dose que proporcionou melhores resultados foi a de 70 %, 98 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 726 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O respectivamente.

A injeção de fertilizantes por tanque de derivação foi funcional, porém há suas limitações quanto à necessidade diária de água pela planta e o volume mínimo requerido para diluição eficiente do fertilizante.

## BIBLIOGRAFIA

ABRAHÃO, C.; **Fontes potássicas na produção do pimenteiro em substrato fertirrigado**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127719>> Acesso em: 29 de Mai. 2017.

AGRIANUAL – **ANUÁRIODA AGRICULTURA BRASILEIRA.2017**. *Pimentão*. São Paulo: FNP. 482p. 2017.

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.686-694, 2011.

ALFAIA, S.S.; Destino de fertilizantes nitrogenados em um Latossolo Amarelo cultivado com Feijão Caupi. **Acta Amazonas**, Amazonas, v 27, n. 2, p 65-72, 1997.

ANDRIOLO, J. L.; Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 16-33, 2000. Suplemento.

ANDRADE, T. F. de.; **Monitoramento do estado nutricional e da solução do solo em laranjeiras ‘Hamlin’ fertirrigadas**. 2012. viii, 63 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93792>>. Acesso em: 04 de Jun. 2017.

CALIMAN, F. R. B., SILVA, D. J. H., FONTES, P. C. R., STRINGHETA, P. C., MOREIRA, G. R., CARDOSO A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Abril/Junho, v.23, n.2, p.255-259, 2005.

CARON, B. O. & HELDWEIN, A. B.; Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 19-25, 2000.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C. et al. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 4, p. 589-593, out/dez. 2007.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, v.86, p.247-260, 2000.

CHEE, K. H. Effect of rain-protected cultivation on the production of sound fruit vegetables in highland areas. **Research Reports of the Rural Development Administration - Horticulturae**, Suwon, v. 30, p. 31-37, 1988. In: **Horticultural Abstracts**, Wallingford, v. 60, n. 6, p. 488, 1990. Abstract, 4248.

CHARLO, H. C. O.; Oliveira, S. F.; Castoldi, R.; Vargas, P. F.; Braz, L. T.; Barbosa, J. C. Growth analysis of sweet pepper cultivated in coconut fiber in a greenhouse. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.316-323, 2011.

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

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

CUNHA, A. R. & ESCOBEDO, J. F.; Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 15-26, 2003.

DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; et al.; Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do pimentão em plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2003.

DALSSASO, L. C. M.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; et al.; Consumo d'água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 61-67, 1997.

DIAS, E. N.; **Absorção de nutrientes, crescimento vegetativo e produção de frutos maduros de pimentão, em estufa**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/EMERSON%20NOGUEIRA%20DIAS.PDF>>. Acesso em: 01 de Mai. 2017.

DIAS, N.S.; CHEYI, H.R.; DUARTE, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003 (Série Didática, 013).

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

EPSTEIN, E; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. Ed. Londrina: Ed. Plantas, 2006. p. 42-65.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras:UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERREIRA, J. M.; ANDRADE, W. E de. B.; OLIVEIRA, L. A. A de.; VALENTINI, L.; FERNENDES, F.; Avaliação de cultivares de pimentão em cultivo protegido: Microbacia Campo de Areia- São João da Barra - RJ. **Pesagro**, Rio de Janeiro, dezembro de 2015. Disponível em: <[http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/53AVALIAÇÃO\\_DE\\_CULTIVARES\\_DE\\_PIMENTÃO\\_EM\\_CULTIVO\\_PROTEGIDO...\\_Correção.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/53AVALIAÇÃO_DE_CULTIVARES_DE_PIMENTÃO_EM_CULTIVO_PROTEGIDO..._Correção.pdf)>. Acesso em: 03 de Jun. 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 242 p.

FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H. Cultura do pimentão e pimentas. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 429-437.

FLORES, R. A.; ALMEIDA, B. F. de.; POLITI, L. S.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.1, p.104-110, 2012.

FREITAS, K. K. C. **Produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes em pimentão cultivado sob arranjos espaciais e espaçamentos na fileira**. Mossoró: UFRSA, 2009. 110p. Tese Doutorado.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.275-280, 2005.

GOTO, R. & ROSSI, F.; **Cultivo de pimentão em estufa – manual**. Viçosa, CPT, 66p., 1997.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de nutrientes pela melancia sem sementes, híbrido Palomar. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 22, n. 2. 2004. 1 CD-ROM.

HOPKINS, W. G. **Correlation Coefficient. A new view of statistics**. 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 15 de Junho, 2017.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Banco de Dados: Estatística de Produção Paulista. Disponível em: [http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

JÚNIOR, E. S. N.; **Fertirrigação nitrogenada e potássica no cultivo do pimentão em ambiente protegido**. 2013. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró –RN, 2013.

KADIR, A. S. Fruit Quality at Harvest of “Jonathan” Apple Treated with Foliarly-Applied Calcium Chloride. **Journal of plant nutrition**, vol. 27, n. 11, p. 1991–2006, 2004.

KOWALSKA, I. K.; WLODZIMIERZ, S. Effect of nitrogen form, type of polyethylene film covering the tunnel and stage of fruit development on calcium content in sweet pepper fruits. **Acta Scientiarum Polonorum., Hortorum Cultus Journal**. Poland, v.11, n.3, p. 91-100. 2012.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BÔAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J.A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**, Botucatu, v.12, n. 1, p. 73-82, 2007.

LIMA, C. J. G. S. **Calibração e manejo de extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de íons na fertirrigação**. 2009. 110p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

LIMA, G. S.; **Deficiência hídrica em plantas de pimentão (Capsicum annum L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produção de massa e parâmetros bioquímicos**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: < <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0930.pdf>> Acesso em: 03 de Jun. 2017.

LOCASCIO, S.J.; STALL, W.M. Bell pepper yield as influenced by plants spacing and row arrangement. **J. Am. Soc. Hortic.Sci.**, v.119, p.899-902, 1994.

LORENTZ, L. H.; **Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica, relacionada com técnicas experimentais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D. C.; BOLIGNO, A. A.; LOPES, S. J.; STORCK, L.; Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 316-323, 2005.

LURIE, S.; Stress physiology and latent damage. In: FLORKOWSKI, W. J.; SHEWFELT, R. L.; BRUCKNER, B.; PUSSIA, S. E. (Eds.). **Postharvert Handling: A systems pproach**. Academic press. 2009. P. 443-459.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

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

MANTOVANI, E. C. AVALIA: **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARCUSSI, F.F.N., VILLAS BOAS, R.L.; Uso da fertirrigação na eficiência de aproveitamento de N e K pelo pimentão sob condições de cultivo protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003a, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 2003. 1 CD ROM.

MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Marcha de absorção de micronutrientes em plantas de pimentão sob fertirrigação em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu v. 8, n. 3, p. 203-217, set/dez, 2003b.

MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G. de; VILLA BOAS, R.L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e P pela planta. **Irriga**, Botucatu, v.9, n.1, p. 41-51, janeiro-abril, 2004.

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

MATHIAS, J.; Pimentão: de baixa caloria e fonte de vitaminas e sais minerais, a hortaliça pode ser consumida tanto verde quanto madura. **Globo Rural**, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC17068514529,00.html>> Acesso em: 30 de Mai. 2017.

MARTI, H. R.; MILLS, H. A. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 14, n. 11, p.1165-1175, 1991.

MEDEIROS, J. F.; CRUCIANI, D. E.; FOLEGATTI, M. V.; MIRANDA, N. O.; Tolerância do pimentão à salinidade sob cultivo protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 200-210, 2002.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino à salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.406-410, 2009.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.344-351, 2012.

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

NOGUEIRA, F. P. de. et al.; Crescimento e marcha de absorção de nutrientes da melancia fertirrigada com diferentes doses de N e K. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 35-42, 2014.

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**, v.28, p.95-103, 2008.

OLIVEIRA, F de. A.; **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação** / Francisco de Assis de Oliveira,- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracaicaba, 2012. 223p.

OLIVEIRA, F. de A. de. et al.; Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 17, n. 11, p. 1152-1159, Nov. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141543662013001100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662013001100004&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 10/05/2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S141543662013001100004>.

OLIVEIRA, F. de A. et al.; Eficiência da fertirrigação nitrogenada e potássica na produção de pimentão cultivado em ambiente protegido. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 3, p. 293-301, 2016.

RAIJ, B. V. et al. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. **Boletim técnico**, v. 100.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284p

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). **Capsicum, pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2000. 113 p.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. da C. Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum* spp.). Brasília: Embrapa, 2004.

REIS, J. B. S. **Análise da sensibilidade de duas cultivares de pimentão a diferentes condições de regime hídrico**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

REZENDE, B.L.A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MASRTINS, M.I.E.G; COSTA, C.C.; FELTRIM, A.L.; Viabilidade econômica das culturas de pimentão, repolho, alface, rabanete e rúcula, em cultivo consorciado, na primavera-verão, Jaboticabal, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 23 a 37, 2005.

RODRIGUES, L.R.F.; **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002 762 p.

SILVA, M. A. G. da.; BOARETTO, A. E.; GIMENES, FERNANDES, H.; SCIVITTARO, W. B. Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1085-1089, 2001.

SILVA, E. G. da.; **Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico do pimenteiro (*Capsicum Annum* L.) em função dos métodos de enxertia**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93494>> Acesso em: 31 de Mai. 2017.

SONNEVELD, C.; VOOGT, W. Determination of micro nutrients by water extraction and interpretation of the analytical data. **Acta Horticulture**. v.819, p. 89-98. 2009.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TEODORO, R.E.F., OLIVEIRA, A.S., MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annum* L.) em casa de vegetação. **Sci.Agric.**, Piracicaba, v.50, n.2, p.237-243, 1993.

TIVELLI, S. W. A cultura de pimentão. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Orgs.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. p. 225-226.

TRANI, P. E.; GROppo, G. A.; SILVA, M. C. P.; MINAMI, K.; BURKE, T. J. **Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no estado de São Paulo**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 15, n. 1, p. 19-24, 1997.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W., CARRIJO, O. A.; **Fertirrigação em hortaliças**. 2.<sup>a</sup> ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 51p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

VIEGAS, I de J. M.; SOUSA, G. O.; SILVA, A. F.; CARVALHO, J. G. de.; LIMA, M. M. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*). **Acta Amazônica**. v.43 , n.1, p. 43-50, 2013.

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENDAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BOÂS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação em hidroponia. Jaboticabal: FUNESP, 2002. p.1-25.**

VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SOUZA, T. R de.; MOTA, P. R. D'A.; **Manejo da fertirrigação em hortaliças**. Botucatu, SP, [2007] data conhecida, não indicada na obra. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_1/mini05.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/mini05.pdf)>. Acesso em: 04 de jun. 2017.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio, Enxofre. In Nutrição mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre – Vicososa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. P.300-323. 2006.