



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

LUIZ HENRIQUE CAMPOS DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO EM
TOMATEIRO PELA LEITURA DIRETA DA SEIVA DO FRUTO**

LUIZ HENRIQUE CAMPOS DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO EM
TOMATEIRO PELA LEITURA DIRETA DA SEIVA DO FRUTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi.
Co-Orientador: Prof. Dr. Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.

Londrina
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A447a Almeida, Luiz Henrique Campos de.

Avaliação do estado nutricional de potássio em tomateiro pela leitura direta da seiva do fruto / Luiz Henrique Campos de Almeida. – Londrina, 2015.
64 f. : il.

Orientador: Hideaki Wilson Takahashi.

Coorientador: Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Tomate – Adubação – Teses. 2. Plantas – Efeito do potássio – Teses. 3. Plantas – Nutrição – Teses. 4. Fertirrigação – Teses. I. Takahashi, Hideaki Wilson. II. Fregonezi, Gustavo Adolfo de Freitas. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 635.64

LUIZ HENRIQUE CAMPOS DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO EM
TOMATEIRO PELA LEITURA DIRETA DA SEIVA DO FRUTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Marcelo Augusto Aguiar e Silva
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Nobuyoshi Narita
Agência Paulista de Tecnologia em
Agronegócios - APTA

Londrina, 22 de Março de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por toda força e graças concedidas durante essa trajetória, por sempre ser um esteio em minha vida me dando coragem, fé e dedicação para prosseguir.

Aos meus amados pais por todo apoio, carinho e educação que me proporcionaram lapidando meu caráter para me tornar o homem que sou hoje. Ao meu irmão Felipe, pela amizade, companheirismo e amor incondicional que tem por mim e me deu forças durante as dificuldades.

Ao meu orientador Prof. Dr. Takahashi por toda atenção, dedicação e também pelas cobranças, me fazendo ter a certeza que ao terminar essa etapa não seremos mais aluno e orientado, mas sim grandes amigos.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Gustavo Fregonezi pela amizade que mantivemos desde a graduação, por todas as oportunidades profissionais que me proporcionou, pelos puxões de orelha e por toda a dedicação para conclusão deste trabalho.

Ao prof. Dr. Claudemir Zucareli pela amizade, conselhos e por sempre acreditar em mim.

Aos técnicos do laboratório de solos, João e Marcio, por sempre me auxiliarem e não deixarem faltar nada, sendo verdadeiros professores para mim dentro do laboratório.

À todo pessoal da pós do laboratório por todo apoio e amizade que durante esses dois anos.

Aos meus amigos, Douglas, Luann, Felipe, Giovani, Guto, Claudio, Helio e André por tantos momentos de diversão, descontração, ajuda, e verdadeira amizade que nunca me fará esquecer-los.

À CAPES pela bolsa concedida, que foi de muita importância, que incentivou ainda mais o trabalho.

À todos que, de alguma forma, ajudaram e que não mencionei, mas que sabem da importância na minha vida, obrigado!

ALMEIDA, Luiz Henrique Campos. **AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO EM TOMATEIRO PELA LEITURA DIRETA DA SEIVA DO FRUTO.** 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

O potássio é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, sendo responsável pela abertura estomática, translocação de açúcares, síntese proteica e ativação enzimática. Análises do teor disponibilizado para as plantas e sua relação com o que esta presente no tecido vegetal, são grande alternativa para manejo correto de adubação, porém os métodos utilizados atualmente são caros e demandam tempo. Sabendo que este nutriente permanece de forma iônica na planta, além de ser muito móvel nos tecidos, o presente trabalho objetivou implementar uma nova metodologia para sua determinação, que não necessite de processos de extração ácida, e assim desenvolver uma correlação com o método convencional. Também foi avaliada a influencia do aumento de doses de K na produção, desenvolvimento da planta e relação com os demais nutrientes. Para o estudo foram utilizados dois experimentos com tomate fertiirrigado com cinco diferentes doses de potássio, cultivado em casa de vegetação e analisados, de acordo com a metodologia desenvolvida. Nos experimentos foram avaliados a produtividade, condutividade elétrica do eluviado e os teores nutricionais no fruto e folha, imediatamente acima de cada cacho. O potássio foi analisado pela nova metodologia testada e convencional, para efeitos de comparação. Os valores foram submetidos à análise de regressão polinomial até segundo grau e também à correlação. Os resultados mostraram que o aumento das doses de potássio influenciou significativamente na produtividade, condutividade elétrica do eluviado e nos teores de K, S e N. Após a comparação dos dois métodos chegou-se a uma relação onde a leitura pelo método convencional é 20,085 vezes maior que os valores apresentados pela leitura sem digestão prévia no caso da seiva do fruto e 9,6857 na seiva do pecíolo da folha. A nova metodologia mostrou-se capaz de substituir a convencional de formar rápida, barata e eficaz. O aumento das doses de potássio influenciam significativamente na condutividade elétrica do eluviado, produtividade e o teor nutricional do tecido vegetal.

Palavras-chave: Tecido vegetal. Metodologia. Análise. Digestão nítrico-perclórica. *Lycopersicon esculentum* Mill.

ALMEIDA, Luiz Henrique Campos. **NUTRITIONAL STATUS ASSESSMENT POTASSIUM TOMATO BY READING DIRECT FRUIT SAP**. 2014. 64 f. Dissertation (Postgraduate degree in Agronomy Program) - State University of Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

Potassium is one of the more nutrients required by plants and is responsible for stomatal opening, translocation of sugars, protein synthesis and enzyme activation. Analysis of content available to plants and its relationship with what is present in plant tissue, are great alternative for correct management of fertilization, but the methods currently used are expensive and take time. Knowing that this nutrient remains of ionic form in the plant, and is very mobile in the tissues, this study aimed to implement a new methodology for its determination, which does not require acid extraction processes, and so develop a correlation with the conventional method. We also evaluated the influence of the increase in K levels in the production, plant development and relationship with the other nutrients. For the study we used two experiments with fertiirrigado tomato with five different doses of potassium, grown in a greenhouse and analyzed in accordance with the methodology developed. In the experiments were evaluated productivity, electrical conductivity of eluviado and nutritional content in the fruit and leaf immediately above each bunch. Potassium was tested and analyzed by the new standard methodology for comparison. The values were submitted to polynomial regression analysis to the second degree and also the correlation. The results showed that increased levels of potassium significant effect on productivity, electrical conductivity of eluviado and K, S and N. After comparing the two methods come to a relationship where reading by the conventional method is 20.085 times higher than the figures reported by reading without prior digestion if the sap of the fruit and 9.6857 in the sap of the leaf petiole. The new methodology was able to replace the conventional form of quick, cheap and effective. Increased potassium levels significantly influence the electrical conductivity of eluviado, productivity and nutritional content of plant tissue.

Keywords: Plant tissue. Methodology. Analysis. Nitric perchloric acid digestion. *Lycopersicon esculentum Mill.*

LISTA DE FIGURAS

- Figura1 – Regressão entre as leituras do teor de K na seiva do fruto sem digestão e no fruto após a digestão para os dois experimentos nos frutos dos três cachos, em função de 5 doses de K. Londrina, 2014.....34
- Figura 2 – Regressão entre as leituras com e sem digestão para os dois experimentos nas folhas nos três cachos, em função de 5 doses de K. Londrina, 2014.....37
- Figura 3 – Teores de potássio encontrados na seiva do fruto sem digestão e na seiva do pecíolo das folhas sem digestão dos dois experimentos38
- Figura 4 – Teores de potássio encontrados na seiva do pecíolo e nas folhas índice dos experimentos 1 e 2.....39
- Figura 5 – Relação entre os teores de Potássio encontrados na seiva do fruto sem digestão e matéria seca da folha índice nos experimentos 1 e 2 ...39
- Figura 6 – Relação entre os teores de Potássio encontrados na seiva do pecíolo sem digestão com a produção nos experimentos 1 e 2.....40
- Figura 7 – Relação entre os teores de Potássio encontrados na folha índice com a produção em $t\ ha^{-1}$ para os dois experimentos40
- Figura 8 – Relação entre os teores de Potássio encontrados no fruto com a produção em $t\ ha^{-1}$ em ambos os experimentos.....41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas da areia de granulometria grossa, usada como substrato. Londrina, 2014.	27
Tabela 2 – Concentração de nutrientes (mg dm^{-3}) das soluções nutritivas e condutividade elétrica (CE) (dS m^{-1}) das soluções nutritivas usadas nos tratamentos	28
Tabela 3 – Médias mensais da temperatura e umidade relativa do ar (URA) ocorridas dentro da casa de vegetação nos períodos de março a julho de 2013. Londrina, 2013.....	29
Tabela 4 – Médias das produtividades dos dois experimentos nos cinco tratamentos em t ha^{-1} . Londrina, 2014 ...	31
Tabela 5 – Médias das condutividades elétricas (CE) do eluviado, em 7 épocas (06/05, 13/05, 21/05, 10/06, 01/07, 08/07 e 15/07 de 2013), do tomateiro cv. Pizzadoro, cultivado via fertirrigação, em vasos contendo areia, em função de 5 doses de K. Londrina, 2014.....	32
Tabela 6 - Teores de potássio dos frutos em g kg^{-1} com e sem digestão do primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de potássio do primeiro experimento. Londrina, 2014 ..	33
Tabela 7 - Teores de potássio dos frutos em g kg^{-1} com e sem digestão do primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de potássio do segundo experimento. Londrina, 2014 .	33
Tabela 8 – Teores de potássio do pecíolo em g kg^{-1} com e sem digestão da folha logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de potássio do primeiro experimento. Londrina, 2014.....	35
Tabela 9 – Teores de potássio do pecíolo em g kg^{-1} com e sem digestão da folha logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de potássio do experimento 2. Londrina, 2014....	35
Tabela 10 – Teores de macronutrientes em g kg^{-1} das folhas índice do primeiro e segundo experimento, coletadas logo acima do segundo cacho. Londrina, 2014.....	38
Tabela 11 – Teores de macronutrientes em g kg^{-1} dos frutos em início de desenvolvimento do primeiro, segundo e terceiro cacho do experimento 1. Londrina, 2014.....	43
Tabela 12 – Teores de micronutrientes em g kg^{-1} dos frutos em início de desenvolvimento do primeiro, segundo e terceiro cacho do experimento 2. Tomate Carina. Londrina, 2014.....	45

Tabela 13 – Teores de macronutrientes em g kg ⁻¹ das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 1, tomate Pizzadoro, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014	47
Tabela 14 – Teores de micronutrientes em g kg ⁻¹ das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 1, tomate Pizzadoro, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014	48
Tabela 15 – Teores de macronutrientes em g kg ⁻¹ das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 2, tomate Carina, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014	49
Tabela 16 – Teores de micronutrientes em g kg ⁻¹ das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 2, tomate Carina, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	TOMATE.....	13
2.2	ASPECTOS NUTRICIONAIS DO TOMATEIRO	14
2.3	POTÁSSIO.....	17
2.3.1	POTÁSSIO NA PLANTA.....	18
2.4	MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO POTÁSSIO NA PLANTA	21
3	ARTIGO A: METODO DE AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO MACRONUTRIENTE POTÁSSIO EM TECIDO VEGETAL	23
	Resumo.....	23
	Abstract.....	24
	Introdução	25
	Material e Métodos	26
	Resultados e Discussão	30
4	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) é originário da América do Sul e uma das hortaliças mais consumidas no mundo, ocupando no Brasil o segundo lugar em importância econômica dentre estas, ficando atrás somente da batata (PAULA JÚNIOR; VENZON, 2007). É consumido in natura, desidratado, na forma de molhos, pastas, doces, sucos, dentre outros. De acordo com a finalidade há diversas maneiras de cultivo sendo as principais o tomate conduzido e tutorado, utilizando plantas de crescimento indeterminado, que é destinado principalmente para produção de mesa e o rasteiro, com plantas de hábito de crescimento determinado, sendo utilizado pela indústria.

É produzido principalmente em casas de vegetação por proporcionarem condições de produção o ano todo, adequando épocas de cultivo às exigências do mercado. Por esta ser uma estrutura cara é necessário produzir intensivamente para ter o retorno financeiro esperado, sujeitando tal sistema a um aumento no número de fitopatógenos o que prejudica a produção ao longo do tempo.

Em qualquer forma de cultivo, a utilização de tecnologia para reduzir custos e aumentar a margem de lucro é uma grande alternativa aos produtores. Sendo assim, a produção de tomate em casa de vegetação utilizando vasos fertirrigados, sem contato com o solo, muitas vezes contaminado por patógenos e salinizado pelas intensas adubações, torna-se uma alternativa viável para evitar a proliferação de pragas e doenças, além de a fertirrigação fornecer nutrientes em quantidades adequadas ao desenvolvimento das plantas.

O tomate esta entre as hortaliças mais exigentes em nutrientes e uma das espécies que melhor responde a doses elevadas de adubos químicos sendo que, a absorção de nutrientes pelo tomateiro é pequena até o aparecimento das primeiras flores.

Todos os nutrientes tem papel fundamental na nutrição das plantas, porém o Potássio (K) é o nutriente mais absorvido e requerido pela cultura do tomate, tendo papel importante para seu desenvolvimento e produção, atuando na síntese de carotenóides, principalmente o licopeno, responsável pela cor vermelha do fruto, e também na biossíntese, ácidos orgânicos, açúcares e vitamina C.

Assim, o conhecimento sobre o conteúdo nutricional das plantas é importante para avaliar a capacidade de remoção de nutrientes de cada cultura, e a quantidade que deve ser fornecida em cada etapa do cultivo para garantir altas produtividades. O acompanhamento do teor de nutrientes e principalmente do K no cultivo fertiirrigado é de suma importância para a reposição nutricional de acordo com as necessidades da cultura durante seu ciclo.

O presente trabalho teve por objetivo determinar o teor de K em frutos e folhas de tomateiro através de leitura direta, sem digestão, e assim desenvolver uma correlação com o método convencional e também avaliar a influencia das doses de K na produção, desenvolvimento da planta e relação com os demais nutrientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TOMATE

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) é uma solanaceae herbácea, de caule flexível, piloso, cuja arquitetura natural lembra uma moita, com abundante ramificação lateral. Essa arquitetura pode ser profundamente modificada pela poda, condicionando ao tipo de cultivo, rasteiro quando voltado à indústria e tutorado para consumo fresco (FILGUEIRA; 2000)

A arquitetura do tomateiro é caracterizada por dois tipos de hábito de crescimento. O tipo indeterminado ocorre na maioria das cultivares para a produção de frutos para mesa, que são tutoradas e podadas e cujo caule pode ultrapassar dois metros de altura. O hábito determinado é característico das cultivares adaptadas, especialmente para a cultura rasteira, cujos frutos destinam-se para a agroindústria e suas hastes atingem cerca de um metro de altura (FONTES; SILVA, 2005).

É originário da América do Sul, entre o Equador e o norte do Chile, onde encontram-se muitas espécies, desde o litoral do Pacífico até uma altitude de 2000 metros nos Andes. Portanto é uma planta de clima tropical de altitude que se adapta a quase todos os tipos de clima, não tolerando temperaturas extremas (LOPES; STRIPARI, 1998).

É uma espécie olerácea cultivada no mundo inteiro. Foi levado para a Europa pelos espanhóis, no século XVI, sendo inicialmente cultivado como planta ornamental nos jardins da Espanha, Itália e Inglaterra, de onde se espalhou para outras regiões do mundo (ALVARENGA, 2004).

Foi introduzido no Brasil a partir de 1940, provavelmente por imigrantes europeus, e atualmente é uma das hortaliças mais cultivadas no país. O maior produtor mundial de tomate é a China, seguida dos Estados Unidos, da Itália, da Turquia e do Egito, dentre outros (AGRIANUAL, 2014).

No período de sua introdução no país as variedades cultivadas eram conhecidas pelos nomes de Redondo Japonês, Rei Humberto e Chacareiro, as quais foram base para o surgimento de cultivares do grupo Santa Cruz, por meio de

seleções feitas por agricultores a partir de cruzamentos naturais entre elas (ALVARENGA, 2004).

Atualmente, o Brasil ocupa o sexto lugar no ranking mundial de produção, com 3,8 milhões de toneladas, plantadas numa área de 58,7 mil hectares (AGRIANUAL, 2014).

2.2 ASPECTOS NUTRICIONAIS DO TOMATEIRO

O tomateiro é considerado uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes e responde a elevadas doses de fertilizantes químicos (FONTES; SILVA, 2002).

Os teores de nutrientes no tomateiro variam conforme o desenvolvimento da cultura, sendo importante para decisões sobre a aplicação racional de fertilizantes (HAAG et al., 1978). A quantidade de nutrientes absorvidos pela planta de tomate durante o ciclo depende da temperatura do ar e solo, luminosidade, umidade relativa, entre outros (PAPADOPOULOS, 1991).

Huber (1980) ressalta que a presença de um nutriente no solo não implica necessariamente na disponibilidade para ser absorvido pela planta, pois esta é em função da quantidade, forma e solubilidade, capacidade assimilativa e de condições do meio ambiente, como pH, umidade e temperatura.

A absorção de nutrientes pelo tomate em casas de vegetação pode variar em função da cultivar, da idade e parte da planta. Os macronutrientes essenciais absorvidos em ordem decrescente são: K, N, Ca, S, P e Mg (GARGANTINI; BLANCO, 1963). Dentre os micronutrientes, o acúmulo na parte aérea em ordem decrescente é representado por Cu, Mn, Fe, e Zn (FAYAD et al., 2002).

Ainda segundo Gargantini e Blanco (1963) a absorção de N, K, Mg e S alcançaram valores máximos no período de 100 a 120 dias após a emergência das plântulas, enquanto que o Ca e o P foram absorvidos durante todo o ciclo da cultura.

Fayad et al. (2002) observaram que o K e o N são os elementos mais acumulados pelo híbrido EF-50, entre 35 e 91 dias após o transplante, período de maior acúmulo, onde absorve 75,0% do K e 73,5% do N de todo o ciclo.

Os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e produção são usualmente estudados em termos das suas funções no metabolismo das plantas. Além disso, a nutrição mineral pode também influenciar o crescimento e a produção das plantas cultivadas de forma secundária, causando modificações na forma de crescimento, morfologia, anatomia e na sua composição química. Os nutrientes minerais podem influenciar os níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas, devido à influência que exercem sobre os processos bioquímicos ou fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados (FERREIRA et al., 2006).

Quanto ao efeito dos macronutrientes na cultura do tomateiro, o nitrogênio (N) contribui para o crescimento vegetativo, pois é essencial para a formação de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e os alcaloides, bem como de muitos hormônios, enzimas e vitaminas. Quando aplicado em excesso forma frutos ocos e com podridão apical (GUIMARÃES, 1998); porém quando em níveis deficientes ocasiona crescimento retardado das plantas, as folhas mais velhas tornam-se verde-amareladas, os botões florais amarelecem e caem (FURLANI, 2004).

O fósforo (P) é constituinte da estrutura molecular dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), os quais são importantes no armazenamento e transferência da informação genética. O fosfato forma uma ponte entre as unidades de ribonucleosídeos para formar as macromoléculas, forma ligação diéster abundante nos fosfolipídios das biomembranas, formando ponte entre um diglicerídeo e outras moléculas (aminoácidos, amina ou álcool). Favorece o sistema radicular, estimula o engrossamento da haste, promove abundância de florescimento, estimula a frutificação, eleva a produtividade, aumenta o tamanho do fruto, a precocidade e o período da colheita. A deficiência de P resulta em taxa de crescimento reduzida, com folhas velhas adquirindo coloração arroxeada (FILGUEIRA, 2003).

O potássio (K) também atua na síntese de carotenóides, principalmente o licopeno, responsável pela cor vermelha do fruto, e também na biossíntese e de açúcares e proteínas, ácidos orgânicos, vitamina C e sólidos solúveis totais na translocação de açúcares até os órgãos de reserva, especialmente no final da maturação (SMART et al., 1985; JOHJIMA, 1994).

O K é o nutriente mais extraído pelo tomateiro, e possibilita hastes mais lenhosas e resistentes, aumenta a resistência a certas doenças, mas quando aplicado em excesso desequilibra a relação com outros nutrientes podendo ocasionar a podridão-apical (FILGUEIRA, 2003).

Quando em níveis deficientes de K, o crescimento se torna lento, as folhas novas afilam e as velhas apresentam amarelecimento nas bordas, evoluindo para lesões amarronzadas e necrosadas, afetando também a produtividade, uma vez que ocasiona a queda de frutos novos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O emprego da nutrição mineral adequada, por meio de adubação com níveis ótimos, é ambientalmente sustentável, com enorme potencial para diminuir o uso de agroquímicos e aumentar a produtividade por meio de nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente, o que significa plantas mais produtivas, com menor ataque de pragas e doenças e mais vigorosas, além da preservação da saúde humana (SANTOS, 2008).

Silva (1999) exemplifica teores ideais, nas folhas de tomate, com os seguintes teores de macronutrientes em (g Kg^{-1}): 40-60 de N; 4-8 de P; 30-50 de K; 14-40 de Ca; 4-8 de Mg; e 3-10 de S. Para os micronutrientes, os teores ideais em (mg Kg^{-1}) são: 30-100 de B; 5-15 de Cu; 100-300 de Fe; 50-250 de Mn; 0,4-0,8 de Mo; e 30-100 de Zn.

Até o início do florescimento, a planta absorve menos que 10% do total de nutrientes que serão acumulados durante o ciclo. Na época do florescimento e frutificação (55 aos 120 dias), o tomateiro absorve maiores quantidades de nutrientes. Nesse período, as concentrações de N, P, K e de Cu são maiores nos frutos e as de Ca, Mg, S, B e Mn, são maiores nas folhas (WARD, 1967; FERNANDES et al., 1975; HALBROOKS; WILCOX, 1980). Porém, os trabalhos citados foram conduzidos em condições diferentes uns dos outros, o que proporcionou diferenças significativas nas quantidades de nutrientes absorvidos e sua alocação nos diversos órgãos (FAYAD et al., 2002).

2.3 POTÁSSIO (K)

O K é um elemento alcalino, de número atômico 19 e peso atômico 39,0983. É um dos metais mais reativos e eletropositivos e o segundo mais leve depois do lítio. Os melhores minerais de K, formadores de minérios, são a silvita, KCl e a carnalita, cloreto duplo de potássio e magnésio hidratado ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). O minério silvinita é uma mistura de halita (NaCl) e silvita (KCl) (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2008).

É o terceiro nutriente essencial na escala de importância entre os macronutrientes primários, para a maioria das plantas, mas não é comum encontrá-lo em situação de deficiência severa, a não ser em solos derivados de sedimentos quartzosos (KIST, 2005).

Este elemento é um dos dez mais abundantes na crosta terrestre e ocorre na natureza somente sob a forma de compostos, podendo ser encontrado em minérios e águas salgadas. Além dos minérios formados por cloretos e sulfatos, o potássio está presente em outros com teores acima de 10% e em muitos outros com valores de 2% a 10%. Com o tempo o intemperismo provoca sua alteração química gerando compostos de K (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2008).

O K no solo se encontra sob diversas formas, estando algumas disponíveis para as plantas e outras não. Estas formas podem ser classificadas quanto a sua disponibilidade, em estrutural, trocável, não trocável e em solução (ERNANI; JAIME; SANTOS, 2007). O potássio estrutural faz parte dos minerais primários e secundários, estando contido em suas estruturas. O não trocável é o teor extraído do solo através de uma solução fervente de ácido nítrico, subtraída daquela extraída através do acetato de amônio (K trocável), sendo esta uma porção que pode ficar disponível em médio prazo (VILLA; FERNANDES; FAQUIN, 2004).

O potássio trocável é o que está adsorvido a cargas negativas do solo, sendo de vital importância, pois repõe o potássio em solução que foi absorvido pelas plantas, assim o potássio em solução é o que está contido na água do solo, juntamente com outros elementos minerais e compostos orgânicos dissolvidos. Esta fração é a prontamente disponível para as plantas e depende muito da composição do solo e de sua capacidade e velocidade de reposição através do potássio trocável (ERNANI; JAIME; SANTOS, 2007).

O crescente aumento da produção agrícola e consequente uso de K na agricultura, aliado ao seu preço crescente demonstra previsões de aumento na demanda por fertilizantes que forneçam este nutriente (MARTINS et al. 2008). Além disso, a importação de até 92% das necessidades internas impulsionou o desenvolvimento de pesquisas sobre fontes alternativas para a produção de fertilizantes de potássio (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2008)

Neste sentido, rochas ou minerais que apresentem teores elevados de potássio (maiores que 6% de K_2O) poderão ser fontes alternativas potenciais para a produção de sais de potássio, termofosfatos potássicos ou ainda para aplicação direta nos solos como fertilizantes de K de liberação lenta (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2004). Cerca de 95% da produção mundial de potássio é utilizada na fabricação de fertilizantes, sendo desses, 90% são para a fabricação de cloreto de potássio (KCl) e 5% para a fabricação de sulfato de potássio (K_2SO_4) (MARTINS et al., 2008).

2.3.1 Potássio na Planta

O suprimento de K nas raízes ocorre basicamente pelos mecanismos de difusão e fluxo de massa, havendo também um pequeno suprimento por interceptação radicular. Embora a absorção de nutrientes seja governada pelas interações que ocorrem na interface solo e raiz, o transporte de K do solo para as raízes ocorre principalmente via difusão na solução do solo, um processo conduzido pelo gradiente de concentração do K^+ entre a superfície da raiz e o solo adjacente (BARBER, 1985; HENSINGER, 1998; ZENG; BROWN, 2000).

Meio ambiente e genótipo influenciam a absorção de K, isto é, vários fatores internos e externos podem fazer com que as raízes e folhas absorvam quantidades maiores ou menores de potássio. Os fatores internos são: concentração, carboidratos, crescimento e morfologia da raiz, capacidade de absorver água e variedade. Os fatores externos são: concentração de potássio, cálcio, magnésio e sódio na solução, tensão de O_2 , temperatura e umidade (MALAVOLTA, 2005).

Mello et al. (1989) relataram que o K faz-se presente sob a forma iônica no suco celular e na seiva, ou então, encontra-se adsorvido às proteínas do protoplasma. É o mais abundante cátion presente no citoplasma das células

vegetais e ocupa o segundo lugar em quantidade extraída pela maioria das plantas, participando da translocação dos carboidratos sintetizados, no processo fotossintético, da síntese proteica e da ativação enzimática. Em casos de deficiência algumas plantas passam a acumular carboidratos solúveis e reduzem o acúmulo de amido e compostos nitrogenados. É absorvido na forma de K^+ , não sofrendo alterações em sua forma no interior das plantas e caracteriza-se por alta mobilidade dentro de células e tecidos, como floema e xilema (MARSCHNER, 1995).

Devido a essa mobilidade, o K é facilmente perdido pelas folhas e pelas raízes, e o conteúdo deste nutriente no vegetal diminui com o avanço da idade da planta (MELLO, 1989).

Esse nutriente mineral não possui função estrutural alguma no metabolismo das plantas, contribuindo sobremaneira para a manutenção do potencial osmótico das células e tecidos. Atua como ativador enzimático e como neutralizador de macromoléculas aniônicas (MARSCHNER, 1995; EPSTEIN; BLOOM, 2006). As suas funções são bastante específicas, uma vez que apenas em parte pode ser substituído por outros cátions (BATAGLIA, 2005).

Em relação às enzimas, o K é essencial à ativação de mais de 60 enzimas. Esse elemento não é participante da estrutura de enzimas, provavelmente controla a atividade enzimática pela indução da mudança conformacional na molécula protéica, ao interferir no seu grau de hidratação. Dentre essas enzimas, as de maior destaque são: cinase do piruvato, H^+ -ATPase e sintase do amido. Além disso, o K está diretamente envolvido no processo de síntese protéica, sendo potencialmente essencial para a ligação do t-RNA aos ribossomos (MARSCHNER, 1995).

É também o principal cátion envolvido com o sistema de controle do movimento estomático, onde a abertura estomática é precedida por um decréscimo no pH do apoplasto das células guardas e acumulação de K nos vacúolos. Para que haja uma alta taxa de íons através da membrana, os canais são a principal rota. Como os estômatos são importantes na regulação da perda de água pelas plantas, o K ajuda a diminuir perdas de água e aumenta a tolerância à seca, ativa a catálise biológica de enzimas e promove o metabolismo do N e a síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995).

Plantas com teores adequados de potássio têm o número e tamanho dos estômatos por unidade de área foliar aumentados, facilitando as trocas gasosas

nos tecidos. O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos é dependente do fluxo de potássio nas células-guarda, e assim, plantas deficientes podem ter suas respostas estomáticas alteradas (MORAES et al., 2006).

Tem importância fundamental para o desenvolvimento dos frutos, translocação de metais e balanço iônico. Tudo isso o torna um macronutriente responsável por produtos de boa qualidade e alta produtividade (LOPES-ASSAD et al., 2006).

O K interfere no processo fotossintético por ser o principal cátion a fazer o balanço de cargas elétricas durante o fluxo de prótons através da membrana do tilacóide, para a formação do gradiente de pH necessária à fosforilação do ATP. Somando-se a isso, o K é o ativador da enzima carboxilase e da ribulose bifosfato (Rubisco) que catalisa a ligação da molécula de CO₂ à ribulose bifosfato. Por fim, é fundamental para a manutenção estrutural dos cloroplastídeos (MARSCHNER, 1995).

A adubação adequada com esse nutriente proporciona uma minimização do efeito negativo de deficiências hídricas, pelo fato do K exercer influência na abertura e fechamento dos estômatos nas folhas, mantendo, durante períodos de seca, mais água em seus tecidos em relação às plantas que não receberam K (NEIVA, 1977).

Barbosa Filho (1987) relata que o K está ligado ao incremento da capacidade de transporte do floema, como também a resistência ao acamamento, que está relacionada com a espessura da parede celular e com grau de silificação das células da epiderme.

Martin (1989) também constatou que o K se move no floema da folha para outros órgãos com alta demanda de assimilados, como nas regiões de crescimento ou de armazenamento (frutos e grãos de diversas culturas, colmos de cana, tubérculos, raízes de mandioca), fazendo-o junto com produtos de fotossíntese. A redistribuição ou translocação da folha para outros órgãos como: folha mais velha para mais nova, folha para o fruto, etc; é evidenciada facilmente pela ocorrência dos sintomas de deficiência.

O primeiro sintoma visível da deficiência de potássio é a clorose em manchas ou nas margens da folha, evoluindo para a necrose, principalmente nos ápices foliares, margens e entre nervuras, estendendo-se posteriormente em direção à base. Como o K pode ser remobilizado para as folhas mais jovens, esses sintomas

aparecem inicialmente nas folhas mais maduras da base da planta. As folhas podem curvar-se e o caule deficiente em K é delgado e fraco, apresentando regiões internodais anormalmente curtas, acarretando o tombamento do vegetal (AMARAL; LAGE, 2010).

O K é importante na produção de tomate, batata, cana-de-açúcar, beterraba, uvas, frutas, cereais, coco, cacau e seringueira, principalmente por seu papel na síntese e translocação de açúcares (VAN STRAATEN, 2007).

2.4 MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO K NA PLANTA

De acordo com Carmo et al. (2000) em circular técnica da Embrapa a metodologia para determinação de K em tecido vegetal consiste na obtenção da amostra no campo, onde, esta deve ser preparada, acondicionada e levada ao laboratório. Se o tempo entre a coleta e chegada no laboratório for superior a 24h, as amostras devem ser acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em geladeira.

No laboratório, as amostras lavadas devem ser imediatamente submetidas à secagem em estufas com circulação forçada de ar, com temperatura variando de 65-70 ° C, até massa constante (aproximadamente 72 h). A secagem é necessária para a retirada da água dos tecidos, interrompendo-se, assim, a respiração e as atividades enzimáticas e microbiológicas responsáveis pelo processo de decomposição do material (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989).

A moagem da amostra seca é feita, geralmente, em moinhos de facas de aço inoxidável, tipo Willey, passando em peneira de um mm de malha. A limpeza do moinho entre uma amostra e outra é necessária para evitar contaminação. O armazenamento das amostras moídas, de maneira geral, é feito em frascos de vidros providos de tampa plástica. Dessa maneira, a amostra pode ser armazenada por longo período se mantida a baixa temperatura (4 ° C), protegida da luz e de umidade (SILVA, 1999).

A análise química dos tecidos vegetais da amostra seca refere-se às operações efetuadas no laboratório e compreende a mineralização ou destruição da matéria orgânica e quantificação dos elementos químicos que a compõem. Tem início com a extração dos elementos adsorvidos aos compostos orgânicos, onde o

principal tipo de extração no caso de análise de K é a digestão ácida quente, chamada de nítrico-perclórica (BATAGLIA et al., 1983).

Consiste em passar 500 mg do material seco e moído para tubo de digestão, adicionar seis mls de uma mistura de HNO_3 e HClO_4 na proporção de 2/1 (v/v), sendo levado ao bloco digestor, em capela, até atingir 160°C e deixado nesta temperatura até ter seu volume reduzido pela metade. Aumenta-se a temperatura para 210°C e permanece nesta temperatura até o extrato apresentar-se incolor (cerca de 20 minutos). Após atingir temperatura ambiente o extrato é transferido para balão volumétrico de 50 ml, com porções de água deionizada até completar o volume dos balões (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A determinação do teor de potássio é baseada na atomização das partículas da solução através da projeção da solução sobre uma chama. Há uma excitação dos átomos, isto é, o deslocamento dos elétrons para níveis energéticos mais elevados; quando os átomos voltam ao nível energético normal, há emissão da energia absorvida na forma de radiações. Os átomos excitados do nutriente potássio emitem luz a certos comprimentos de onda que são característicos para aquele elemento (entre 766 e 767nm para o K). Como a intensidade da luz emitida por cada nutriente depende da concentração de seus átomos, a medida possibilita sua determinação quantitativa (CARMO et al., 2000).

A descrição mais detalhada das metodologias utilizadas na análise química pode ser encontrada em diversas literaturas (BATAGLIA et al., 1983; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; MILLS; JONES JUNIOR, 1996; SARRUGE; HAAG, 1974; SILVA, 1999).

O teor de K na seiva também pode ser determinado por fitas testes como realizado por Coltman e Riede (1992), por microeletrodo portátil como realizado por Taber e Lawson (2007), além do método convencional por digestão com ácido nítrico perclórico.

3 ARTIGO A

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO EM TOMATEIRO PELA LEITURA DIRETA DA SEIVA DO FRUTO.

Resumo

O potássio é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, sendo responsável pela abertura estomática, translocação de açúcares, síntese proteica e ativação enzimática. Análises do teor disponibilizado para as plantas e sua relação com o que esta presente no tecido vegetal, são grande alternativa para manejo correto de adubação, porém os métodos utilizados atualmente são caros e demandam tempo. Sabendo que este nutriente permanece de forma iônica na planta, além de ser muito móvel nos tecidos, o presente trabalho objetivou implementar uma nova metodologia para sua determinação, que não necessite de processos de extração ácida, e assim desenvolver uma correlação com o método convencional. Também foi avaliada a influencia do aumento de doses de K na produção, desenvolvimento da planta e relação com os demais nutrientes. Para o estudo foram utilizados dois experimentos com tomate fertiirrigado com cinco diferentes doses de potássio, cultivado em casa de vegetação e analisados, de acordo com a metodologia desenvolvida. Nos experimentos foram avaliados a produtividade, condutividade elétrica do eluviado e os teores nutricionais no fruto e folha, imediatamente acima de cada cacho. O potássio foi analisado pela nova metodologia testada e convencional, para efeitos de comparação. Os valores foram submetidos à análise de regressão polinomial até segundo grau e também à correlação. Os resultados mostraram que o aumento das doses de potássio influenciou significativamente na produtividade, condutividade elétrica do eluviado e nos teores de K, S e N. Após a comparação dos dois métodos chegou-se a uma relação onde a leitura pelo método convencional é 20,085 vezes maior que os valores apresentados pela leitura sem digestão prévia no caso da seiva do fruto e 9,6857 na seiva do pecíolo da folha. A nova metodologia mostrou-se capaz de substituir a convencional de formar rápida, barata e eficaz. O aumento das doses de potássio influenciam significativamente na condutividade elétrica do eluviado, produtividade e o teor nutricional do tecido vegetal.

Palavras-chave: Tecido vegetal. Metodologia. Análise. Digestão nítrico-perclórica. *Lycopersicon esculentum* Mill.

Abstract

Potassium is one of the more nutrients required by plants and is responsible for stomatal opening, translocation of sugars, protein synthesis and enzyme activation. Analysis of content available to plants and its relationship with what is present in plant tissue, are great alternative for correct management of fertilization, but the methods currently used are expensive and take time. Knowing that this nutrient remains of ionic form in the plant, and is very mobile in the tissues, this study aimed to implement a new methodology for its determination, which does not require acid extraction processes, and so develop a correlation with the conventional method. We also evaluated the influence of the increase in K levels in the production, plant development and relationship with the other nutrients. For the study we used two experiments with fertiirrigado tomato with five different doses of potassium, grown in a greenhouse and analyzed in accordance with the methodology developed. In the experiments were evaluated productivity, electrical conductivity of eluviado and nutritional content in the fruit and leaf immediately above each bunch. Potassium was tested and analyzed by the new standard methodology for comparison. The values were submitted to polynomial regression analysis to the second degree and also the correlation. The results showed that increased levels of potassium significant effect on productivity, electrical conductivity of eluviado and K, S and N. After comparing the two methods come to a relationship where reading by the conventional method is 20.085 times higher than the figures reported by reading without prior digestion if the sap of the fruit and 9.6857 in the sap of the leaf petiole. The new methodology was able to replace the conventional form of quick, cheap and effective. Increased potassium levels significantly influence the electrical conductivity of eluviado, productivity and nutritional content of plant tissue.

Keywords: Plant tissue. Methodology. Analysis. Nitric perchloric acid digestion. *Lycopersicon esculentum Mill.*

INTRODUÇÃO

O potássio (K) é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, sendo responsável pela abertura estomática, que se relaciona com a fotossíntese e, em consequência, com a síntese de fotossimilados, além de atuar como ativador enzimático (TAIZ; ZEIGER, 2004).

No caso do tomate, o K é o nutriente mais exigido pela planta, principalmente após o início do período reprodutivo (FAQUIN, 2001), onde este nutriente torna-se importante na translocação de fotossimilados principalmente para os frutos, interferindo no seu teor de açúcar (MARSHNER, 1995).

Diante das dificuldades encontradas pela tomaticultura, como: preços baixos, alta concorrência, pragas e doenças, alternativas fazem-se necessárias para aumentar a lucratividade. O cultivo protegido, em substratos e a fertirrigação tornam-se viáveis para aumentar a produtividade e qualidade de frutos. Entretanto são técnicas caras, que dependem de grande atenção e tempo. No caso da fertirrigação atenta-se para a condutividade elétrica da solução nutritiva, bem como o teor de cada nutriente de acordo com o desenvolvimento da planta.

Buscando melhor acompanhamento do desenvolvimento das plantas e sua nutrição, a avaliação do teor de nutrientes nas folhas e nos frutos, comparados com os teores disponibilizados para a sua absorção, pode, principalmente no caso de cultivos fertirrigados, determinar qual nutriente deve ter sua concentração manejada para atingir melhor produtividade (BRAGA, 2010).

Existem no mercado alguns aparelhos que estimam o teor de potássio presente na planta através de líquido extraído principalmente do pecíolo, porém são imprecisos e em alguns casos acabam levando a erros maiores que acertos. O método mais viável para este tipo de determinação ainda é pela extração da folha, sendo esta seca, triturada e depois digerida com uma solução de ácido nítrico-perclórico baseando-se em metodologia desenvolvida por Bataglia et al. (1983).

Esta metodologia apesar de mais precisa deixa a desejar quanto ao tempo de realização, praticidade e custo. Visando buscar uma alternativa que viabilize a leitura de potássio na planta de maneira a precisar o seu teor de forma rápida e econômica foi elaborado para esse trabalho uma leitura direta deste nutriente, sem passar por nenhum processo de digestão, pois exclusivamente no

caso deste elemento, não há formação de ligações moleculares no interior da planta, permanecendo da forma iônica (TAIZ; ZEIGER, 2004), a qual é de fácil leitura em um fotômetro de chama, sem nenhuma digestão previa.

O objetivo do trabalho foi determinar o teor de K de frutos e folhas de tomateiro através de leitura direta, sem digestão, e assim desenvolver uma correlação com o método convencional e também avaliar a influencia das doses de K na produção, desenvolvimento da planta e relação com os demais nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente realizou-se o estudo da melhor metodologia para extração da seiva do fruto e da folha do tomateiro. Foram utilizados frutos de diversos estádios de maturação além das folhas logo acima dos cachos onde estes frutos foram coletados, para se chegar a melhor maneira de extração e sua melhor diluição para leitura direta em fotômetro de chama.

Chegou-se a conclusão de que a melhor metodologia a ser utilizada seria a de espremer levemente os frutos cortados ao meio para coletar somente sua seiva, a qual foi coletada em tubo de ensaio e depois filtrada, deixada para decantar no próprio tubo, ou coletada para diluição e análise imediata.

Dentre os três métodos de extração, o escolhido foi o do tubo decantado, pois não apresentou diferença de valores dos demais e mostrou ser o método mais prático. A diluição foi determinada após diversas tentativas para que não ultrapassasse o último ponto de leitura do fotômetro de chama (100 ppm). Para extração do pecíolo foi necessária grande pressão sobre o mesmo devido à sua consistência, neste caso com auxílio de um alicate. Para a diluição, tanto para o fruto quanto para o pecíolo a melhor metodologia foi de coletar 0,1 ml do extrato e diluir em 19,9 ml de água deionizada e posteriormente realizar a leitura direta em fotômetro de chama.

Para as análises dos teores de K e testes da nova metodologia, foram utilizados dois experimentos conduzidos em casa de vegetação, tipo arco, com 6 metros de largura, 30 metros de comprimento e cobertura de polietileno transparente, do Departamento de Agronomia, e as amostras analisadas no Laboratório de Solos, ambos da Universidade Estadual de Londrina, em Londrina, PR, (latitude 23°23'S, longitude 51°10'W, com altitude de 580 metros).

Estes experimentos consistiram em testes de aumento de dose de K com duas variedades de tomateiro fertirrigados cultivados em vasos com areia, sendo em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e 10 repetições, totalizando 50 vasos lado a lado e 60 cm entre linhas, com bordaduras ao redor e fertirrigados por gotejamento.

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 9 L (23,5 x 26 x 19,5 cm), utilizando areia de granulometria grossa como substrato (Tabela 1). As mudas eram de tomate tipo Pizzadoro para o primeiro experimento chamado de experimento 1 (E1) e Carina para o segundo experimento chamado experimento 2 (E2), provenientes de viveiros comerciais certificados, que foram transplantadas para os vasos com 25 a 30 cm de altura, no dia 23 de março de 2013. O experimento foi conduzido até o dia 29 de julho do mesmo ano.

O controle fitossanitário foi realizado preventivamente e foram aplicados os seguintes inseticidas desde o início do cultivo: Cipermetrina (piretróide), um mL L⁻¹, a cada 15 dias, para broca grande do fruto (*Helicoverpa zea*), e Dipel[®] (biológico), um mL L⁻¹, uma vez por semana, para a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). Os fungicidas aplicados, a partir da fase reprodutiva, foram: Clorotalonil, cinco mL L⁻¹, uma vez por semana para pinta-preta, septoriose e oídio, e Amistar Top[®], um mL L⁻¹, uma vez a cada 15 dias, também para pinta-preta.

Tabela 1 - Características químicas da areia de granulometria grossa, usada como substrato. Londrina, 2014.

Ca	Mg	K	H+Al	Al	CTC	MO	P
-----			cmolc dm ⁻³			(%)	mg dm ⁻³
0,29	1,44	0	1,89	0,08	1,81	0	0,02

Fonte: Almeida; 2014.

Os experimentos foram conduzidos com cinco tratamentos que consistiram em cinco concentrações de K na solução nutritiva (60, 120, 180, 240 e 300 mg dm⁻³ de K) aplicados após a abertura das primeiras flores, com 29 dias após o transplante, sendo que até esse estágio de desenvolvimento, a solução nutritiva foi padrão para todos os tratamentos. Estas doses foram estabelecidas a partir de conhecimento prévio da dose média de K que é recomendada para a cultura do

tomateiro, que seria 180 mg dm^{-3} . A partir dessa informação, foi decidido testar doses, começando por 60 até 300 mg dm^{-3} .

As doses dos nutrientes essenciais foram de (mg dm^{-3}): N: 198, P: 43,6, K: 152,4, Ca: 233, Mg: 27, S: 39. Foram utilizados como fertilizantes: o MAP ($200 \text{ g } 1000\text{L}^{-1}$); $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($800 \text{ g } 1000\text{L}^{-1}$); CaCl_2 ($300 \text{ g } 1000\text{L}^{-1}$); MgSO_4 ($300\text{g } 1000\text{L}^{-1}$) e KNO_3 ($400 \text{ g } 1000\text{L}^{-1}$). Os micronutrientes foram fornecidos por meio de Rexolin BRA® (11,6% K_2O ; 1,28% S; 0,86% Mg; 2,1% B; 0,36% Cu; 2,66% Fe; 2,48% Mn; 0,036% Mo e 3,38% Zn) e Rexolin M48® (65% Fe quelatizado por EDDHMA) , ambos na concentração de $25 \text{ g.}1000\text{L}^{-1}$ (tabela 2).

O monitoramento da concentração de cada nutriente presente se deu através da medição periódica da condutividade elétrica da solução nas caixas d'água e do eluviado resultante da solução nutritiva que passou pelo vaso e ficava retida no prato abaixo do mesmo, não deixando a condutividade do sistema ultrapassar três dS m^{-1} o que poderia prejudicar o desenvolvimento das plantas. Quando a condutividade ultrapassava os três dS m^{-1} a fertiirrigação era cortada e o sistema irrigado por um dia apenas com água para evitar salinização do sistema.

Tabela 2 - Concentração de nutrientes (mg dm^{-3}) das soluções nutritivas e condutividade elétrica (CE) (dS m^{-1}) das soluções nutritivas usadas nos tratamentos.

Tratamentos contendo K (mg dm^{-3}) e Condutividades da Solução Nutritiva***							
Nutriente	Solução Completa (100%)*	Solução* (70%)**	60 (2,07)***	120 (2,14)***	180 (2,15)***	240 (2,26)***	300 (2,42)***
N	198	138,6	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0
P	43,6	30,52	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6
K	152,4	106,68	60,0	120,0	180,0	240,0	300,0
Ca	233	163,1	233,0	233,0	233,0	233,0	233,0
Mg	27	18,9	27	27	27	27	27
S	39	27,3	39	39	39	39	39
B	0,5	0,35	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fe	5	3,5	5	5	5	5	5
Cu	0,07	0,049	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Mn	0,1	0,07	1	1	1	1	1
Mo	0,075	0,0525	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Zn	0,4	0,28	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Fonte: Almeida; 2014.

*Sarruge (1975) modificado e utilizado no Laboratório de Solos da UEL.

**Solução nutritiva utilizada por 15 dias, para adaptação das mudas.

*** Médias da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva medida nas caixas d'água (dS m^{-1}).

O sistema de fertirrigação foi constituído por bombas submersas, com a pressão de serviço de até 1,9 m.c.a e potência de 38 watts, modelo AT 203 da Atman®, em caixa d'água com capacidade de 80 L para cada tratamento. As bombas eram ligadas a um timer, acionado por um contactor para evitar danos devido à oscilação da amperagem.

As aplicações de fertilizantes foram realizadas via água de irrigação com a frequência variável a fim de que as perdas não ultrapassassem 10% por turno de rega, sendo que cada gotejador foi regulado para uma vazão máxima de 300 mL min⁻¹. O turno de rega foi definido com base nas características climáticas – temperatura, umidade relativa do ar, que foram medidas dentro da casa de vegetação durante o experimento, com datalogger Instrutherm® modelo ht-500, e pelas características da cultura, variando de 1 a 5 vezes por dia o turno. As médias mensais das temperaturas e umidade relativa do ar estão contidas na Tabela 3.

Tabela 3 – Médias mensais da temperatura e umidade relativa do ar (URA) dentro da casa de vegetação nos períodos de março a julho de 2013. Londrina, 2014.

Médias	Temperatura (°C)	URA (%)
Março*	33,6	42,0
Abril	26,0	64,4
Maiο	27,5	57,0
Junho	23,8	72,6
Julho*	27,9	54,1

Fonte: Almeida; 2014.

*Medido dia 27 a 31 de março.

** Medido dia 01 a 29 de julho.

As plantas foram conduzidas com três cachos de tomate, sendo após o terceiro cacho contadas cinco folhas e as plantas podadas para cortar a dominância apical. Após o início da frutificação foi coletado um fruto verde de cada repetição, da parte basal do cacho, com diâmetro entre quatro e cinco centímetros. Também foi coletada a folha logo acima do mesmo cacho para análise.

Foi determinada a massa, o diâmetro, o comprimento do fruto e a massa da folha coletada acima dos três cachos, sendo posteriormente cada fruto foi cortado ao meio tendo uma metade sua seiva extraída conforme metodologia desenvolvida. As folhas coletadas logo acima dos três cachos tiveram sua seiva

extraída para análise direta e posteriormente também foram levadas foram analisadas pela metodologia convencional.

A outra metade do fruto bem como a folha foram acondicionados em sacos de papel tipo Kraft devidamente etiquetados e levados à estufa de circulação de ar forçado a 65 ° C por três dias. Após a secagem foi determinado o peso seco das folhas e dos frutos e posteriormente triturados em moinho tipo Willey.

Ao final dos experimentos foram obtidas as produtividades e todo material vegetal coletado foi preparado para determinação dos nutrientes, onde por digestão sulfúrica foram obtidos os teores de N pelo método do microdestilador de Kjeldahl (BREMNER; KEENEY, 1965). A partir de digestão nítrico-perclórica foram determinados os demais nutrientes, sendo os teores de P pela redução do fosfomolibdato pelo ácido ascórbico (BRAGA; DEFELIPO, 1974), o S por turbidimetria do sulfato (BLANCHAR et al., 1965), o K por fotometria de chama e o Ca, Mg e micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica.

Deu-se relevância principalmente ao K que foi lido em fotômetro de chama, para que os resultados finais pudessem ser comparados por meio de regressão polinomial até segundo grau com 5% de significância, para estabelecer uma relação entre as duas metodologias aplicadas.

Os resultados dos diversos teores de K lidos nos frutos e seiva dos pecíolos com e sem digestão previa, bem com produtividade e outros teores nutricionais foram correlacionados para ter uma base de quais parâmetros da produção e nutrição do tomateiro essa metodologia pode inferir direta ou indiretamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à produtividade o maior valor encontrado nos dois experimentos foi na dose de 300 mg dm⁻³ de K, com 80,01 t ha⁻¹ para o E1 e 98,21 t ha⁻¹ para o E2 (Tabela 4), concordando com Sara Mejía *et al.* (2007) que também observaram incremento na produção de massa fresca de acordo com o aumento da concentração de nutrientes até que se atinja o ponto de saturação onde a produção diminui consideravelmente.

Tabela 4 – Médias das produtividades em função de doses de K na solução nutritiva dos dois experimentos em t ha⁻¹. Londrina, 2014.

Produtividade t ha ⁻¹	Doses de K (mg dm ⁻³)					Cv (%)	p>F*
	60	120	180	240	300		
Experimento 1	46,13	59,85	76,23	71,54	80,01	28,34	*
Experimento 2	56,47	78,69	88,48	92,21	98,21	27,39	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

Cook e Sander (1991) também observaram aumento significativo na produtividade do tomateiro com o incremento nas doses de K, concordando com os resultados do E2 que teve ajuste linear conforme o aumento das doses. Entretanto o E1 teve um ajuste quadrático com a tendência de maior produtividade para a dose de 180 mg dm⁻³ concordando com Coltman e Riede (1992) que obtiveram resultados próximos trabalhando com o tomate cultivar Celebrity cultivado sob fertirrigação em condições de casa de vegetação com cinco níveis de K, tendo maiores produtividades com a dose de 200 mg dm⁻³.

A produtividade total obtida no presente experimento foi semelhante à de 97,9 t ha⁻¹ registrada por Macêdo (2005). Segundo Fontes et al. (2000), a produtividade comercial e total do tomateiro teria aumentado com o incremento nas doses de K, alcançando um máximo de 73,4 e 86,4 t ha⁻¹, com a aplicação de 194 e 198 kg ha⁻¹ de K, respectivamente.

Já Roquejani et al. (2008), em seus estudos com produtividade e qualidade de híbridos de tomate dos segmentos italiano e santa cruz em casa de vegetação, quando raleados, tiveram uma produtividade média de 106,7 t ha⁻¹ da variedade Giuliana.

As médias das condutividades elétricas (CE) do eluviado em cada dose de K apresentaram diferença significativa com ajuste linear crescente para os experimentos (Tabela 5), mesmo sendo controladas para não ultrapassarem três dS m⁻¹, sendo que a maior CE obtida ocorreu na dose 300 mg dm⁻³ (3,46 dS m⁻¹ para o E1 e 3,14 dS m⁻¹ para o E2) e a menor foi verificada com 120 mg dm⁻³ de K (2,28 dS m⁻¹) no E1 e na dose de 60 mg dm⁻³ de K com (2,49 dS m⁻¹) para o E2, conforme Tabela 5.

Os resultados encontrados para os dois experimentos concordam com Genúncio et al. (2006), em trabalho com crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico em concentração iônica da solução nutritiva, onde observaram valores superiores a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ na CE.

De acordo com Maas e Hoffman (1977), a salinidade máxima do solo tolerável, expressa em termos de CE, pelo tomate é de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, com redução de 9,9% na produção para cada unidade de CE incrementada.

Eloi et al. (2007), testando efeito da salinidade em tomateiro cultivado em solo franco-arenoso, encontraram o valor de salinidade limiar de $3,03 \text{ dS m}^{-1}$, bem próximo ao verificado em E1 e E2, com decréscimo da produtividade em 10,95% para cada aumento de uma unidade da salinidade do solo, causada por sais fertilizantes.

Tabela 5 – Médias das condutividades elétricas dos dois experimentos nos cinco tratamentos em dS m^{-1} . Londrina, 2014.

CE eluviado dS m^{-1}	Doses de K (mg dm^{-3})**					Cv (%)	p>F*
	60	120	180	240	300		
Experimento 1	2,48	2,28	2,7	3,09	3,46	15,14	*
Experimento 2	2,49	2,59	2,67	2,98	3,14	9,87	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

***. Tratamentos com cinco doses de K(60, 120, 180,240 e 300 mg dm^{-3}) em solução nutritiva.*

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

Com relação à comparação entre os dois métodos de leitura do macronutriente K na seiva do fruto sem digestão (SFSD) e teor de K na matéria seca dos frutos com digestão (FRCD), dos três cachos dos dois experimentos houve diferença significativa com aumento do teor de K nos frutos conforme o aumento das doses (tabelas 6 e 7) para os frutos do segundo e terceiro cacho sem digestão no E1 e nos três cachos do E2. Os teores de K após a digestão tiveram diferença para o segundo e terceiro cacho do E1 e em todos os cachos do E2.

Como os tratamentos tiveram início concomitante com o início do florescimento, justifica-se a não significância para o primeiro cacho no E1 por as plantas estarem sujeitas aos tratamentos por um período muito curto.

Tabela 6- Teores de K em g kg^{-1} da seiva do fruto sem digestão (SFSD) e nos frutos com digestão (FRCD) no primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de potássio do experimento 1. Londrina 2014.

K em g kg^{-1}		Doses de K (mg dm^{-3})**					CV(%)	p>F*
		60	120	180	240	300		
1° cachos	SFSD	3,48	3,45	3,76	3,83	3,64	16,19	ns
	FCD	54,84	84,04	78,21	71,54	75,66	18,87	ns
2° cachos	SFSD	2,44	2,68	2,79	2,88	3,46	18,94	*
	FCD	55,88	68,13	70,64	72,64	74,39	12,06	*
3° cachos	SFSD	3,17	3,81	3,83	3,78	4,18	14,61	*
	FCD	54,88	66,79	67,62	70,95	73,32	7,51	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

** Tratamentos com cinco doses de K (60,120,180,240 e 300 mg dm^{-3}) em solução nutritiva.

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

Os resultados encontrados concordam com os de Blanco e Folegatti (2008), que trabalharam com doses de K no tomateiro híbrido “Facundo”, sob estresse salino, e verificaram que, quanto maior a dose de K, maior foi a absorção pelos frutos, sendo que a maior concentração encontrada foi 35 g kg^{-1} , na maior dose aplicada (24 g planta^{-1} de K).

Tabela 7- Teores de K em g kg^{-1} da seiva do fruto sem digestão (SFSD) e nos frutos com digestão (FRCD) no primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de potássio do experimento 2. Londrina 2014.

K em g kg^{-1}		Doses de K (mg dm^{-3})**					CV(%)	p>F*
		60	120	180	240	300		
1° cachos	SFSD	3,15	3,17	3,41	3,48	3,68	16	*
	FRCD	67,16	78,66	78,64	82,17	88,72	16,37	*
2° cachos	SFSD	2,61	3,11	3,55	3,90	4,27	27,82	*
	FRCD	50,46	69,80	74,29	81,39	84,40	14,27	*
3° cachos	SFSD	3,29	3,63	3,70	3,74	3,82	16,29	*
	FRCD	59,51	63,60	69,32	77,31	80,93	7,32	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

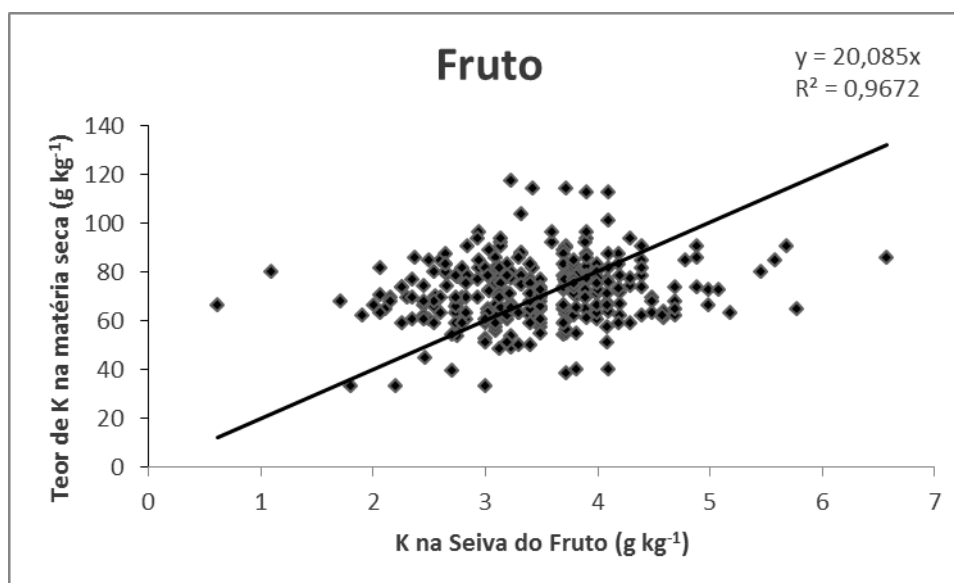
** Tratamentos com cinco doses de K (60,120,180,240 e 300 mg dm^{-3}) em solução nutritiva.

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

Uma adubação potássica adequada proporciona tomates com coloração vermelha mais acentuada e o interior bem formado, sem a presença de espaços vazios. Os frutos são firmemente presos nas plantas, reduzindo as perdas por queda. Na deficiência, os frutos apresentam péssima coloração e menor tempo de conservação. O excesso pode resultar em rachadura nos frutos (MORAES, 2006).

Após a comparação dos dois métodos, leitura direta da seiva do fruto e leitura após a digestão da matéria seca, por meio de regressão polinomial até segundo grau, chegou-se a uma relação onde a leitura com digestão, que é o método convencional utilizado nos laboratórios, é 20,085 vezes maior que os valores apresentados pela leitura sem digestão prévia, ou seja, $y = 20,085x$, onde y é o valor obtido pela leitura após a amostra passar por digestão e x é o valor obtido sem digestão prévia, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Regressão entre as leituras do teor de K na seiva do fruto sem digestão e no fruto após a digestão para os dois experimentos nos frutos dos três cachos, em função de cinco doses de K. Londrina, 2014.



Fonte: Almeida (2014).

Quanto aos teores encontrados na seiva do pecíolo da folha (SPF) e folha com digestão (FCD) coletada logo acima de cada cacho também se obteve resposta significativa conforme o aumento das doses para as duas metodologias (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8- Teores de K em g kg⁻¹ na seiva do pecíolo da folha sem digestão (SPF) e da folha com digestão (FCD) nas folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de K do experimento 1. Londrina, 2014.

K em g kg ⁻¹		Doses de K (mg dm ⁻³)**					CV(%)	p>F*
		60	120	180	240	300		
1° cacho	SPF	2,79	4,61	5,53	5,74	6,24	25,81	*
	FCD	27,64	49,40	52,05	63,12	65,08	17,17	*
2° cacho	SFSD	1,99	3,14	2,97	4,26	4,97	33,84	*
	FCD	30,97	33,62	37,69	48,84	48,41	24,62	*
3° cacho	SFSD	3,41	4,59	6,95	7,46	8,63	13,81	*
	FCD	27,73	50,67	56,04	61,09	83,50	11,76	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

**: Tratamentos com cinco doses de K(60,120,180,240 e 300 mg dm⁻³) em solução nutritiva.

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

Os resultados apresentados nas tabelas 8 e 9 concordam com Calvert (1969) que verificou aumento do teor de K em tecido foliar de acordo com o aumento das doses em plantas cítricas adultas e com Miller et al. (1993) que verificou o mesmo efeito do aumento de doses em porta-enxerto de citros em fase inicial de crescimento.

Tabela 9- Teores de K em g kg⁻¹ na seiva do pecíolo da folha sem digestão (SPF) e da folha com digestão (FCD) nas folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho de acordo com o aumento das doses de K do experimento 2. Londrina, 2014.

K em g kg ⁻¹		Doses de K (mg dm ⁻³)**					CV(%)	p>F*
		60	120	180	240	300		
1° cacho	SPF	4,39	4,94	5,07	5,47	6,31	18,58	*
	FCD	46,39	49,19	62,53	63,06	64,92	18,04	*
2° cacho	SFSD	2,95	5,34	6,35	6,67	6,91	23,42	*
	FCD	43,52	66,11	71,35	73,39	75,50	16,07	*
3° cacho	SFSD	3,33	5,45	7,53	8,15	8,47	12,46	*
	FCD	25,87	54,05	63,81	69,17	72,15	14,21	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

**: Tratamentos com cinco doses de K(60,120,180,240 e 300 mg dm⁻³) em solução nutritiva.

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

Adubações com K promovem aumento da concentração no tecido vegetal, conforme resultados observados nas tabelas 6, 7, 8 e 9, resultam em qualidade superior de toda planta devido ao aumento da eficiência da fotossíntese, da resistência a algumas doenças.

Em tomateiro, à medida que se aumenta a concentração de K na solução nutritiva, a concentração de K na folha e fruto, bem como as quantidades extraídas pelos mesmos, também aumentam (Montoya et al., 2002).

O K é absorvido pelas raízes na forma de íon, sendo das raízes translocado por fluxo de massa até as membranas externas das células das folhas e então armazenado no vacúolo. Quando é requerido para o crescimento do tomateiro, é transferido para o floema e então mobilizado para as partes em crescimento como folhas imaturas, brotos e frutos (WOOD; PARISH, 2003).

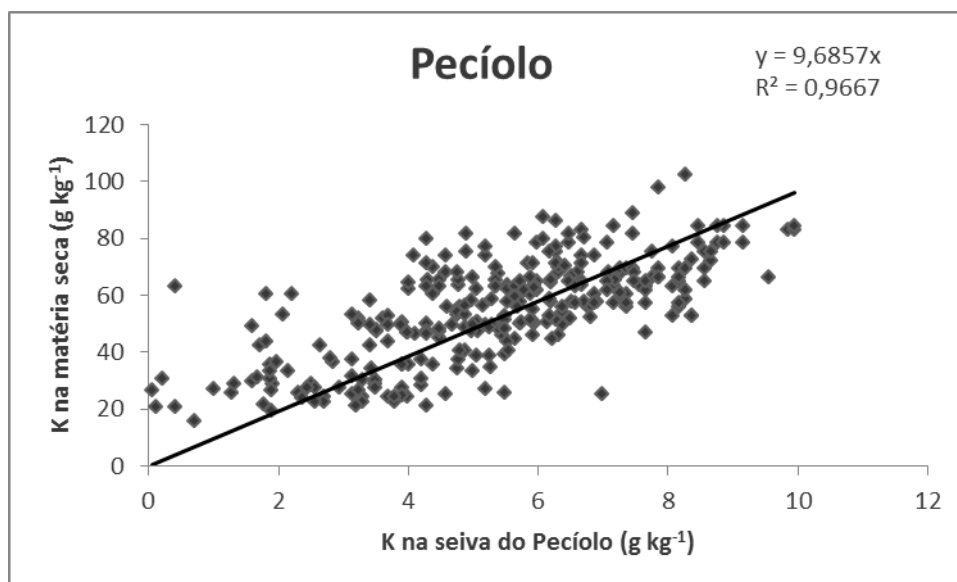
A concentração do nutriente na seiva do pecíolo indica a quantidade deste em circulação na planta naquele momento e assim os teores presentes tanto na planta como os que estão sendo absorvidos.

A análise da seiva, para fins de diagnóstico, busca determinar, em tempo real, a concentração momentânea de K ou de NO_3 na planta e normalmente apresenta correlação significativa com a concentração encontrada na folha determinada pelo método convencional e com a produção da planta, como para a cultura do alho (ALCANTAR et al., 2002).

Após a comparação dos dois métodos por meio de regressão polinomial até segundo grau chegou-se a uma relação onde a leitura com digestão, que é o método convencional utilizado nos laboratórios, é 9,6857 vezes maior que os valores apresentados pela leitura sem digestão prévia, ou seja, $y=9,6857x$, onde y é o valor obtido pela leitura após a amostra passar por digestão e x o valor obtido sem digestão prévia, conforme apresentado na figura 2.

Moreira (2008) constatou relação entre o teor de NO_3 na seiva do pecíolo da quarta folha da batata conforme o aumento de doses de N. Para K estreitas relações entre seu teor na seiva do pecíolo e matéria seca da folha foram reportados por Qian et al. (1995) e Kallenbach (2000), concordando com o verificado no presente trabalho.

Figura 2 – Regressão entre as leituras com e sem digestão para os dois experimentos nas folhas nos três cachos, em função de cinco doses de K. Londrina, 2014.



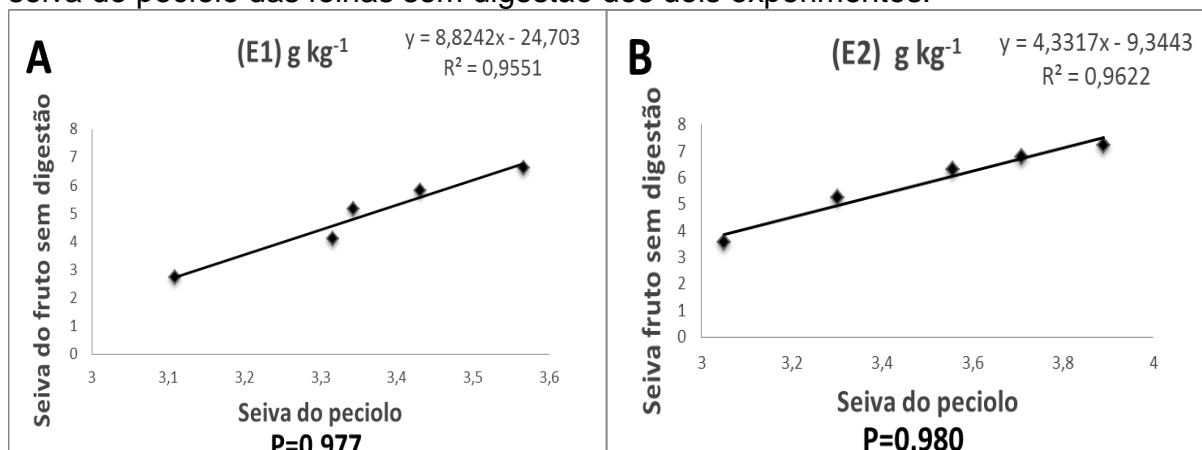
Fonte: Almeida (2014).

Os valores de K obtidos tanto pela metodologia de leitura direta, sem digestão, quanto pela metodologia com digestão puderam ser comparados por meio de regressão e correlação para se encontrar uma relação entre as metodologias e os aspectos nutricionais das duas variedades de tomate.

Para a variedade Pizzadoro do E1, quando comparado, por meio de regressão, o teor de K nos frutos (tabelas 6 e 7) sem digestão prévia com o teor na seiva do pecíolo (tabelas 8 e 9), também sem digestão obteve-se um CV de 33,62% com significância a 5% e uma correlação de 0,977 conforme a figura 3A.

A variedade Carina do E2 apresentou comportamento semelhante quando comparados os mesmos parâmetros, onde encontrou-se significância pela análise de regressão entre o K na seiva dos frutos sem digestão prévia e do pecíolo das folhas, também pela leitura sem digestão. Encontrou-se um CV de 25,89% e correlação de 0,98 conforme a figura 3B.

Figura 3 – Teores de potássio encontrados na seiva do fruto sem digestão e na seiva do pecíolo das folhas sem digestão dos dois experimentos.



Fonte: Almeida (2014).

Comparando-se o K na seiva do pecíolo e na folha índice, que neste trabalho foi considerada a logo acima do segundo cacho (tabela 10) e como convenção os valores de K sendo os obtidos com a leitura com digestão, no tomateiro Pizzadoro do E1, chegamos a uma correlação positiva de 0,924 (figura 4A) e relação significativa verificada através de regressão. Para o tomateiro Carina conduzido no E2, também tivemos resultados significativos pela regressão e correlação positiva de 0,967 conforme apresentado na figura 4B.

Tabela 10- Teores de macronutrientes em $g\ kg^{-1}$ das folhas índice do primeiro e segundo experimento, coletadas logo acima do segundo cacho. Londrina, 2014.

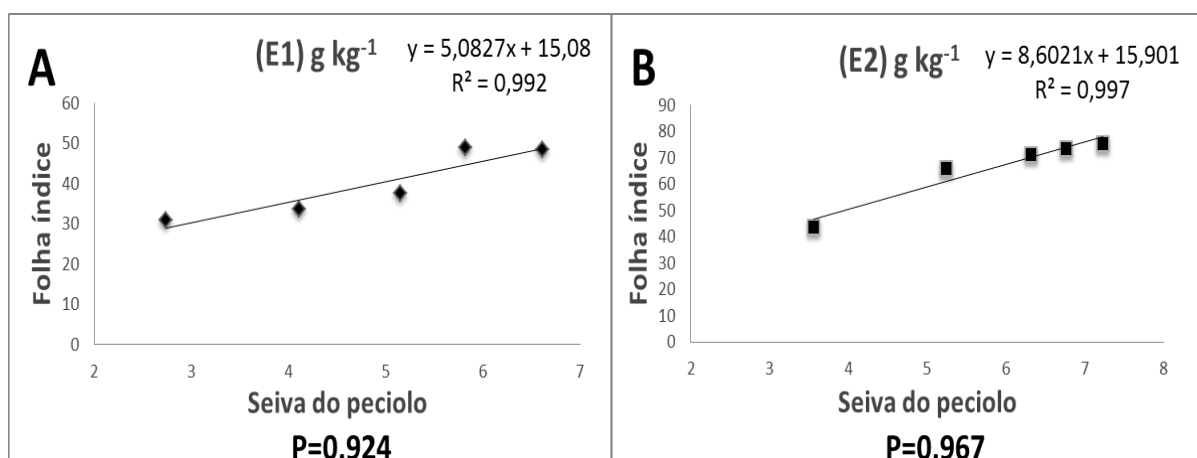
	Trat K	N	P	K	Ca	Mg	S
	$Mg\ dm^{-3}$						
E1				$g\ kg^{-1}$			
	60	33,83	9,77	30,97	34,67	3,00	11,87
	120	32,17	10,63	35,01	36,54	3,05	14,95
	180	29,82	10,68	37,69	30,12	2,71	14,41
	240	32,28	10,55	48,84	19,27	2,93	16,43
	300	34,30	9,57	48,41	18,76	2,73	14,65
	CV(%)	14,32	13,76	25,17	32,66	21,21	23,42
	p>F*	ns	ns	*	*	ns	ns
E2	60	43,00	12,44	43,52	33,51	2,71	6,66
	120	37,49	10,02	65,55	36,50	3,01	12,42
	180	27,20	11,27	71,35	31,90	2,35	12,26
	240	32,34	10,21	73,39	20,41	2,77	17,70
	300	31,89	9,68	75,50	18,74	2,88	18,57
		CV(%)	10,70	27,78	16,50	32,88	26,38
	p>F*	*	ns	*	*	ns	*

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pela análise de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pela análise de regressão.

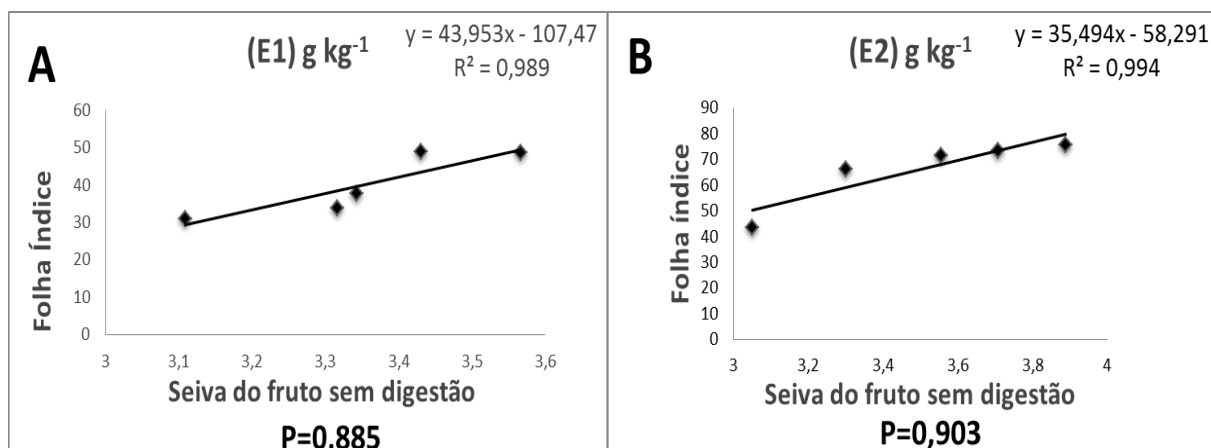
Figura 4 – Teores de potássio encontrados na seiva do pecíolo e nas folhas índice dos experimentos 1 e 2.



Fonte: Almeida (2014).

A relação entre o teor de K encontrado na seiva do fruto sem digestão com o da folha índice revela novamente valores significativos para os dois experimentos com correlação positiva de 0,885 para o tomate Pizzadoro (E1) (figura 5A) e de 0,903 para o tomate Carina (E2) (figura 5B).

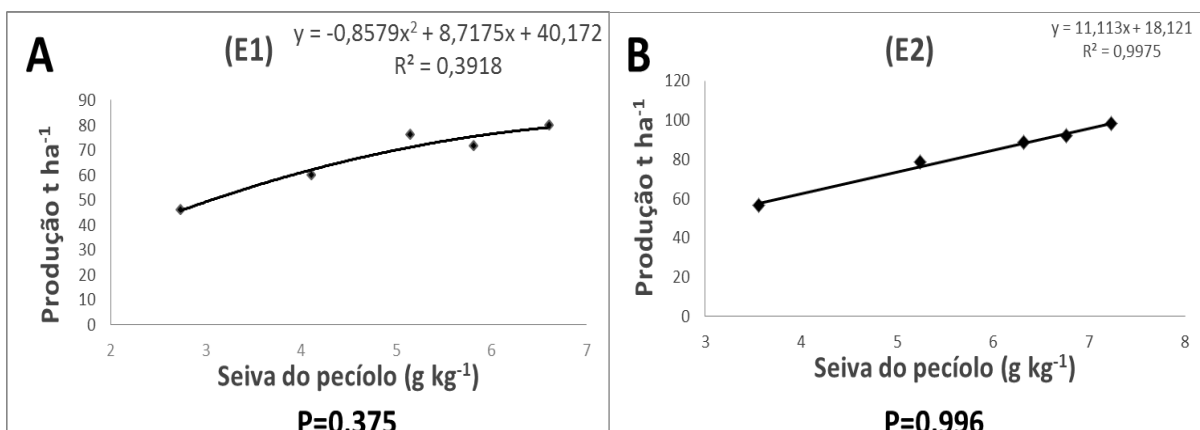
Figura 5 – Relação entre os teores de Potássio encontrados na seiva do fruto sem digestão e matéria seca da folha índice nos experimentos 1 e 2.



Fonte: Almeida (2014).

Quando comparado o teor de K na seiva do pecíolo com a produção do tomateiro temos resultados significativos para os dois experimentos, quando submetidos à regressão, e correlação positiva de 0,375 para o E1 e de 0,996 para o E2 (figura 6).

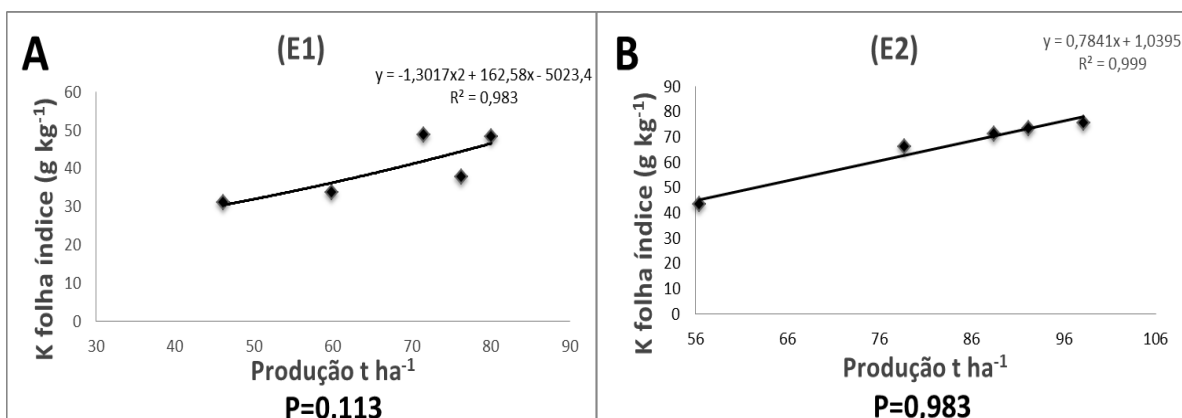
Figura 6 – Relação entre os teores de Potássio encontrados na seiva do pecíolo sem digestão com a produção nos experimentos 1 e 2.



Fonte: Almeida (2014).

A produção comparada com o teor de K na folha índice é significativa na análise de regressão para as duas variedades utilizadas, tendo correlação positiva de 0,113 no E1 (figura 7A) e de 0,983 no E2 (figura 7B).

Figura 7 – Relação entre os teores de Potássio encontrados na folha índice com a produção em t ha⁻¹ para os dois experimentos.



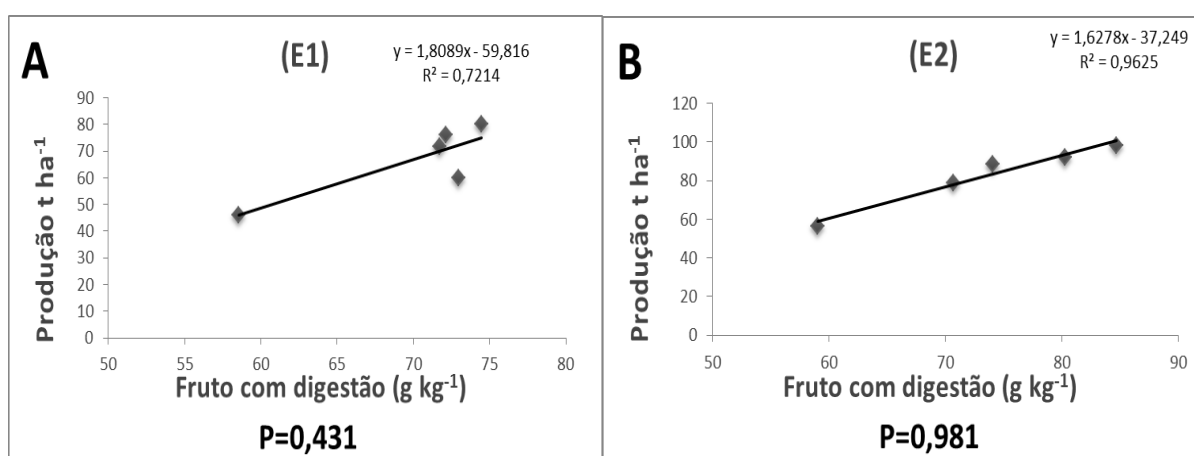
Fonte: Almeida (2014).

Quando comparados o teor de K no fruto após digestão e a produção encontramos correlação positiva de 0,431 (figura 8A) e resultado não significativo após análise de regressão para o E1 e correlação positiva de 0,981 e valores significativos após análise de regressão para o E2 (figura 8B).

Este fato deve-se principalmente a diferença entre as variedades onde o tomate Pizzadoro (E1) teve aumento em sua produção até a dose de 180 mg

dm^{-3} de K e depois um início de competição por nutrientes e uma tendência de diminuição de produtividade, enquanto a variedade Carina (E2) respondeu melhor ao aumento das doses de K tendo resultados significativos na produção até a dose de 300 mg dm^{-3} , mostrando assim o comportamento de cada variedade em relação ao aumento das doses e sua resposta em produção conforme podemos observar na figura 8.

Figura 8 – Relação entre os teores de Potássio encontrados no fruto com a produção em t ha^{-1} em ambos os experimentos.



Fonte: Almeida (2014).

De acordo com os resultados apresentados acima com as correlações entre: os teores de K na seiva do fruto sem digestão com o teor na seiva do pecíolo, a seiva do pecíolo e a folha índice, a seiva do fruto sem digestão e a folha índice, a seiva do pecíolo e a produção e por fim a produção e folha índice, podemos observar a íntima relação entre a absorção de potássio de acordo com o aumento das doses e sua interação com a produção.

A partir dos resultados dá-se relevância ao aumento quadrático na produção para o E1 e linear para o E2, mostrando a influência do genótipo na absorção de nutrientes e exigência nutricional conforme verificado por Singh et al. (2000), Youssef et al. (2001), Ravinder-Singh et al. (2001), Warner et al. (2004).

Sobre as correlações pode-se afirmar que quanto maior o teor de K na folha, maior será também no fruto em desenvolvimento e este nutriente tem correlação fortemente positiva com a produção, principalmente por ser o nutriente mais exigido pela cultura e também por se tratarem de experimentos sob fertirrigação, onde todos nutrientes estão prontamente disponíveis para a planta,

tornando o do aumento de doses de K o principal fator para o incremento da produção.

Assim tanto a análise direta do teor de K na seiva do fruto, na seiva do pecíolo das folhas e nas folhas índice refletem o aumento de produção como verificado por Coltman e Riede (1992) trabalhando com o tomate cultivar Celebrity cultivado sob fertirrigação em condições de casa de vegetação com cinco níveis de K, monitorando a concentração de K na seiva do pecíolo com tira de papel colorimétrico.

Os autores observaram que a metodologia testada foi sensível às diferentes doses de K e os níveis de K da seiva do pecíolo, tendo a produção de frutos um aumento quadrático, onde a máxima produtividade foi obtida na faixa de 190 a 200 mg por litro de K na solução externa e 5,9 mg de K por mL de seiva do pecíolo.

Após as análises dos frutos em início de desenvolvimento coletados dos três cachos dos dois experimentos chegou-se aos resultados para os macro e micronutrientes apresentados nas tabelas 11 e 12. A partir dos resultados encontrados pode-se analisar o comportamento dos nutrientes nas duas variedades de tomate no início do desenvolvimento do fruto.

Tabela 11- Teores de macronutrientes em g kg^{-1} e micronutrientes mg kg^{-1} dos frutos em início de desenvolvimento do primeiro, segundo e terceiro cacho do experimento 1 com tomate Pizzadoro. Londrina, 2014.

Trat	K	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm^{-3}	g kg^{-1}					mg kg^{-1}				
1°Cacho	60	39,22	11,74	54,84	3,58	2,88	5,48	21,38	396,41	115,32	54,27
	120	40,16	16,77	83,50	3,37	2,79	6,09	24,76	233,40	127,32	46,38
	180	38,96	12,72	78,21	3,39	2,85	6,15	21,44	213,75	89,75	31,36
	240	36,39	13,43	71,54	3,10	2,74	6,43	24,57	255,94	168,35	42,89
	300	36,55	11,60	75,66	3,34	2,65	5,90	29,60	159,71	88,33	46,43
	CV(%)	6,49	18,97	19,48	38,38	16,80	22,19	27,62	62,05	82,77	20,94
p>F*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	
2°Cacho	60	32,95	7,91	65,88	3,17	1,92	4,01	11,53	140,29	128,80	29,08
	120	32,34	10,57	69,17	3,47	2,07	4,08	15,93	185,76	98,36	38,80
	180	29,44	9,58	70,64	4,36	2,01	5,06	16,52	178,72	113,28	75,78
	240	30,39	10,45	72,64	4,02	2,23	5,42	16,94	118,53	167,14	69,50
	300	29,50	9,60	74,39	4,50	2,01	5,79	18,69	144,66	129,24	77,28
	CV(%)	7,63	17,99	12,48	41,82	20,06	16,41	27,23	50,43	44,01	28,66
p>F*	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	
3°Cacho	60	52,39	9,89	54,88	3,53	1,82	4,69	11,23	175,96	86,53	48,50
	120	44,03	9,50	66,00	3,29	1,96	5,59	8,50	220,81	59,68	29,07
	180	29,11	10,00	67,62	3,27	2,30	5,45	6,72	186,62	69,13	25,20
	240	34,15	9,60	70,20	2,97	2,04	5,82	6,55	256,02	84,20	24,58
	300	34,42	9,29	73,32	3,16	1,79	6,01	2,34	280,20	69,58	20,86
	CV(%)	5,79	20,70	7,77	38,74	22,73	11,01	17,44	75,35	30,60	29,42
p>F*	*	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pelo teste de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pelo teste de regressão..

Pode-se verificar um aumento significativo nos teores de K (de 54,84 para 75,66 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³ de K e redução nos teores de N (39,22 para 36,55 g kg⁻¹), P (11,74 para 11,60 g kg⁻¹), Fe (396,41 para 159,71 g kg⁻¹) e Zn (54,27 para 46,43 g kg⁻¹) nos frutos do primeiro cacho do E1 conforme o aumento das doses de K na solução nutritiva (tabela 11).

Para o segundo cacho, tivemos um aumento nos teores de P (7,91 para 9,60 g kg⁻¹), S (4,01 para 5,79 g kg⁻¹), Cu (11,53 para 18,69 g kg⁻¹) e Zn (29,08 para 77,28 g kg⁻¹) e redução nos teores de N (32,95 para 29,50 g kg⁻¹).

No terceiro cacho observou-se aumento nos teores de K (54,88 para 73,32 g kg⁻¹) e S (4,69 para 6,01 g kg⁻¹) e redução nos teores de N (52,39 para 34,42 g kg⁻¹), Cu (11,23 para 2,34 g kg⁻¹) e Zn (48,50 para 20,86 g kg⁻¹) (tabela 11).

Para o E2 foram encontrados nos frutos do primeiro cacho aumento significativo nos teores de K (67,16 para 88,59 g kg⁻¹), Ca (2,95 para 5,14 g kg⁻¹), S (6,84 para 8,79 g kg⁻¹) e Fe (168,14 para 280,54 g kg⁻¹) e diminuição nos teores de Mn (82,08 para 41,29 g kg⁻¹), além de ajuste quadrático para os teores de N sendo de 33,49 g kg⁻¹ na dose de 60 mg dm⁻³, 44,71 na dose de 180 mg dm⁻³ e 33,28 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³.

No segundo cacho obteve-se aumento nos teores de N (33,37 para 38,79 g kg⁻¹), K (50,46 para 84,22 g kg⁻¹), Mg (1,92 para 2,13 g kg⁻¹), S (3,90 para 4,48 g kg⁻¹) e Zn (34,64 para 76,14 g kg⁻¹).

Para o terceiro cacho, aumento nos teores de K (59,51 para 80,53 g kg⁻¹), S (5,43 para 6,34 g kg⁻¹) e Cu (7,27 para 14,24 g kg⁻¹), ajuste quadrático para P (de 9,60 na dose de 60 mg dm⁻³, 10,29 na dose de 180 mg dm⁻³ e 7,69 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³) e Mg (de 1,61 na dose de 60 mg dm⁻³, 2,19 na dose de 180 mg dm⁻³ e 1,56 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³) e Zn (de 20,60 na dose de 60 mg dm⁻³, 30,30 na dose de 180 mg dm⁻³ e 20,64 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³), além de redução nos teores de N (36,42 para 30,50 g kg⁻¹), Fe (158,51 para 130,97 g kg⁻¹) e Mn (93,53 para 67,22 g kg⁻¹) (tabela 12).

Por se tratarem de frutos verdes, em início de desenvolvimento, ainda transpiram e estão em plena absorção de nutrientes, pois alguns nutrientes imóveis ou pouco móveis na planta tem o período inicial da frutificação como maior aumento de concentração nos frutos.

Tabela 12- Teores de macronutrientes em g kg^{-1} e micronutrientes em mg kg^{-1} dos frutos em início de desenvolvimento do primeiro, segundo e terceiro cacho do experimento 2, tomate Carina. Londrina, 2014.

	Trat K	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm^{-3}	g kg^{-1}					Mm kg^{-1}				
1°Cacho	60	33,49	12,25	67,16	2,95	2,84	6,84	23,46	168,14	82,08	48,84
	120	30,83	11,31	80,88	3,73	3,01	7,14	22,26	240,55	76,46	48,73
	180	44,71	11,11	78,64	2,65	2,95	8,11	22,75	179,65	34,62	45,90
	240	36,38	10,59	82,17	5,03	2,79	8,21	22,77	149,85	20,28	41,51
	300	33,28	10,98	88,59	5,14	2,93	8,79	27,57	280,54	41,29	40,50
	CV(%)	6,52	18,27	16,59	41,04	13,74	18,52	33,30	50,86	44,34	18,27
p>F*	*	ns	*	*	ns	*	ns	*	*	ns	
2°Cacho	60	33,37	8,96	50,46	1,66	1,92	3,90	10,09	161,73	93,49	34,64
	120	41,93	10,57	69,62	2,09	2,53	4,29	8,63	185,76	109,77	39,19
	180	36,68	9,74	74,29	5,90	2,49	4,98	15,20	176,24	110,72	76,67
	240	35,54	10,40	81,39	1,86	2,17	3,83	13,72	118,53	101,80	70,20
	300	38,79	9,44	84,22	1,35	2,13	4,48	12,84	132,29	118,88	76,14
	CV(%)	11,40	20,57	14,48	152,52	16,14	15,34	47,85	61,59	24,48	28,74
p>F*	*	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	*	
3°Cacho	60	36,42	9,60	59,51	3,51	1,61	5,43	7,27	158,51	93,53	20,60
	120	32,38	7,62	65,09	3,25	1,71	5,58	10,76	224,71	78,65	21,54
	180	29,66	10,29	69,32	3,24	2,19	5,85	11,65	207,44	83,14	30,30
	240	30,83	8,80	76,00	2,94	2,11	5,85	12,15	111,68	64,24	19,40
	300	30,50	7,69	80,53	3,13	1,56	6,34	14,24	130,97	67,22	20,64
	CV(%)	8,35	13,92	7,39	37,77	11,93	9,20	15,05	53,29	25,68	21,34
p>F*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	

Fonte: Almeida (2014)

*: Para dados significativos a 5% pelo teste de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pelo teste de regressão.

Os nutrientes pouco móveis são transportados via xilema e este tipo de transporte só ocorre, até os frutos, enquanto estes ainda estão com a membrana permeável, que permite a transpiração. Este fato pode acarretar aumento do teor de nutrientes imóveis ou pouco móveis como o Ca que é absorvido em grandes quantidades neste período e conseqüentemente pode ter inibido a absorção de outros nutrientes como Mg, Zn e Cu, porém a partir do momento que a membrana torna-se impermeável o teor de Ca é diluído no fruto e o teor dos outros nutrientes aumenta, voltando ao equilíbrio, ressaltando que as doses de K nos experimentos não prejudicaram o teor nutricional dos frutos.

Prado et al. (2011) em trabalho com marcha de absorção de tomateiro cultivar Raissa em cultivo hidropônico também encontrou uma diminuição no teor de Cu e B nos frutos conforme decorrer do tempo, ajuste quadrático para Ca, Mn e Zn e aumento nos teores de N, P, K Mg e S.

O acúmulo de P pelos órgãos que compõem o ramo frutífero iniciou aumento após a décima segunda semana da brotação, acompanhando aumento de massa seca pelos frutos, e isso foi observado também nos estudos de Clark e Smith (1990). Miller et al. (1979), em condições de campo, relata que a taxa de absorção do fósforo no pimentão foi maior no intervalo entre os 84 e 98 dias após o transplante.

O K constituiu o macronutriente absorvido em maior quantidade. Analisando a curva de acúmulo deste nutriente, ao longo do ciclo de desenvolvimento pelos frutos observou-se crescimento proporcional ao aumento das doses na solução nutritiva.

Para Ca que nos experimentos teve aumento no início do desenvolvimento e depois diminuição, Clark e Smith (1990) verificaram, no fruto de caqui, que houve significativo acúmulo durante o desenvolvimento inicial e, com 12 semanas após a polinização, aproximadamente 88% do conteúdo final tinha sido adquirido, enquanto somente 35% da massa seca acumulou no mesmo período.

Após as análises das folhas índice coletadas logo acima dos três cachos dos dois experimentos chegou-se aos resultados para os macro e micronutrientes apresentados nas tabelas 13, 14, 15 e 16.

A partir dos resultados obtidos é possível estabelecer um padrão nutricional para o tomateiro, principalmente em comparação com outros trabalhos e também estabelecer uma correlação entre os dados significativos para o aumento de

K e o aumento de produção para se estabelecer a folha que melhor representa o tomateiro nutricionalmente.

Tabela 13- Teores de macronutrientes em g kg^{-1} das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 1, tomate Pizzadoro, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014.

	Trat K	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg dm^{-3}						
1°Cacho	60	32,81	13,34	27,64	40,49	5,04	16,24
	120	35,87	15,97	50,25	38,69	5,25	18,96
	180	34,59	12,24	52,05	32,70	5,17	19,38
	240	33,16	14,23	63,12	20,71	5,37	23,38
	300	32,03	12,62	65,08	19,96	5,05	23,99
	CV(%)	5,07	20,30	17,48	30,79	25,20	6,51
	p>F*	*	*	*	*	ns	*
2°Cacho	60	33,83	9,77	30,97	34,67	3,00	11,87
	120	32,17	10,63	35,01	36,54	3,05	14,95
	180	29,82	10,68	37,69	30,12	2,71	14,41
	240	32,28	10,55	48,84	19,27	2,93	16,43
	300	34,30	9,57	48,41	18,76	2,73	14,65
	CV(%)	14,32	13,76	25,17	32,66	21,21	23,42
	p>F*	ns	ns	*	*	ns	ns
3°Cacho	60	34,59	16,71	27,73	33,83	3,22	19,48
	120	36,39	15,32	49,69	36,10	3,13	17,05
	180	32,71	11,13	56,04	28,83	3,09	18,78
	240	31,81	11,62	61,09	18,26	2,90	21,07
	300	31,35	11,33	83,50	17,59	2,78	22,89
	CV(%)	5,49	24,53	11,93	32,49	13,91	10,99
	p>F*	*	*	*	*	ns	*
	1	56	3,1	47-70	31,6	8,4	9,8
	2	26-40	5,9	91-80	27,4	4,9	-
	3	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10
	4	32	13	51	45	9	18

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pelo teste de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pelo teste de regressão.

1. Areia, 9 dm^3 por planta, folha oposta ao 3º cacho, indeterminado (FONTES et al., 2002).
2. Pecíolo da folha oposta ao 3º cacho no florescimento, 40 folha por talão (RIBEIRO et al., 1999).
3. Folha com pecíolo, por ocasião do 1º fruto maduro: 25 plantas (RAIJ, B. et al., 1996).
4. Hidroponia, único cacho, folha abaixo do 1º cacho na fase 1º fruto maduro (FERNANDES et al., 2002).

Tabela 14- Teores de micronutrientes em mg kg^{-1} das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 1, tomate Pizzadoro, juntamente com teores de referencia. Londrina, 2014.

	Trat K	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm^{-3}	mg kg^{-1}			
1°Cacho	60	21,65	474,37	568,32	78,85
	120	19,08	500,87	578,26	56,83
	180	18,83	403,76	578,00	37,81
	240	20,58	445,69	726,49	75,02
	300	19,02	395,54	786,93	76,62
	CV(%)	22,25	24,54	12,04	12,85
p>F*	ns	ns	*	*	
2°Cacho	60	21,11	480,89	655,78	38,76
	120	24,75	511,55	693,80	40,50
	180	28,55	556,70	697,06	35,70
	240	41,33	542,06	900,83	49,94
	300	40,39	608,33	839,39	48,56
	CV(%)	28,83	16,91	22,43	32,76
p>F*	*	ns	*	ns	
3°Cacho	60	8,63	368,31	796,51	48,80
	120	10,52	417,39	619,11	38,60
	180	12,05	419,81	599,08	30,32
	240	14,38	279,48	775,85	61,73
	300	15,77	295,88	731,96	46,48
	CV(%)	13,41	41,03	20,72	23,65
p>F*	*	ns	*	*	
1		798	183	258	25
2		41	66	103	134
3		5-15	100-300	50-250	30-100
4		10	209	665	96

Fonte: Almeida (2014).

*: Para dados significativos a 5% pelo teste de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pelo teste de regressão.

1. Areia, 9 dm^3 por planta, folha oposta ao 3º cacho, indeterminado (FONTES et al., 2002).

2. Pecíolo da folha oposta ao 3º cacho no florescimento, 40 folha por talão (RIBEIRO et al., 1999).

3. Folha com pecíolo, por ocasião do 1º fruto maduro: 25 plantas (RAIJ, B. et al., 1996).

4. Hidroponia, único cacho, folha abaixo do 1º cacho na fase 1º fruto maduro (FERNANDES et al., 2002).

Tabela 15- Teores de macronutrientes em g kg^{-1} das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 2, tomate Carina, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014.

	Trat K	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg dm^{-3}	$\text{kg ha}^{-1} \text{ } ^2$					
1°Cacho	60	34,47	11,27	46,39	40,45	4,51	11,62
	120	29,69	18,11	50,66	38,66	5,40	21,13
	180	36,70	11,95	62,53	34,86	5,12	20,42
	240	34,99	14,15	63,06	24,73	5,33	23,29
	300	34,22	12,83	64,92	19,94	5,01	21,33
	CV(%)	7,71	25,06	18,52	34,28	24,67	13,24
	p>F*	*	*	*	*	ns	*
2°Cacho	60	43,00	12,44	43,52	33,51	2,71	6,66
	120	37,49	10,02	65,55	36,50	3,01	12,42
	180	27,20	11,27	71,35	31,90	2,35	12,26
	240	32,34	10,21	73,39	20,41	2,77	17,70
	300	31,89	9,68	75,50	18,74	2,88	18,57
	CV(%)	10,70	27,78	16,50	32,88	26,38	24,06
	p>F*	*	ns	*	*	ns	*
3°Cacho	60	36,53	11,37	25,87	33,79	2,39	12,59
	120	31,75	10,97	51,21	36,06	2,85	17,27
	180	31,24	11,60	63,81	27,64	2,77	23,28
	240	30,23	9,78	69,17	18,21	2,97	20,41
	300	34,82	11,20	72,15	17,57	2,96	23,05
	CV(%)	6,65	14,23	14,62	30,21	18,82	13,46
	p>F*	*	ns	*	*	ns	*
	1	56	3,1	47-70	31,6	8,4	9,8
	2	26-40	5,9	91-80	27,4	4,9	-
	3	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10
	4	32	13	51	45	9	18

Fonte: Almeida; 2014.

*: Para dados significativos a 5% pelo teste de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pelo teste de regressão.

1. Areia, 9 dm^3 por planta, folha oposta ao 3º cacho, indeterminado (FONTES et al., 2002).

2. Pecíolo da folha oposta ao 3º cacho no florescimento, 40 folha por talão (RIBEIRO et al., 1999).

3. Folha com pecíolo, por ocasião do 1º fruto maduro: 25 plantas (RAIJ, B. et al., 1996).

4. Hidroponia, único cacho, folha abaixo do 1º cacho na fase 1º fruto maduro (FERNANDES et al., 2002).

Tabela 16- Teores de micronutrientes em mg kg^{-1} das folhas logo acima do primeiro, segundo e terceiro cacho no início do desenvolvimento dos frutos do experimento 2, tomate Carina, juntamente com teores de referência. Londrina, 2014.

Folha	Trat K	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm^{-3}	mg kg^{-1}			
1°Cacho	60	20,59	503,35	505,46	82,54
	120	19,16	527,44	512,44	62,03
	180	18,71	420,51	530,13	53,85
	240	19,05	416,23	733,52	75,09
	300	17,22	303,04	683,60	76,81
	CV(%)	24,83	28,51	20,04	13,53
	p>F*	ns	*	*	*
2°Cacho	60	6,08	363,29	637,95	79,26
	120	10,00	359,91	564,44	83,66
	180	11,24	253,71	603,37	93,08
	240	11,56	167,69	785,45	58,81
	300	7,86	153,07	874,04	58,02
	CV(%)	41,50	38,83	27,30	28,06
	p>F*	*	*	*	*
3°Cacho	60	10,21	273,88	745,53	30,21
	120	11,92	388,09	626,03	38,79
	180	16,64	332,18	696,26	47,74
	240	15,14	310,74	585,10	35,67
	300	13,67	181,29	605,54	47,32
	CV(%)	19,20	30,76	27,13	23,73
	p>F*	*	*	*	*
	1	798	183	258	25
	2	41	66	103	134
	3	5-15	100-300	50-250	30-100
	4	10	209	665	96

Fonte: Almeida; 2014.

*: Para dados significativos a 5% pelo teste de regressão.

ns: Para dados não significativos a 5% pelo teste de regressão.

1. Areia, 9 dm^3 por planta, folha oposta ao 3º cacho, indeterminado (FONTES et al., 2002)

2. Pecíolo da folha oposta ao 3º cacho no florescimento, 40 folha por talão (RIBEIRO et al., 1999)

3. Folha com pecíolo, por ocasião do 1º fruto maduro: 25 plantas (RAIJ, B. et al., 1996)

4. Hidroponia, único cacho, folha abaixo do 1º cacho na fase 1º fruto maduro (FERNANDES et al., 2002)

Para os teores nutricionais das folhas índice encontradas acima de cada cacho no E1, cultivado com tomate Pizzadoro, encontrou-se conforme o aumento das doses de K uma diminuição nos teores de N ($35,87$ para $32,03 \text{ g kg}^{-1}$)

na dose de 300 mg dm⁻³ de K) e de Ca (40,49 para 19,96 g kg⁻¹) e aumento quadrático dos teores de P, sendo de 13,34 na dose de 60 mg dm⁻³, 15,97 na dose de 120 mg dm⁻³ e 12,62 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³.

Houve aumento nos teores de S (16,24 para 23,99 g kg⁻¹) e de Mn (568,32 para 786,93 mg kg⁻¹). Os valores encontrados nas folhas acima do primeiro cacho concordam com os encontrados por Fernandes et al. (2002).

Nas folhas coletadas acima do segundo cacho houve um aumento nos teores de N (33,83 para 34,30 g kg⁻¹), de K (30,97 para 48,41 g kg⁻¹), Cu (21,11 a 40,39 mg kg⁻¹) e Mn (655,78 a 839,39 mg kg⁻¹), além de diminuição dos teores de Ca (34,67 a 18,76 g kg⁻¹), concordando com Fernandes et al. (2002) para N, P e S e com Raij et al. (1996) para os outros nutrientes analisados.

As folhas índice acima do terceiro cacho apresentaram uma diminuição no teor de N (34,59 a 31,35 g kg⁻¹), P (16,71 a 11,33 g kg⁻¹), Ca (33,83 a 17,59 g kg⁻¹) e Mn (796,51 a 731,96 mg kg⁻¹) e aumento nos teores de K (27,73 a 83,50 g kg⁻¹), S (19,48 a 22,89 g kg⁻¹) e Cu (8,63 a 15,77 mg kg⁻¹), concordando com Fontes et al. (2002) nos teores de K e Ca, com Ribeiro et al. (1999), que trabalharam em análises com folha e pecíolo opostos ao terceiro cacho, em N e Mg e Fernandes et al. (2002) para o demais nutrientes.

No E2, cultivado com tomate Carina, quando analisados os teores nutricionais da folha índice acima do primeiro cacho observou-se uma relação quadrática conforme o aumento das doses de K para o N (34,47 para a dose de 60 mg dm⁻³ aumentando até 36,70 na dose de 180 mg dm⁻³ diminuindo para 34,22 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³) e para o P (11,27 na dose de 60 mg dm⁻³, subindo para 18,11 g kg⁻¹ na dose de 120 mg dm⁻³ e diminuindo para 12,83 g kg⁻¹ na dose de 300 mg dm⁻³).

Houve um aumento nos teores de K (46,39 a 64,92 g kg⁻¹) e S (11,62 a 21,33 g kg⁻¹) e diminuição dos teores de Ca (40,45 a 19,94 g kg⁻¹), conforme o aumento das doses de K, concordando com Fernandes et al. (2002).

Para as folhas do segundo cacho houve uma redução nos teores de N (43,00 a 31,89 g kg⁻¹), Ca (33,51 a 18,74 g kg⁻¹), Fe (363,29 a 153,07 mg kg⁻¹), aumento nos teores de K (43,52 a 75,50 g kg⁻¹), S (6,66 a 18,57 g kg⁻¹) e Mn (637,95 a 874,04 mg kg⁻¹) e resposta quadrática para o Cu (6,08 na dose de 60 mg dm⁻³ subindo para 11,56 na dose de 240 mg dm⁻³ e diminuindo para 7,86 g kg⁻¹ na

dose de 300 mg dm^{-3}). Os resultados concordam com Fernandes et al. (2002) para N, P e S e com Raji et al. (1996) para os demais nutrientes analisados.

Quando analisadas as folhas logo acima do terceiro cacho observou-se diminuição nos teores de N ($36,53$ a $34,82 \text{ g kg}^{-1}$) e Mn ($745,53$ a $605,54 \text{ mg kg}^{-1}$) e aumento nos teores de K ($25,87$ a $72,15 \text{ g kg}^{-1}$), S ($12,59$ a $23,05 \text{ g kg}^{-1}$) e Zn ($30,21$ a $47,32 \text{ mg kg}^{-1}$).

Houve resposta quadrática para Ca ($33,79$ na dose de 60 mg dm^{-3} subindo para $36,06$ na dose de 120 mg dm^{-3} e diminuindo para $17,57 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de 300 mg dm^{-3}) e Fe ($273,88$ na dose de 60 mg dm^{-3} subindo para $388,09$ na dose de 120 mg dm^{-3} e diminuindo para $181,29 \text{ mg kg}^{-1}$ na dose de 300 mg dm^{-3}). Os resultados concordam com Fontes et al. (2002) nos teores de K e Ca, com Ribeiro et al. (1999), que trabalharam em análises com folha e pecíolo opostos ao terceiro cacho, em N e Mg e Fernandes et al. (2002) para o demais nutrientes.

Analisando em conjunto o comportamento dos nutrientes nos dois experimentos nas folhas índice acima dos três cachos, conforme o aumento das doses de K verificou-se um maior teor de Mn nas folhas do primeiro e segundo cacho dos dois experimentos e diminuição nas folhas do terceiro cacho, sendo este comportamento atribuído principalmente pelo excesso de K provocar deficiência de Mn, conforme constatado por Silva et al. (1995) e Carvalho et al. (2001) em trabalho com aumento de doses de K em maracujazeiro.

Nas folhas acima de todos os cachos nos dois experimentos também verificou-se redução nos teores de Ca conforme o aumento das doses de K, sendo mais um caso de competição entre cátions, verificado desde o início de desenvolvimento da planta concordando com os relatos de Mascarenhas et al. (2000) e Oliveira et al. (2001).

Segundo Malavolta et al. (2006) conforme aumento dos teores de K na solução nutritiva há competição na absorção do Ca e Mg, pois, durante o processo de absorção, estes nutrientes utilizaram os mesmos sítios carregadores.

Nos dois experimentos o teor de P teve resposta quadrática nas folhas do primeiro cacho e o teor de Cu aumentou nas folhas do segundo e terceiro cacho do E1, tendo comportamento quadrático nas folhas dos mesmos cachos no E2, conforme o aumento de doses de K, fato relacionado com a diminuição dos teores de Ca que em aumento diminui os teores de Cu.

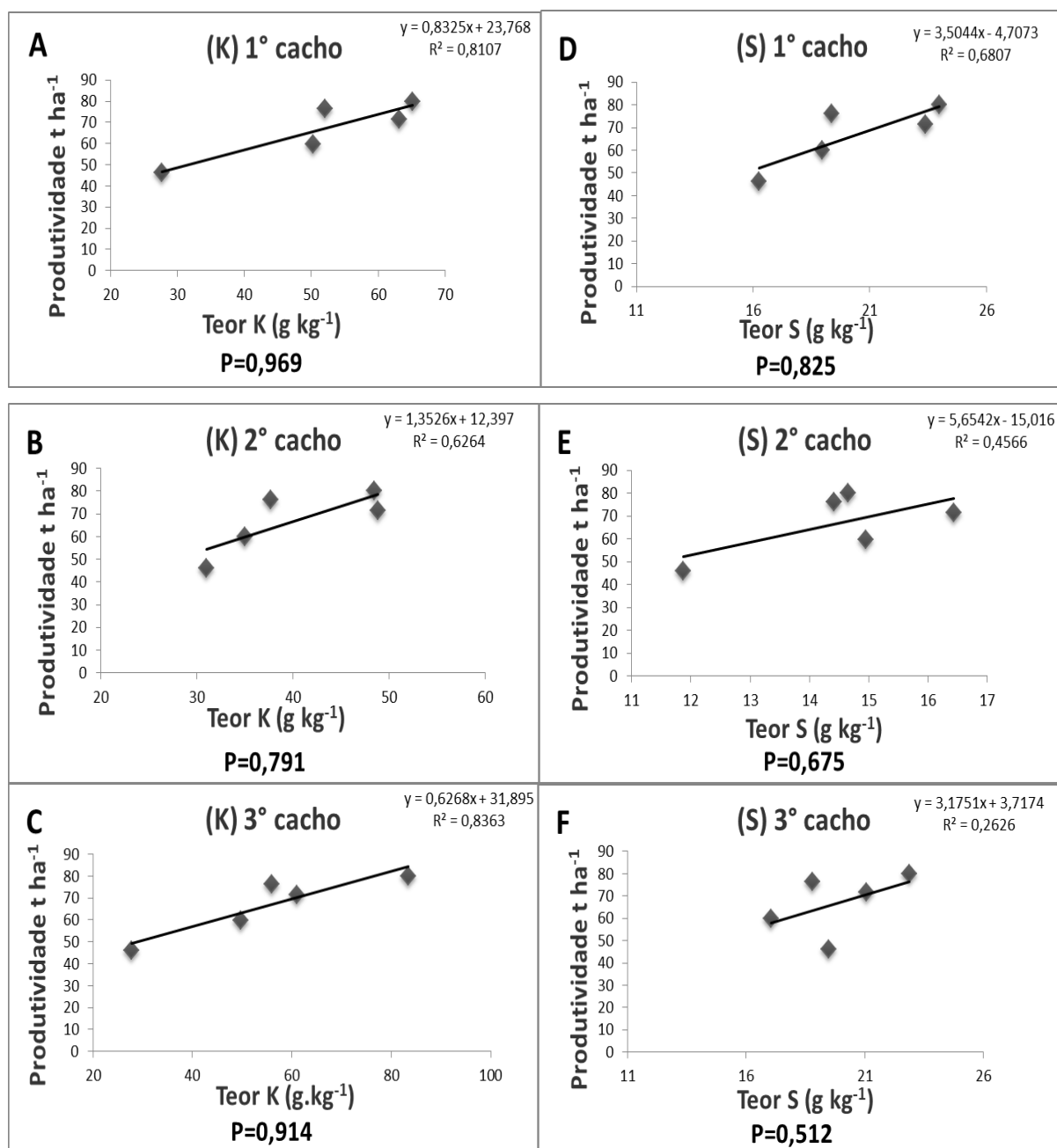
Observou-se também uma diminuição nos teores de N nas folhas acima do terceiro cacho dos dois experimentos atribuída ao aumento de doses de K que induz um aumento na síntese de proteínas na planta consumindo o N. Pelo aumento da síntese de proteínas também observou-se um aumento no teor de S nas folhas índice, acima dos três cachos, nos dois experimentos, resultado da alta necessidade deste macronutriente acarretada pelo aumento das doses de K.

Mesmo verificando um início de competição entre os cátions conforme o aumento das doses, os tratamentos não prejudicaram a produção, tendo influencia positiva no aumento de síntese de proteínas e produtividade nas duas variedades.

Foram comparados o teor de nutrientes nas folhas acima dos três cachos para se verificar a que melhor representa nutricionalmente o tomateiro. Assim foi correlacionado o aumento dos teores nutricionais, significativos por análise da regressão, com a produção.

Após as correlações entre a produção e os teores significativos nas folhas acima dos três cachos no E1 para K obteve-se uma correlação de 0,969 no primeiro cacho (figura 10A), 0,791 no segundo (figura 10B) e 0,914 no terceiro cacho (figura 10C). Para os teores de S chegou-se a 0,825 (figura 10D) nas folhas acima do primeiro cacho, 0,675 no segundo (figura 10E) e 0,512 no terceiro cacho (figura 10F), concluindo que no E1 com a variedade Pizzadoro a folha que melhor representa o tomateiro visando à produção é a que fica logo acima do primeiro cacho.

Figura 10 – Relação entre os teores de K e S encontrados nas folhas acima dos três cachos com a produtividade no E1 com variedade Pizzadoro.

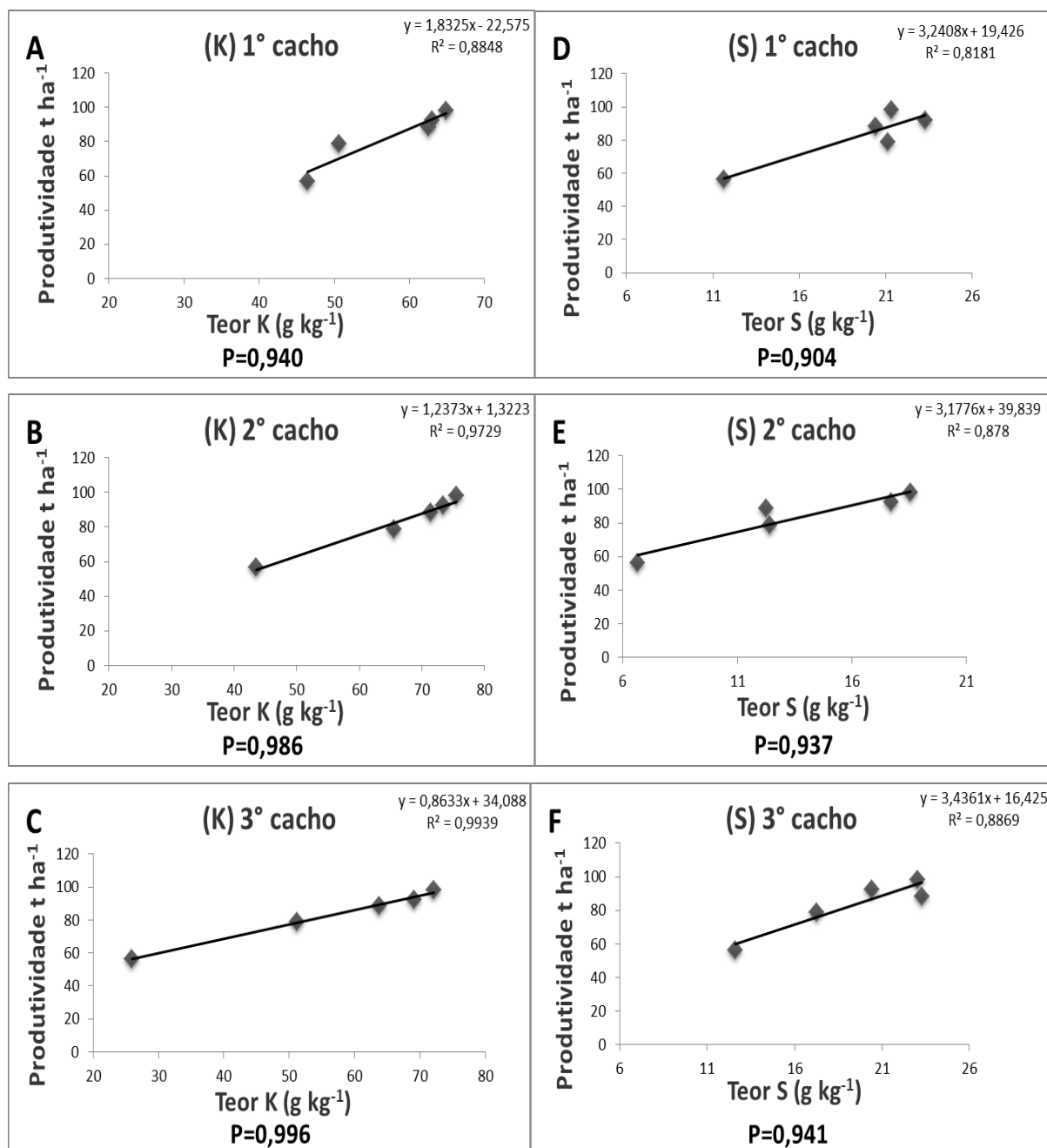


Fonte: Almeida (2014).

Para o E2 a folha acima do terceiro cacho foi a que melhor representou o tomateiro nutricionalmente, visando à produção, onde comparando esta com teores de K obteve-se uma correlação de 0,940 para as folhas acima do primeiro cacho (figura 11A), 0,986 para o segundo cacho (figura 11B) e 0,996 para as folhas acima do terceiro cacho (figura 11C). Para os teores de S obteve-se uma

correlação positiva de 0,904 entre as folhas acima do primeiro cacho (figura 11D), 0,937 para o segundo cacho e 0,941 (figura 11E) para o terceiro cacho (figura 11F).

Figura 11 – Relação entre os teores de Potássio e Enxofre encontrados nas folhas acima dos três cachos com a produtividade.



Fonte: Almeida (2014).

Os resultados da folha índice mais representativa variaram de acordo com a variedade utilizada, sendo para o tomate Pizzadoro (E1), tipo italiano, a folha acima do primeiro cacho e para o tomate Carina (E2), grupo santa cruz, a

folha acima do terceiro cacho, porém de acordo com os resultados as correlações entre o teor nutricional das folhas e a produção sempre foram maiores que 0,800, demonstrando que para variedades ainda não estudadas folhas acima de qualquer cacho podem ser usadas com boa correlação.

5 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a metodologia desenvolvida para determinação de potássio na seiva do fruto e do pecíolo da folha é eficaz para avaliar os teores de potássio e o estado nutricional da planta de maneira prática e econômica, tendo cada variedade uma folha índice mais representativa.

O aumento das doses de potássio influenciam significativamente na condutividade elétrica do eluviado, produtividade e o teor nutricional no tecido vegetal.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2014. *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2014.
- ALCANTAR, G. et al. Diagnostic methods to evaluate nutrient status of garlic, onion, and broccoli. *Communications in soil science and plant analysis*, New York, v. 33, n.15-18, p.2585-2598, 2002.
- ALVARENGA, M. A. R. *Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004.
- AMARAL, C.; LAGE, D. A. *Nutrição vegetal: funções e deficiências*. Disponível em: <http://www.aquahobby.com/articles/b_nutricao_vegetal.php>. Acesso em: 1 out. 2010.
- BARBER, S. A. Potassium availability at the soil-root interface and factors influencing potassium uptake. In: MEINSON, R. D. (Ed.). *Potassium in agriculture*. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1985. p. 309-324.
- BARBOSA FILHO, M. P. Adubação potássica. In:_____. *Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 64-66.
- BATAGLIA, O. C. Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2005, São Pedro, SP. *Anais...* Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P.; GALLO, J. R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim técnico, 78).
- BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Soil Science Society of America*, Madison, v. 29, n. 1, p. 71-72, 1965.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.12, p.122-127, 2008.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.
- BRAGA, G. N. M. 2010. *As vantagens da Fertirrigação*. Disponível em:<<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/as-vantagens-dafertirrigacao.html>>. Acesso em: maio 2014.
- BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils 3: Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by

extraction-distillation methods. *Soil Science Society of America Journal*, Madison v.30, p.577-582, 1965.

CALVERT, D.V. Spray applications of potassium nitrate for citrus on calcareous soils. In: INTERNATIONAL CITRUS SYMPOSIUM, 1968, Riverside. *Proceedings...* Riverside: Iniversity of California, 1969.v.3.p.1587-1597.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa solos*. Rio de Janeiro: Emprapa Solos, 2000. (Circular Técnica, 6).

CARVALHO, A.J.C.; MARTINS, D.P.; MONNERAT, P.H.; BERNARDO, S.; SILVA, J.A. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, p.403- 408, 2001.

CLARK, C.J.; SMITH, G.S. Seasonal changes in the composition, distribution and accumulation of mineral nutrients in persimmon fruit. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, n. 42, p. 99-111, 1990.

COLTMAN, R.R.; RIEDE, S.A. Monitoring the potassium status of greenhouse tomatoes using quick petiole sap tests. *Hortscience*, Alexandria, v.27, n.4, p.361-364, 1992.

COOK, W. P.; SANDERS, D. C. Nitrogen application frequency for drip-irrigated tomatoes. *HortScience*, Mont Vernon, v. 26, n. 3, p.250-252, 1991.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.2, p.83-89, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Planta, 2006.

ERNANI, P. R.; JAIME, A. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Vicosa: SBCS, 2007. p. 551-594.

FAQUIN V. 2001. *Nutrição mineral de plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 182 p.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

FERNANDES, A.A.;MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4, p.564-570, 2002.

FERNANDES, P. D.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; OLIVEIRA, G. D.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de hortaliças. Absorção de nutrientes pelo tomateiro em cultivo rasteiro. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v. 32, p. 595-608, 1975.

- FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 24, p. 141-145, 2006.
- FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.) *Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2000.
- FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. Cultura do tomate. In: FONTES, P. C. R. *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: UFV, 2005. p. 458-475.
- FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. Doenças e pragas: é seguro comer tomate? In: FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. *Produção de tomate de mesa*. Viçosa: UFV, 2002. p. 97-129.
- FONTES, P.C.R.; SAMPAIO, R.A.; MANTOVANI, E.C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertigation, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.3, p. 575-580, 2000.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Org.). *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia*, Campinas, v. 22, n. 56, p. 33-44, 1963.
- GENÚNCIO, G. C., MAJEROWICZ, N., ZONTA, E., SANTOS, A.M., GRACIA, D., AHMED, C.R.M., SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em fungos da concentração iônica da solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.24, p.175-179, 2006.
- GUIMARÃES, T. G. *Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio*. 1998. 184 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, UFV, 1998.
- HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; BARBOSA, V.; SILVA, J. M. Nutrição mineral de hortaliças. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. *Anais ESALQ*, Piracicaba, v. 35, p. 243-270, 1978.
- HALBROOKS, M.; WILCOX, G. E. Tomato plant development and elemental accumulation. *Journal American Society Horticultural Science*, Alexandria, v. 105, n. 6, p. 826-828, 1980.
- HENSINGER, P. How do plants acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 64, p. 225-265, 1998.

- HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.). *Plant pathology: an advanced treatise*. New York: Academic, 1980. v.5, p. 381-406.
- JOHJIMA, T. *Carotene synthesis and coloring in tomato of various genotypic lines*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, Kioto, v. 63, n. 1, p.109-114, 1994.
- KALLENBACH, RL. Field use of an ion-specific electrode to measure the potassium concentration in alfafa. *Crop Science*, Madison, v.40, p.772-777, 2000.
- KIST, S. L. *Suprimento de potássio em argissolo com histórico de adubação potássica*. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. Produção de hortaliças em ambientes protegidos: condições subtropicais. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo: Ed. UNESP, 1998.
- LOPES-ASSAD, M. L.; ROSA, M. M.; ERLER, G.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Solubilização de pó-de-rocha por *Aspergillus Níger*. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2006.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, Hamilton, v.103, p.115-134, 1977.
- MACÊDO, L.S. Effects of water levels and potassium fertirrigation on growth, production and quality of tomato fruits in greenhouse. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras v. 29, p.296 304, 2005.
- MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: CERES, 2006.
- MALAVOLTA, E. Potássio: absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 179-230.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS, 1989.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. London: Academic Press, 1995.
- MARTIN, P. Long-distance transport and distribution of potassium in crop plants. Methods of K research in plants. In: COLLEGE OF INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 21., 1989, Berna. *Proceedings...* Berna: International Potash Institute, 1989. p. 83-100.

MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; RESENDE, A. V.; MATOS, M. S. F. Agrominerais Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio na agricultura. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. *Rochas & minerais industriais: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 205-222.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; CARMELLO, Q.A.C. Calcário e potássio para a cultura de soja. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 3, p.445-449, 2000.

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S. *Fertilidade do solo*. São Paulo: Nobel, 1989.

MILLER, C.H.; MC COLLUM, R.E.; CLAIMON, S. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annum* L) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *Journal of American Society of Horticultural Science*, New York, v. 104, n.6, p. 852-857, 1979.

MILLER, J.E.; HOFMANN, P.S.; BERRY, R.K. Physiological and nutritinal responses of five citru rootstocks to potassium. *Journal of the southern African society for Horticultural Science*, Pietermaritzburg, v. 3, n.1, p.20-23, 1993.

MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. *Plant analysis handbook II*. Athens: Micro Macro Publishing, 1996.

MONTOYA, R.B.; SPINOIA, A.G.; GARCIA, P.S.; PAREDES, D.G. *Demanda de potasio del tomate tipo saladette*. Disponível em: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/4art391-399.pdf>> . Acesso em: 18 dez. 2014.

MORAES, I. V. M. *Cultivo de hortaliças: dossiê técnico*. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006.

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeitos de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 31. p. 69-75, 2006.

MOREIRA, M.A.; VIDIGAL, S.M. Diagnostico de nitrogenio por medidores portateis para uso na cultura do repolho. Viçosa: EPAMIG, 2008. (Circular Tecnica n.53).

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V. *Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. (Série Estudos e Documentos, 61).

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M.; LOUREIRO, F. E. L. Agrominerais: potássio. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. *Rochas & minerais industriais: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Cap. 8, p. 175-203.

NEIVA, L. C. S. *Influência do potássio sobre a economia de água de quatro cultivares de arroz submetidos a déficit hídrico*. 1977. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1977.

OLIVEIRA, F.A.de; CARMELLO, Q.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.58, n.2, p.329-335, 2001.

PAPADOPOULOS, A. P. *Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media*. Ottawa: Agriculture Canada Publication, 1991. Disponível em: <<http://www.hydrogardens.com/PDF%20Files/Growing%20GH%20Tomates.PD>>. Acesso em: 5 jun. 2013.

PAULA JÚNIOR TJ; VENZON M. 2007. 101 culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG. 800p.

PRADO, RM; SANTOS, VHG; GONDIM, ARO; ALVES, AU; FILHO ABC; CORREIA, MAR. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, p. 19-30, 2011.

QIAN, P.; SCHOENAU, J.; GREER, K.J. Quick extraction and determination of potassium in fresh leaf sap and its use as a guide to potassium fertilization of canola, chickpea, and dwarf sunflower. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.26, p.2903-2912, 1995.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Boletim Técnico N^o 100. 2^a edição. Campinas: IAC, 1996. 285 p.

RAVINDER, S.; KOHLI, UK; KANWAR, HS; SINGH, R. Tomato fruit quality as influenced by different nutrient regimes. *Himachal Journal of Agricultural Research, Índia*, v. 25, p. 37-42, 2001.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 180 p.

ROQUEJANI, M.S.; MELO, A. M. T de; SHIRAHIGE, F. H.; MELO, P. C. T de; PURQUERIO, L. F. V. Produtividade e qualidade de híbridos de tomate dos segmentos italiano e santa cruz em ambiente protegido. 2008. In: FAPESP. *Anais eletrônicos...Campinas: IAC*. Disponível em:<<http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/pibic/anais/2008/Artigos/RE0800020.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2013.

SANTOS, M. C. *Efeito de diferentes doses de Silício, nitrogênio e potássio, na incidência de traça-do-tomateiro, pinta preta e produtividade de tomate industrial*. 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

SARA MEJÍA, M.T., EDGAR, I., ESTRADA, S., FRANCO, P.M. Respuesta Del tomate chonto cultivar Unapal Maravilla, a diferentes concentraciones de nutrientes. *Acta Agronómica* (Colômbia), v.56, n.2, p.75-83, 2007.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ - USP, 1974.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*, Jaguariuna, v.1, p. 231-233, 1975.

SILVA, F. C. (Org.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA, 1999.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; QUAGGIO, J.A. Ensaio de longa duração com calcário e cloreto de potássio na cultura do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.54,p.353- 360,1995.

SINGH, AK; SHARMA, JP; SINGH, RK. Effect of variety and level of nitrogen on fruit quality of tomato hybrid (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Research, Birsa Agricultural University*, v. 12, n.2, p. 205-208, 2000.

SMART, R. E. et al. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I. Definition of canopy microclimate. *Vitis*, Landau, v. 24, p. 17-31, 1985.

TABER, H.G.; LAWSON, V. Use of diluted tomato petiole sap for potassium measurement with the cardy electrode meter. *Communications in soil science and plant analysis*, New York, v.38, p.713–718, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Van STRAATEN, P. *Agrogeology: the use of rocks for crops*. Cambridge: Enviroquest Limited, 2007.

VILLA, M. R.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Formas de potássio em solos de varzea e sua disponibilidade para o feijoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, p. 649-658, 2004.

WARD, G. M. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. *American Society Horticultural Science*, Alexandria, v. 90, p. 335-341, 1967.

WARNER, J; ZHANG, TQ; HAO, X. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.84, p. 865-871, 2004

WOOD, R.; PARISH, M. The Mechanisms and Viticultural Factors Governing Potassium Accumulation in the Grape Berry - Part 1. *The Australian e New Zealand Grapegrower e Winemaker 2003 Annual Technical Issue*. Capturado em 20 jun. 2014. Online. Disponível em : www.winenet.com.au/articles/WineNetwork_Potassium_RW-MP03.pdf.

YOUSSEF, AM; EI-FOULY, AHM; YOUSSEF, MS; MOHAMEDIEN, SA. Effect of using organic and chemical fertilizers in fertigation system on yield and fruit quality of tomato. *Egyptian journal of horticulture*, Cairo, v. 28, p. 59-77, 2001.

ZENG, Q.; BROWN, P. H. Soil potassium mobility and uptake by corn under differential soil moisture regimes. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 221, p. 121-134, 2000.