UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO DO SOLO E DO ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS 'VALÊNCIA' EM CULTIVO FERTIRRIGADO

DIÓGENES MARTINS BARDIVIESSO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU-SP
Fevereiro - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO DO SOLO E DO ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS 'VALÊNCIA' EM CULTIVO FERTIRRIGADO

DIÓGENES MARTINS BARDIVIESSO

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas
Co-orientadora: Drª. Thais Regina de Souza

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU-SP
Fevereiro – 2012

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

Diógenes, Martins Bardiviesso, 1987-
B246m Monitoramento da solução do solo e do estado nutricional de laranjeiras 'valência' em cultivo fertirrigado / Diógenes Martins Bardiviesso. – Botucatu : [s.n.], 2012
ix , 65 f. : il.,color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Co-orientador: Thais Regina de Souza
Inclui bibliografia

1. Citros 2. Adubação. 3. Seiva. 4. Clorofila. 5. Solução do solo. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Souza,Thais Regina de. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO DO SOLO E DO ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS 'VALÊNCIA' EM CULTIVO FERTIRRIGADO"**

ALUNO: DIÓGENES MARTINS BARDIVIESSO

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
CO-ORIENTADORA: PROFª DRª THAIS REGINA DE SOUZA

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

PROF. DR. CLARICE BACKES

Data da Realização: 27 de fevereiro de 2012.

À Deus por ter me concebido a vida e minha família.

À meus pais Pedro Bardiviesso e Eva Martins dos Santos Bardiviesso por todo carinho, amor e dedicação a minha formação.

À meus irmãos André Martins Bardiviesso e Estefânia Martins Bardiviesso, por todo o amor e companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pela orientação, amizade, apoio e paciência durante o período de realização do trabalho.

À pesquisadora Drª. Thais Regina de Souza, pela orientação, apoio e dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa.

Ao professor Dr. Dirceu Maximino Fernandes e a professora Drª. Clarice Backes por aceitarem o convite para contribuição do meu trabalho.

Á Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP) e ao Departamento de Recursos Naturais (Ciência do Solo), pela estrutura e disponibilidade de funcionários para orientação e desenvolvimento das análises, em especial aos colegas José Carlos, Emerson e Daniel.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida.

À Citrovita-Votorantim/Agroindústria, por ceder a área e os funcionários para realização do experimento, em especial aos colegas da Fazenda Emú, Marcos, Reginaldo, Ismaile, Marcelo, Benedito, Marciano, Laura e Edvanda, pelo companheirismo, apoio, convivência e atenção durante o período do trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Letícia, Thomas e Marina, pela amizade, companheirismo e dedicação ao estudo.

A todos os meus colegas de pós-graduação em especial meus amigos, Alessandro, Ana Emília, Clarice, Camila, Ewerton, Fábio, Maurício, Suziane e Willian, pela amizade, conselhos e companheirismo.

Aos meus amigos André, Leandro, Luis e Rubiana por serem a minha família de Botucatu, pela amizade e companheirismo.

A minha namorada Marinalva por todo o amor, carinho e compreensão;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e paciência.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS..... VII

LISTA DE TABELAS..... IX

RESUMO..... 01

SUMMARY..... 03

1. INTRODUÇÃO..... 05

2. REVISÃO DE LITERATURA..... 08

2.1. Adubação nitrogenada e potássica em citros..... 08

2.2. Dificuldades quanto à recomendação da adubação na fertirrigação..... 11

2.3. Alternativas que melhorem a recomendação das doses e do parcelamento dos nutrientes aplicados via fertirrigação..... 12

2.3.1. Análise de seiva..... 12

2.3.2. Determinação indireta do teor de clorofila com auxílio do clorofilômetro... 13

2.3.3. Análise da solução do solo..... 15

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 17

3.1. Caracterização da área experimental..... 17

3.2. Delineamento experimental e tratamentos..... 17

3.3. Manejo de adubação e calagem..... 18

3.4. Manejo da irrigação..... 19

3.5. Precipitação e temperatura 21

3.6. Análises realizadas durante o ensaio..... 22

3.6.1. Amostragem e análise de solo..... 22

3.6.2. Amostragem e análise da solução do solo..... 23

3.6.3. Amostragem e análise de folhas..... 24

3.6.4. Avaliação da intensidade de coloração verde das folhas..... 24

3.6.5. Análise de Seiva..... 25

3.6.6. Produção..... 27

3.7. Análise estatística dos resultados..... 27

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 28

4.1. Análise de solo..... 28
4.2. Solução do solo..... 32
4.3. Análise foliar..... 39
4.4. Intensidade de coloração verde das folhas..... 41
4.5. Análise de seiva..... 45
4.6. Produção..... 54
5. CONCLUSÕES..... 57
6. REFERÊNCIAS..... 58

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Localização da linha de gotejo, caracterização da posição dos emissores e da faixa molhada. Botucatu, SP. 2011..... 19

Figura 2. Tensiômetros instalados em três profundidades (A), localização dos tensiômetros em relação ao emissor (B). Botucatu, SP. 2011..... 20

Figura 3. Curva de retenção de água no solo nas profundidades 0-20 (A), 20-40 (B) e 40-60 cm (C). Botucatu, SP. 2011..... 21

Figura 4. Precipitação acumulada nos meses durante o período de realização do ensaio. Botucatu, SP. 2011..... 22

Figura 5. Temperaturas máxima, mínima e média dos meses durante período de realização do experimento. Botucatu, SP. 2011..... 22

Figura 6. Posição dos extratores de solução do solo em relação ao emissor (A), aplicação de tensão nos extratores através de bomba de vácuo (B)..... 23

Figura 7. Esquema de coleta de folhas nas plantas avaliadas. Botucatu, SP. 2011.... 24

Figura 8. Folhas analisadas (A), medida com o aparelho SPAD – 502 da Minolta (B). Botucatu, SP. 2011..... 25

Figura 9. Ramo de brotação nova retirado para a análise de seiva. Botucatu, SP. 2011..... 26

Figura 10. pH da solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011..... 34

Figura 11. Condutividade elétrica da solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011..... 35

Figura 12. Concentração de N nítrico na solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011..... 36

Figura 13. Concentração de potássio na solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011..... 38

Figura 14. Índice SPAD e teor de nitrogênio na folha no mês de março em função de doses de N e K. Botucatu, SP. 2011..... 42

Figura 15. Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) dos tratamentos, nos meses de em que foi efetuada a adubação. Botucatu, SP. 2011..... 45

Figura 16. Teor de nitrogênio na seiva e precipitação pluviométrica durante os meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Botucatu, SP. 2011..... 48

Figura 17. Teor de nitrogênio na seiva e na solução do solo durante os meses de setembro de 2010 a abril de 2011. Botucatu, SP. 2011..... 49

Figura 18. Teor de potássio na seiva e precipitação pluviométrica durante os meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Botucatu, SP. 2011..... 50

Figura 19. Teor de potássio na seiva e na solução do solo durante os meses de setembro de 2010 a abril de 2011. Botucatu, SP. 2011..... 50

Figura 20. Número de frutos por planta em função de doses de N e K em relação a recomendação convencional. Botucatu, SP. 2011..... 54

Figura 21. Massa de fruto em função de doses de N e K em relação a recomendação convencional. Botucatu, SP. 2011..... 54

Figura 22. Produtividade em função de doses de N e K em relação a recomendação convencional. Botucatu, SP. 2011..... 55

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resultado da análise de textura do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Botucatu, SP. 2011..... 20

Tabela 2. Resultado da análise de solo de junho de 2010 nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Botucatu, SP. 2011..... 29

Tabela 3. Resultado da análise de solo de junho de 2011 nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Botucatu, SP. 2011..... 30

Tabela 4. Média de resultados da análise de solução do solo dos meses de setembro de 2010 a abril de 2011, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em função das doses de N e K. Botucatu, SP. 2011..... 33

Tabela 5. Resultado da análise foliar efetuada em março de 2011 em função das doses de N e K. Botucatu, SP. 2011..... 39

Tabela 6. Intensidade de coloração verde das folhas (SPAD) dos meses de setembro de 2010 a agosto de 2011 em função das doses de N e K. Botucatu, SP. 2011..... 43

Tabela 7. Média de resultados da análise de seiva dos meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Botucatu, SP. 2011..... 47

Tabela 8. Correlação dos teores de macronutrientes constatados na seiva e solução do solo. Botucatu, SP. 2011..... 47

Tabela 9. Correlação dos teores de micronutrientes constatados na seiva e solução do solo. Botucatu, SP. 2011..... 52

Tabela 10. Correlação dos teores de macronutrientes constatados nas análises de seiva e folha. Botucatu, SP. 2011..... 52

Tabela 11. Correlação dos teores de micronutrientes constatados nas análises de seiva e folha. Botucatu, SP. 2011..... 53

MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO DO SOLO E DO ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS 'VALÊNCIA' EM CULTIVO FERTIRRIGADO. Botucatu, 2012. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

Autor: Diógenes Martins Bardiviesso

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-orientadora: Thais Regina de Souza

RESUMO

A citricultura é um segmento de grande importância para a estrutura sócio-econômica brasileira, sendo o Brasil o maior produtor mundial de laranja. A fertirrigação é uma técnica que está cada vez mais se expandindo no cenário da citricultura. A aplicação de fertilizantes via fertirrigação é geralmente realizada através de doses preestabelecidas, sem o adequado monitoramento do estado nutricional da planta e das condições do solo. O manejo inadequado da fertirrigação pode ocasionar desequilíbrios nutricionais, além disso, tais desordens podem provocar efeitos negativos quanto á produtividade e qualidade dos frutos. Sendo assim, tal técnica deve receber atenção especial quanto ao seu manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de cinco doses de N e K_2O fornecidas via fertirrigação, sobre a produção e o estado nutricional de laranjeiras, e observar a sensibilidade das técnicas de análise de seiva, intensidade de coloração verde das folhas e solução do solo. O experimento foi conduzido no município de Reginópolis-SP, em um pomar composto por laranjeiras da variedade 'Valência' sobre o porta-enxerto citrumelo 'Swingle', com 8 anos, durante o período de setembro de 2010 a agosto de 2011. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de N e K_2O, 0%, 25%, 50%, 100% e 200%, em relação a recomendação convencional, que foi baseada nos resultados de análises de solo e folha e no histórico de produção. Para avaliar o estado nutricional das plantas e a dinâmica dos nutrientes no solo foram realizadas análises de solo, solução do solo, foliar, seiva e intensidade de coloração verde das folhas. A produção também foi avaliada. A elevação das doses de N e K_2O promoveram redução do pH, aumento da condutividade elétrica e dos teores de N-NH_4,

N-NO_3, K, Mg, B, Cu e Mn na solução do solo. A intensidade de coloração verde das folhas e a concentração de N-NO_3, N-total e Mn na seiva também aumentaram em função dos tratamentos. O aumento das doses promoveu elevação da produtividade, sendo a dosagem referente a 57% da recomendação a que proporcionou a maior produtividade. Os métodos de análise de seiva, intensidade de coloração verde das folhas e solução do solo, apresentaram-se sensíveis as doses de N e K_2O aplicadas, sendo que os mesmos podem ser utilizados no monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo e na avaliação do estado nutricional de plantas cítricas.

Palavras-chave: citros, adubação, seiva, clorofila, solução do solo.

SOIL SOLUTION AND NUTRITIONAL MONITORING OF ORANGE TREES 'VALÊNCIA' IN FERTIGATED CULTIVE. Botucatu, 2012. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

Author: Diógenes Martins Bardiviesso

Adviser: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-adviser: Thais Regina de Souza

SUMMARY

The citrus industry is a segment of great importance to socio-economic structure in Brazil, Brazil is the biggest producer of orange. Fertigation is a technique that is expanding in the citrus. The application of fertilizers through fertigation is usually done through pre-established rates, without adequate monitoring of the nutritional status of plant and soil conditions. The mismanagement of fertigation can cause nutritional imbalances, in addition, such disorders can cause negative effects on productivity and fruit quality. Therefore, this technique should receive special attention as to their management. The objective of this study was to evaluate the effect of different rates of N and K_2O supplied by fertigation on the production and nutritional status of orange trees, and to assess the sensitivity analysis techniques sap, intensity of green leaves and the soil solution. The experiment was conducted in Reginópolis-SP, in an orange orchard composed of the variety 'Valencia' on the rootstock 'Swingle' citrumelo, with eight years during the period September 2010 to August 2011. The experimental design was randomized blocks with five treatments and four replicates, the treatments consisted of five rates of N and K_2O, 0%, 25%, 50%, 100% and 200% over the conventional recommendation , which was based on results of soil and leaf analysis and production history. To assess the nutritional status of plants and nutrient dynamics in soil were performed to analyze soil, soil solution, leaf sap and intensity of green leaves. The production was evaluated too. The increasing levels of N and K_2O promoted a reduction of pH, electrical conductivity and increased the levels of $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$, K, Mg, B, Cu and Mn in soil solution. The intensity of green leaves and the concentration of $N\text{-}NO_3$, N-total and Mn in the sap also increased by treatments. Increasing doses promoted increased

productivity, and the dose for 57% of the recommendation enough to provide this increase, however. The methods of analysis of sap, intensity of green leaves and soil solution were also susceptible doses of N and K_2O applied, and they can be used in monitoring the concentration of nutrients in the soil solution and evaluation nutritional status of citrus plants.

Key-words: citrus, fertilization, sap, chlorophyll, soil solution.

1 INTRODUÇÃO

A citricultura é um segmento de grande importância para a estrutura sócio-econômica do Brasil, sendo esta caracterizada como uma das mais típicas atividades agro-industriais do país. O Brasil é o maior produtor de laranja do mundo, sendo em 2010 responsável por 33% da produção mundial (AGRIANUAL, 2010). O estado de São Paulo é considerado referência em citricultura e se destaca como maior produtor nacional, participando com 87% da produção brasileira na safra 2008/2009 (AGRIANUAL, 2008). Para a safra 2010/2011 é esperada uma produção de aproximadamente 280 milhões de caixas de 40,8 kg (AGRIANUAL, 2010).

A irrigação é uma técnica que tem sido adotada de forma crescente pelos citricultores nos últimos anos, a qual tem proporcionado maior produtividade e precocidade da produção, sendo constatado por Coelho et al. (2000), incrementos de 35 a 75% na produção dos frutos.

Concomitantemente, com o uso da irrigação, também tem sido adotada a fertirrigação. A fertirrigação é uma técnica que consiste na prática da fertilização aliada á irrigação, sendo que uma das principais vantagens desta consiste na melhoria da eficiência da adubação, pois possibilita o maior parcelamento desta, reduzindo assim perdas por lixiviação, além de permitir um melhor ajuste da adubação com relação às exigências das plantas quanto aos seus estádios fenológicos (SALOMÃO, 1999).

A fertirrigação é uma técnica que foi adotada de forma muito rápida, o que fez com que a prática se adiantasse às investigações. Com a falta de informações, o seu uso tem sido feito de forma inadequada, fato que tem provocado muitos problemas e o desestímulo da sua utilização por parte de alguns produtores.

Na fertirrigação, em geral, efetua-se a aplicação de quantidades preestabelecidas de fertilizantes, sem o monitoramento constante da quantidade de nutrientes presentes no solo e nas plantas (PAPADOPOULOS, 1999). Isso se deve principalmente ao elevado custo e ao longo período de obtenção dos resultados das análises laboratoriais normalmente empregadas, que geralmente são feitas quando identificado algum problema (JIMÉNEZ et al., 2006).

Uma atenção especial deve ser dada ao nitrogênio e ao potássio, devido a importância do equilíbrio nutricional destes elementos na obtenção de maiores produtividades e de frutos de melhor qualidade, como observado por Quaggio et al. (2006).

A maneira mais utilizada para a realização da recomendação de adubação nitrogenada e potássica tem sido feita através dos resultados de análise de solo e foliar. Porém, tais métodos apresentam alto custo e uma determinada demanda de tempo, desde a coleta das amostras, até a obtenção de resultados. Portanto, há o interesse pela utilização de ferramentas auxiliares a estes métodos, que proporcionem a obtenção de informações mais rápidas sobre as condições de solo e estado nutricional das plantas, possibilitando a realização de ajustes imediatos no manejo da adubação, de modo a aumentar a eficiência do uso dos nutrientes aplicados.

Algumas técnicas tem sido estudadas e utilizadas por alguns produtores, como as medidas de pH, condutividade, teor de nutrientes na solução do solo com equipamentos portáteis, a medida da intensidade da coloração verde das folhas para o diagnostico do nitrogênio e a determinação da concentração de nutrientes na seiva. Estes métodos têm revelado ótimos resultados que têm comprovado a viabilidade do seu uso em cultivos fertirrigados.

Recomendações e trabalhos relacionados com estas medidas são muito escassos, necessitando atenção especial quanto a pesquisas, por serem métodos promissores de diagnóstico nutricional de cultivos. Portanto, neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito de cinco doses de N e K_2O fornecidas via fertirrigação, sobre a produção e estado

nutricional de laranjeiras, e observar a sensibilidade das técnicas de análise da seiva, análise do teor de clorofila e solução do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Adubação nitrogenada e potássica em citros

A manutenção de altas produtividades requer um manejo nutricional adequado dos pomares, estabelecido com base em informações relacionadas ao desenvolvimento da planta, produção de frutos e aos teores de nutrientes nas folhas, no solo e seu suprimento através da adubação (MATTOS JÚNIOR et al., 2009).

Dentre estes nutrientes, pode-se citar o nitrogênio (N) e o potássio (K). O N é um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas, sendo este um importante constituinte de proteínas, ácidos nucléicos e muitos outros componentes celulares, incluindo membranas e diversos hormônios vegetais (SOUZA; FERNANDES, 2006).

O K apresenta importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais, ativando mais de 60 enzimas (MEUGER, 2006).

Na constituição da laranjeira, o nutriente requerido em maior quantidade é o cálcio (Ca), seguido pelo N e pelo K, cerca de 72,9% do N e 55,4% do K contidos nas plantas estão presentes nas folhas, galhos, tronco e raízes,

sendo 27,1% do N e 44,6% do K exportados pelos frutos. Cada tonelada de fruto tem 1,2 kg de N e 1,5 kg de K (MATTOS JÚNIOR et al., 2003).

Tanto o N como o K apresentam grande contribuição para o aumento da produtividade dos citros. Quaggio et al. (2006) observaram a elevação do número de frutos, da produtividade e do teor de sólidos solúveis com o adequado suprimento de N, porém, constataram a redução do peso dos frutos com a elevação das doses. No mesmo trabalho os autores recomendaram o uso de doses mais elevadas de N para produção de frutos destinados a indústria, devido a maior produção de sólidos solúveis por área, e menores dosagens para produção de frutos destinados ao mercado 'in natura', devido a preferência dos consumidores por frutos maiores.

Com o aumento da dose de K Quaggio et al. (2006) constataram maiores produtividades devido ao aumento do tamanho dos frutos, porém, houve a redução da produção de sólidos solúveis, em função da elevação do tamanho dos frutos e da espessura da casca.

A partir destes resultados, Quaggio et al. (2006), recomendam a aplicação de uma menor quantidade de K para os frutos destinados á indústria, pois o mais importante para este fim é a quantidade de sólidos solúveis produzidos por hectare, já para a produção de frutos destinados ao consumo "in natura", recomendam a adoção de maiores doses de K, uma vez que os frutos maiores são mais apreciados pelos consumidores. Além disso, a característica de produção de frutos com casca espessa é muito importante para frutos destinados a mesa, devido à redução de perdas pós-colheita.

Em diversos trabalhos não foram constadas diferenças significativas quanto a adubação nitrogenada e potássica na produção de frutos de laranja (ALMEIDA e BAUMGARTNER, 2002; DUENHAS et al., 2002; DUENHAS, et al., 2005 e RAGOSO et al., 2009). Estes autores justificam este comportamento em função dos citros armazenarem grande quantidade de nutrientes em órgãos de reserva, que podem ser redistribuídos para estruturas em desenvolvimento, como frutos, folhas e brotações novas. Assim, com a redução de fornecimento de nutrientes advindos da adubação, as plantas acabam utilizando os nutrientes contidos nos órgãos de reserva, resultantes das adubações adjacentes, o que faz com que não haja perdas de produtividade de imediato.

Com relação as recomendações de adubação para citros no Estado de São Paulo têm-se as recomendações de Quaggio (1997), Quaggio et al. (2005) e a mais atual de Mattos Júnior et al. (2009). Estas informações para recomendação são baseadas em resultados experimentais de cultivos de citros em sistema de sequeiro, com a adubação sólida parcelada em três aplicações, porém, a adubação via fertirrigação se apresenta mais eficiente.

Em um experimento conduzido por Boaretto et al. (2007) foram observados índices de eficiência do N aplicado de 20 a 27% em pomar de laranjeira 'Pêra', em que a adubação foi efetuada através da adubação sólida e parcelada em três aplicações, 40% em setembro, 30% em novembro e 30% em abril, conforme a recomendação convencional.

Em condições de fertirrigação por gotejamento Quiñones et al. (2003) constataram eficiência de 75% do N aplicado em cultivo de laranjeiras, indicando uma eficiência três vezes superior ao sistema de adubação convencional, o que pode sugerir uma menor necessidade de aplicação do nutriente para a manutenção da produtividade.

Com relação ao K, o seu grau de aproveitamento pelas plantas se apresenta em torno de 50% (CRESTE, 2005), porém, no sistema de fertirrigação por microirrigação Papadopoulos (2001), relata a eficiência de absorção do adubo aplicado, na ordem de 80 a 90%.

Esta maior eficiência também foi constatada por Ragoso et al. (2009), que avaliando os teores nutricionais em laranjeiras 'Valência', em função de doses de N, P e K em sistema fertirrigado e não fertirrigado, observaram que a fertirrigação proporcionou maior eficiência nutricional quando comparada à adubação convencional. Ragoso et al. (2009) também observaram que o tratamento correspondente a metade da dose recomendada foi o que promoveu o melhor desempenho.

Além da eficiência da aplicação dos nutrientes nos diferentes métodos, outro fator que merece atenção especial é o porta-enxerto. Quaggio et al. (2006), observaram menores respostas quanto a adubação nitrogenada na combinação de variedade de copa laranjeira 'Valência' e porta-enxerto limoeiro 'Cravo' em relação a combinação variedade de copa laranjeira 'Pêra' porta-enxerto tangerina 'Cleópatra'. Quaggio et al. (2006) justificaram esta diferença devido a maior resistência do limoeiro 'Cravo' ao déficit hídrico e maior eficiência do mesmo á absorção de nutrientes em relação a tangerineira 'Cleópatra'.

Quaggio et al. (2004) observaram variação quanto ao tamanho das plantas em um estudo comparando diferentes combinações de copa/porta-enxerto. O porta-enxerto citrumelo 'Swingle' proporcionou menor tamanho de copa em relação às plantas advindas dos porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', consequentemente a eficiência de rendimento de frutos por metro cúbico de copa também foi afetada, sendo superior no limoeiro citrumelo 'Swingle'.

2.2 Dificuldades quanto à recomendação da adubação na fertirrigação

A utilização da fertirrigação na cultura de citros tem sido adotada de forma crescente pelos produtores (VILLAS BÔAS et al., 2001). Esta prática apresenta muitas vantagens, como: o aproveitamento dos equipamentos de irrigação, economia de mão-de-obra, distribuição uniforme dos fertilizantes, eficiência do uso e economia de fertilizantes.

A fertirrigação foi adotada de forma muito rápida, sendo que por falta de informações e utilização inadequada, ocasionou muitos problemas, provocando a redução da produtividade e o desestímulo de uso por parte de alguns produtores. O manejo inadequado da fertirrigação pode provocar diminuição da produtividade e da qualidade de frutos em função do desequilíbrio nutricional, além do desperdício de água e fertilizantes, salinização dos solos em função da aplicação excessiva e contaminação de mananciais por meio da lixiviação de nutrientes (VILLAS BÔAS et al., 2001).

Tais problemas normalmente ocorrem em função da aplicação de quantidades preestabelecidas de fertilizantes (pacotes de recomendação), sem o monitoramento do estado nutricional da planta durante o período de cultivo (BLANCO, 2004).

Além disso, pode-se ressaltar a falta de recomendações de adubação para citros quando se utiliza a técnica de fertirrigação, pois as recomendações de adubação para o estado de São Paulo (QUAGGIO, 1997; QUAGGIO et al., 2005 e MATTOS JÚNIOR et al., 2009) foram baseadas em sistema de cultivo de sequeiro, e a aplicação de fertilizantes através da fertirrigação proporciona maior eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas.

No cultivo fertirrigado, diferente do convencional, ajustes na adubação podem ser feitos ao longo de todo o ciclo, portanto, são necessárias pesquisas que levantem informações mais rápidas e precisas sobre as condições do solo e o estado

nutricional das culturas em cada período de seu desenvolvimento (SALOMÃO, 1999), possibilitando, assim, ajustes no programa de adubação de modo a aumentar a eficiência de uso dos nutrientes aplicados.

2.3 Alternativas que melhorem a recomendação das doses e do parcelamento dos nutrientes aplicados via fertirrigação.

A recomendação de adubação em citros tem sido baseada na produtividade esperada e nos resultados de análise de solo e foliar (MATTOS JÚNIOR et al., 2009). Tais métodos apresentam viabilidade questionável quanto a sua utilização, em função do alto custo e da demanda de grande quantidade de tempo, desde a coleta das amostras, até a obtenção de resultados (JIMÉNEZ et al., 2006). Portanto, há interesse por ferramentas que possibilitem a obtenção de informações mais rápidas sobre as condições do solo e do estado nutricional das plantas.

2.3.1 Análise de seiva

A análise de seiva é um método que consiste na análise do líquido extraído dos tecidos condutores da planta. Nesta análise obtém-se o extrato de uma parte específica da planta (geralmente o pecíolo), que pode ser analisado em laboratório ou no próprio campo, utilizando kits específicos para análise (GODOY et al., 2010).

Esta técnica tem sido considerada uma nova ferramenta para determinar e quantificar o que a planta está absorvendo no momento da amostragem, conforme observado por Lozano (1996), citado por Cadahía e Lucena (1998). Segundo estes últimos autores é uma técnica bastante precisa e sensível para se determinar a demanda por nutrientes de plantas lenhosas nos diferentes estádios fenológicos, que é a base fundamental do programa de nutrição via fertirrigação. A determinação química da análise da seiva é vantajosa, devido a sua rapidez e precisão, tornando mais ágeis as mudanças na adubação, quando necessárias.

De acordo com Candahía e Lucena (2005), este método apresenta várias vantagens em relação á análise foliar como: reflete a concentração de nutrientes no

momento da coleta de amostra e não durante um período que antecede a mesma; possibilidade de realizar correções de nutrição rapidamente após determinar a diminuição da concentração dos nutrientes na seiva; possibilidade de controle de deficiências e excessos de nutrientes em cada momento fenológico e de definir níveis de referência para o diagnóstico de nutrição; relacionar os nutrientes da seiva, com as características do tipo de solo, com a finalidade de conhecer a causa de um problema de nutrição; a análise da seiva é menos afetada pelos efeitos de concentração, diluição e principalmente idade das folhas em relação às análises foliares, portanto oferece um diagnóstico mais correto.

A análise de seiva é utilizada em outros países. Nos Estados Unidos Hochmuch (1994) recomenda faixas adequadas de concentrações de N-NO_3 e K para as culturas do melão, pepino, berinjela, pimentão, batata, abóbora, tomate e melancia, nas diferentes fases de desenvolvimento.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos no Brasil, utilizando a análise de seiva como um método de avaliação do estado nutricional das plantas, em culturas como alface (FREIRE et al., 2008), tomate (RONCHI et al., 2001; BLANCO, 2004), (FOLEGATTI et al., 2005; FERREIRA e FONTES, 2011), batata (MOREIRA et al., 2011), repolho (MOREIRA; VIDGAL, 2009), pimentão (SILVA, 2002), rúcula (PURQUEIRO, 2005), videira (TECCHIO et al., 2011) e citros (SOUZA, 2010).

2.3.2 Determinação indireta do teor de clorofila com auxílio do clorofilômetro

Uma das maiores dificuldades quanto à recomendação de adubação está relacionada ao nitrogênio, pois a complexidade das reações do N no solo dificulta o diagnóstico da sua disponibilidade, portanto, a análise de solo, não é considerada um bom parâmetro para a sua recomendação (CANTARELLA, 2007).

A recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do citros é baseada em resultados de análise foliar e produtividade esperada (QUAGGIO, 1997; QUAGGIO et al., 2005 e MATTOS JÚNIOR et al., 2009).

O teor de clorofila na folha é utilizado para predizer o nível nutricional de nitrogênio (N) em plantas, devido ao fato de a quantidade desse pigmento correlacionar-se positivamente com teor de N na planta (BOOIJ et al., 2000). Essa relação é

atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70 % do N total das folhas serem integrantes de enzimas que estão relacionadas com os cloroplastos (CHAPMAN; BARRETO, 1997).

Os métodos utilizados em laboratórios para a determinação do teor de clorofila são muito demorados e trabalhosos, mas com a medição através de um medidor portátil (Minolta SPAD-502, Minolta Corporation LTD, Osaka, Japão, 1989) que mensura a intensidade da coloração verde da folha é possível obter valores indiretos do teor de clorofila das folhas, de um modo rápido e fácil.

Com a utilização de aparelhos portáteis que efetuam a medida indireta do teor de clorofila, é possível obter a quantidade de N presente na folha, no momento da análise, assim, proporcionando dados necessários para a adequação da adubação nitrogenada de forma imediata (GODOY et al., 2010).

O medidor SPAD-502 possibilita a amostragem de uma área de produção em minutos, obtendo resposta imediata sobre sua situação. Este aparelho pode não ser acessível para alguns produtores em função do seu alto custo, porém, pode ser utilizada por grandes produtores, empresas de consultoria, associações ou cooperativas de produtores (PIEKIELEK et al., 1992).

Além de oferecer uma estimativa do teor de N nas folhas, o aparelho tem a vantagem de apresentar baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N pelas plantas, em função da forma com que esse nutriente se encontra. O N absorvido em excesso acumula-se na forma de nitrato, que não se associa a molécula de clorofila, sendo o mesmo não quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER, 1995).

Para a utilização da medida indireta de clorofila como auxiliar no manejo da adubação, várias metodologias podem ser utilizadas, dentre as quais destacam-se a determinação de um índice crítico associado ao teor crítico de N na folha ou a máxima produtividade e o índice de suficiência de nitrogênio (ISN) (GODOY et al., 2010).

O (ISN) é um método pelo qual se faz a relação entre a medida do clorofilômetro nas plantas da lavoura e a medida das plantas de referência (sem deficiência de N), onde o fertilizante nitrogenado é aplicado somente quando o ISN for menor do que 0,95 (GODOY et al., 2010).

Este índice reduz a interferência de outros fatores, pois os dados de referência são resultantes de plantas da própria lavoura, conduzidas nas mesmas condições de

solo, clima, e manejo, onde a diferença da medida só pode ser atribuída ao nitrogênio, sendo este um método recomendado por Godoy et al. (2003) e Godoy et al. (2008).

O clorofilômetro tem sido utilizado para várias frutíferas como uma ferramenta auxiliar na indicação da necessidade de N sendo observados resultados nacionais para goiabeira (SOUZA et al., 2011), (ROZANE et al., 2009), videira (TECCHIO et al. 2011), caramboleira (LEAL, et al., 2007), maracujazeiro (SANTOS et al., 2011) e citros (SOUZA, 2010).

2.3.3 Análise da solução do solo

A absorção dos nutrientes N, P e K pelas plantas ocorre na forma iônica dos mesmos, que estão dissolvidos na solução do solo, portanto, as determinações da concentração desses íons em solução do solo nos fornecem estimativas da taxa de perdas e ganhos desses nutrientes, bem como, a ocorrência de lixiviação e uma posterior contaminação de recursos hídricos pelos mesmos (CRUZ et al., 2008).

O conhecimento da composição química da solução do solo, bem como a da sua condutividade elétrica é muito importante para verificar a disponibilidade de nutrientes, o potencial osmótico e a presença de íons tóxicos na solução do solo, ao longo do ciclo de uma cultura (BURGUEÑO, 1996). Estas informações também são interessantes para auxiliar nas estimativas da taxa de intemperismo, na taxa de ciclagem de elementos químicos e na lixiviação de nutrientes no campo (MIRANDA et al., 2006).

Através do monitoramento da solução do solo é possível obter informações que auxiliem na tomada de decisão atentando-se para as quantidades de fertilizantes necessárias no momento da fertirrigação, principalmente no caso do N e do K (SILVA, 2002).

Uma das ferramentas que podem ser utilizadas na obtenção da solução do solo é o extrator de solução provido de cápsula porosa que apresenta vantagens por ser um aparelho de manejo fácil e custo relativamente baixo, além disso, o extrato obtido não requer tratamentos prévios ás determinações físico-químicas e a quantificação de seus componentes (MORAES; DYNIA, 1990).

Salomão (2009), também recomenda o uso do extrator de solução no monitoramento da quantidade de íons da solução do solo, bem como o uso de equipamentos portáteis que mensuram a concentração de nitrato, potássio e condutividade elétrica, devido a coerência dos resultados obtidos em seu estudo.

Os extratores de solução têm sido muito utilizados em cultivo protegido, pois tem proporcionado bons resultados e evitado problemas de salinização e desequilíbrio nutricional das plantas (DIAS et al., 2006).

Este instrumento também apresenta uso promissor em cultivos a céu aberto, principalmente quanto a detecção de problemas relacionados à acidificação, salinização e manejo nutricional de pomares fertirrigados. Ótimos resultados foram observados nas culturas dos citros (SOUZA et al., 2006; SOUZA, 2010), maracujá (MORAES et al., 2011) e bananeira (ANDRADE NETO, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O presente experimento foi conduzido na fazenda Emu, pertencente á Citrovita-Votorantim/Agroindústria, localizada no município de Reginópolis – SP, à latitude de 21º49’45” sul, longitude de 49º08’27” oeste e altitude de 460 m.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, clima mesotérmico tropical de altitude, com inverno seco e temperatura média do mês mais quente superior a 22ºC.

O pomar era composto por laranjeiras da variedade ‘Valência’ sobre o porta-enxerto citrumelo ‘Swingle’, com 8 anos, em espaçamento de 7 x 4 m. Conforme as recomendações da EMBRAPA (2006), o solo do local foi classificado como ArgissoloVermelho-Amarelo distrófico.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

A dose correspondente ao Tratamento 4 (100% da recomendação) foi de 220 kg de N ha^{-1} e 140 kg de K_2O ha^{-1}. O N e K_2O foram aplicados respectivamente nas formas de nitrato de amônio (33% de N) e cloreto de potássio branco (60% K_2O). Não se fez a adubação fosfatada, devido ao alto teor de fósforo contido no solo (acima de 30 mg dm^{-3}).

As parcelas foram constituídas por três linhas de doze plantas, sendo avaliadas apenas as dez plantas da linha central, a bordadura era formada pelas duas linhas laterais e pelas duas plantas nos extremos da linha central, com o intuito evitar a contaminação entre os tratamentos.

3.3 Manejo de adubação e calagem

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de N e K_2O, estabelecidas com base no histórico de análises de solo, folha e produtividade esperada (acima de 50 t ha^{-1}) (QUAGGIO et al., 2005). Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: Tratamento 1: 0% da recomendação convencional; Tratamento 2: 25% da recomendação convencional; Tratamento 3: 50% da recomendação convencional, Tratamento 4: 100% da recomendação convencional e Tratamento 5: 200% da recomendação convencional.

A aplicação dos fertilizantes foi realizada através da fertirrigação, via sistema de irrigação por gotejamento. Os fertilizantes eram pré-diluidos em tambores plásticos com água, e a injeção desta solução no sistema de irrigação era feita com a ajuda de injetor de solução do tipo “Venturi”. As adubações foram efetuadas durante 32 semanas no ano, desde o início de setembro até o final do mês de abril, em duas aplicações semanais, atingindo 64 aplicações durante o ciclo.

O parcelamento da adubação foi feito da seguinte forma: 25% da dose de N e K_2O foi aplicada nos meses de setembro e outubro, 50% nos meses de novembro a março e 25% em abril.

A calagem foi realizada com o intuito de elevar a saturação de bases a 70% em todos os tratamentos e dividida em duas aplicações, metade da dosagem aplicada em setembro e a outra metade em dezembro. A aplicação do calcário foi realizada na faixa molhada atingida pelo sistema de irrigação por gotejamento (80 cm). Este direcionamento da calagem deve-se a maior acidificação do solo na faixa molhada, que é proporcionada pela localização dos fertilizantes aplicados pelo sistema de irrigação.

3.4 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento. A irrigação foi efetuada nos meses de setembro de 2010 a abril de 2011. A mesma não foi realizada nos meses de maio a agosto, devido a necessidade das plantas cítricas serem submetidas a um período de estresse hídrico, para obtenção de uma boa florada.

As parcelas possuíam uma linha de tubo gotejadores, instalada ao lado do tronco das árvores, paralelamente a linha de plantio. A mangueira de gotejo apresentava emissores autocompensantes, com vazão de 2,3 L h^{-1} espaçados entre si a 0,6 m, trabalhavam com pressão de serviço entre 5 a 30 mca e proporcionavam uma faixa irrigada de 0,8 m de largura (Figura 1).

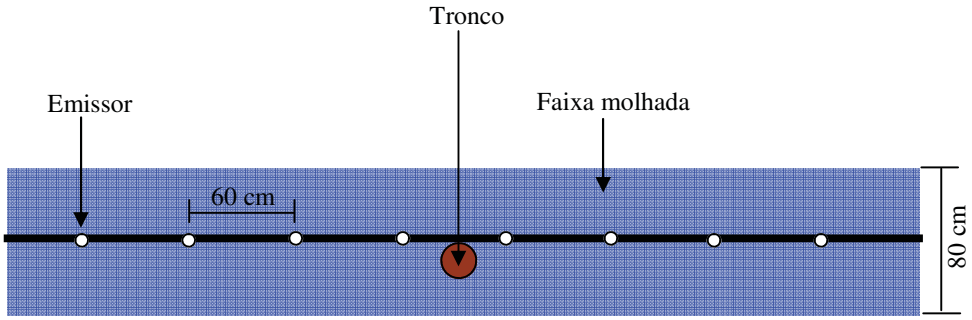

Figura 1. Localização da linha de gotejo, caracterização da posição dos emissores e da faixa molhada. Botucatu, SP. 2011.

A umidade do solo foi monitorada por meio de tensiômetros. Estes foram instalados em três baterias compostas por três tensiômetros cada uma, sendo posicionados na projeção da copa, a 20 cm do emissor e nas profundidades de 30, 60 e 90 cm.

A irrigação foi realizada com o intuito de manter na capacidade de campo nos tensiômetros localizados a 60 cm de profundidade (Figura 2).

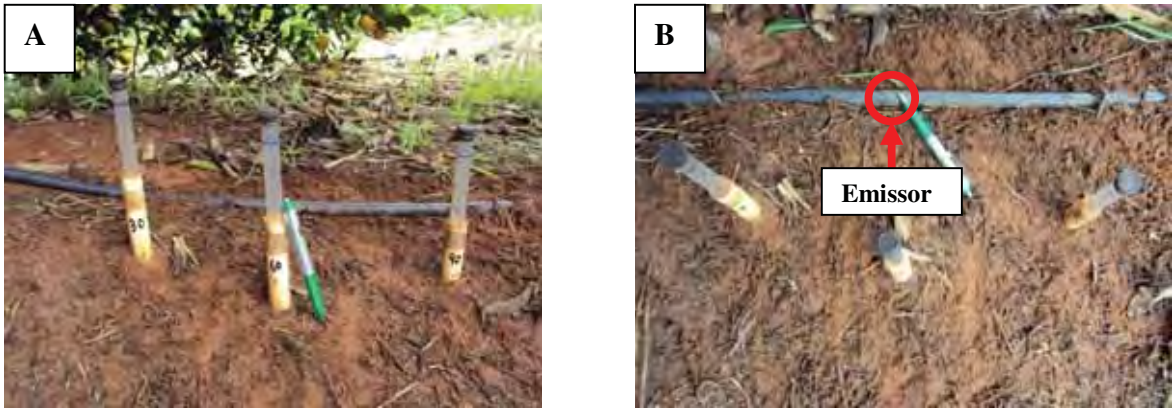

Figura 2. Tensiômetros instalados em três profundidades (A), localização dos tensiômetros em relação ao emissor (B). Botucatu, SP. 2011.

A análise granulométrica e a curva de retenção de água foram feitas de amostras de solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, de acordo com os métodos descritos por Camargo (1986), sendo utilizadas amostras indeformadas para a determinação da curva de retenção. A curva de retenção de água foi ajustada pelo modelo proposto por Van Guenuchten (1980), (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1. Resultado da análise de textura do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Botucatu, SP. 2011.

Profundidade	**Areia**	**Silte**	**Argila**	**Textura do solo**
cm	----------	g kg^{-1}	----------	
0-20	819	131	51	Arenosa
20-40	827	125	49	Arenosa
40-60	802	146	53	Arenosa

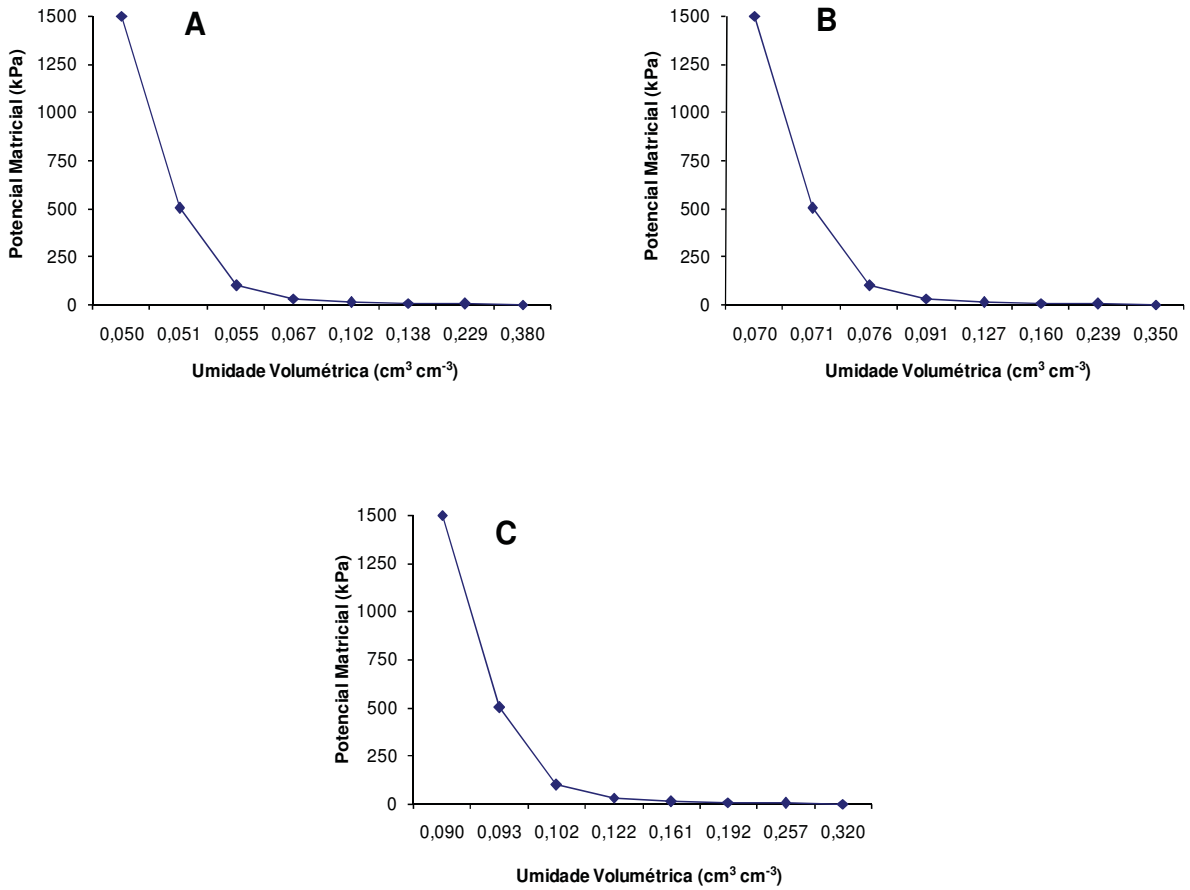

Figura 3. Curva de retenção de água no solo nas profundidades 0-20 (A), 20-40 (B) e 40-60 cm (C). Botucatu, SP. 2011.

3.5 Precipitação e temperatura

Os dados de precipitação ocorrida na Fazenda Emu durante os meses de condução do experimento podem ser visualizados na Figura 4. Estes resultados foram obtidos através da leitura de pluviômetros localizados na fazenda.

Os dados de temperatura máxima, mínima e média mensal durante o período de realização do experimento, podem ser observados na Figura 5. Estes dados foram obtidos do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (UNESP) localizado em Bauru-SP, cidade próxima do local onde foi desenvolvido o trabalho.

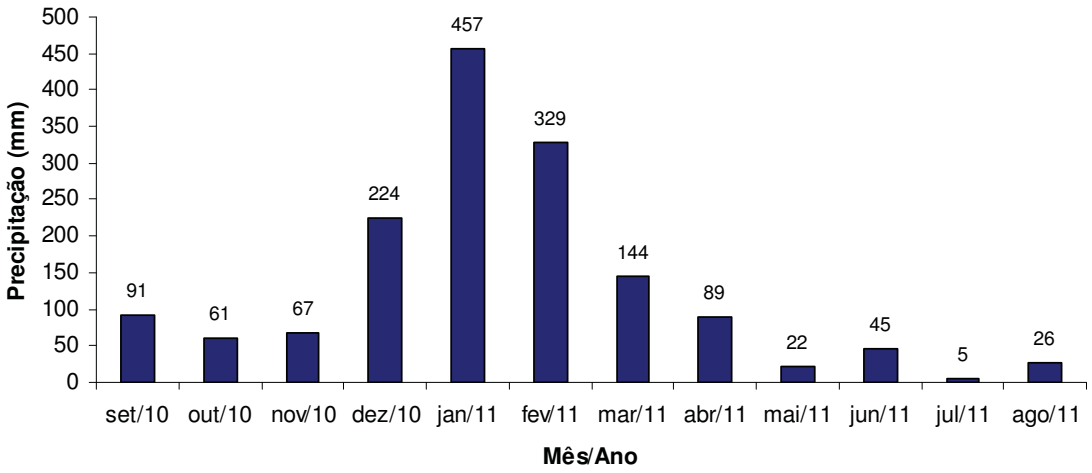

Figura 4. Precipitação acumulada nos meses durante o período de realização do ensaio. Botucatu, SP. 2011.

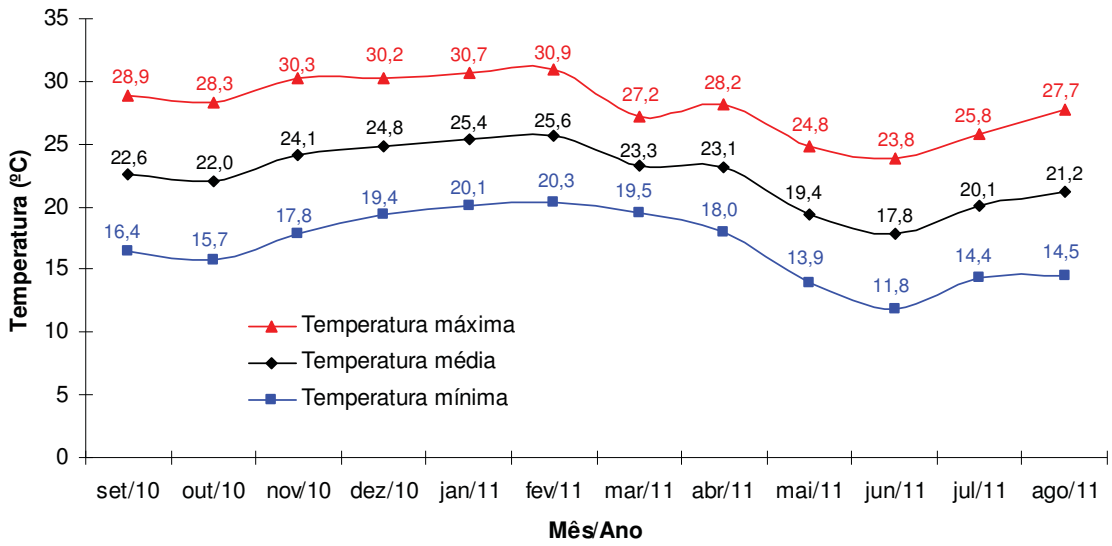

Figura 5. Temperaturas máxima, mínima e média dos meses durante período de realização do experimento. Botucatu, SP. 2011.

3.6 Análises realizadas durante o ensaio

3.6.1 Amostragem e análise de solo

A amostragem do solo foi realizada após o término das fertirrigações,

sendo uma efetuada em junho de 2010 (referente à safra 2009/2010) e outra realizada em junho de 2011 (referente à safra 2010/2011) nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, estas amostras foram retiradas na projeção de copa e a 20 cm do emissor de gotejo. As amostras foram obtidas através da homogeneização de cinco amostras simples de cada parcela.

As amostras de solo foram submetidas a secagem e passadas em peneira de malha 2 mm, sendo depois efetuadas as análises de matéria orgânica, pH, H+Al, macro e micronutrientes, pelas metodologias descritas por Raij et al. (2001). Com a posse destes resultados, também foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%).

3.6.2 Amostragem e análise da solução do solo

O monitoramento da concentração de íons da solução do solo foi efetuado através de extratores de solução do solo. Foram instalados dois extratores de solução por parcela, nas profundidades de 30 e 60 cm a 20 cm do emissor, totalizando 40 extratores.

As coletas de solução do solo foram realizadas a cada 30 dias, nos meses em que era feita a irrigação, ou seja, de setembro de 2010 a abril de 2011. Para a coleta de solução do solo foi aplicada uma tensão de aproximadamente 80 kPa nos extratores 12 a 16 horas após a fertirrigação, e cerca de 6 a 8 horas após a aplicação da tensão, foi efetuada a coleta da solução com o auxílio de uma seringa (Figura 6).

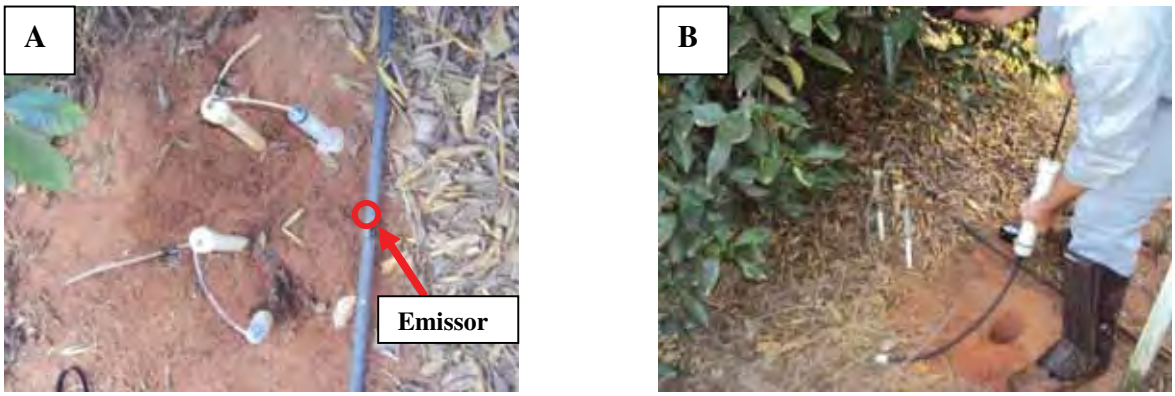

Figura 6. Posição dos extratores de solução do solo em relação ao emissor (A), aplicação de tensão nos extratores através de bomba de vácuo (B). Botucatu, SP. 2011.

Na solução extraída foram determinados os valores de pH, condutividade elétrica, nitrogênio mineral (NO^-_3 e NH^+_4) e os teores de macro e micronutrientes, que foram determinados diretamente sem filtragem ou digestão, de acordo com os métodos descritos por Raij et al. (2001).

3.6.3 Amostragem e análise de folhas

Para a análise foliar foram feitas duas coletas, uma em março de 2010 e outra em março de 2011, retirando-se a 3ª e a 4ª folhas de ramos que continham fruto terminal com 2 a 4 cm de diâmetro. Foram coletadas quatro folhas por planta, na altura mediana, em dois quadrantes por planta de forma alternada, totalizando 40 folhas por parcela (Figura 7).

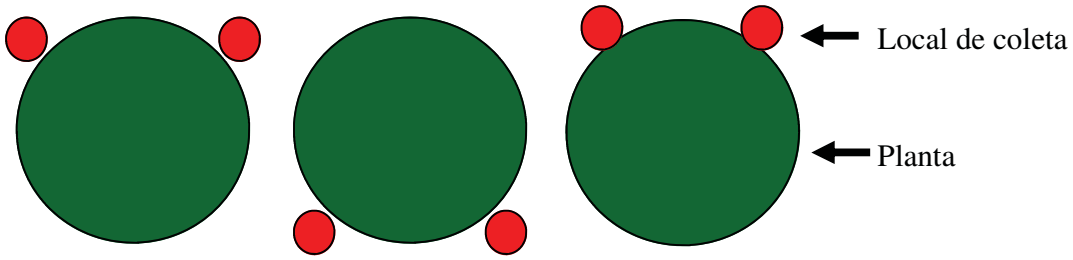

Figura 7. Esquema de coleta de folhas nas plantas avaliadas. Botucatu, SP. 2011.

As folhas foram lavadas sequencialmente com uma solução de água e detergente (0,1% v/v) e depois em água corrente e deionizada. Após a lavagem, as mesmas foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada com temperatura entre 60 e 65ºC até atingirem peso constante, sendo depois moídas e passadas em peneira de malha de 1 mm. Depois de processadas, essas amostras foram submetidas à análise de macro e micronutrientes conforme os métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

3.6.4 Avaliação da intensidade de coloração verde das folhas

A obtenção da intensidade da coloração verde das folhas foi realizada com o auxílio do equipamento SPAD - 502 da empresa Minolta, que realiza esta determinação

de forma instantânea (Figura 8). No total, foram feitas 12 leituras, sendo uma para cada mês.

Para esta avaliação, foram efetuadas leituras na 3ª e 4ª folhas de ramos que continham fruto terminal (Figura 8). A posição de coleta das folhas em relação as plantas foi a mesma utilizada para a análise foliar, sendo retiradas quatro folhas por planta, na altura mediana da planta, em dois quadrantes por planta de forma alternada, totalizando 40 folhas por parcela.

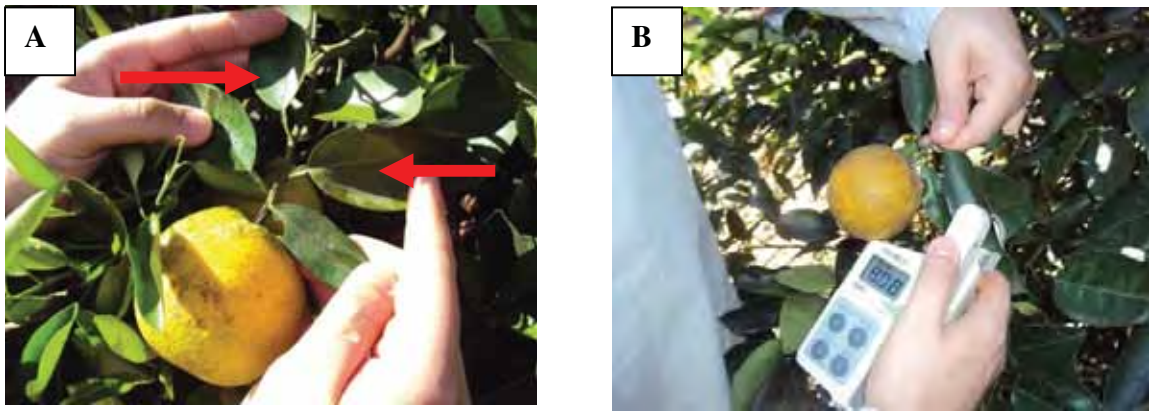

Figura 8. Folhas analisadas (A), medida com o aparelho SPAD – 502 da Minolta (B). Botucatu, SP. 2011.

A partir da leitura da intensidade coloração verde das folhas (índice SPAD) foi determinado o Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), que foi calculado pelo coeficiente entre o valor SPAD encontrado nas parcelas e o de outra que recebeu alta dose de N (Área de referência), durante o período de adubação. Os valores encontrados no tratamento referente a dose de 200% em relação a recomendação, foram considerados como referência para o cálculo deste índice.

3.6.5 Análise de "Seiva"

Para a determinação da análise da solução, extraída da brotação nova com éter etílico, que neste trabalho foi denominada de seiva. Foram coletados 40 ramos de brotação nova, por parcela, mensalmente durante os meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Considerando as 10 plantas úteis, retirou-se um ramo por quadrante, na altura mediana

da planta (Figura 9), sempre no período da manhã. As folhas foram separadas do ramo no campo e estes foram acondicionados em sacos de papel e levados ao laboratório em caixas de isopor. A seiva foi retirada, segundo a metodologia descrita por Cadahía e Lucena (2005) e adaptada por Souza (2010).

Figura 9. Ramo de brotação nova retirado para a análise de seiva. Botucatu, SP. 2011.

No mesmo dia da coleta os ramos eram limpos com gaze umedecida em água destilada, secos sobre papel toalha, cortados em frações de 1 a 2 cm e introduzidos em éter etílico padrão analítico para interromper o metabolismo e extrair a seiva. A quantidade de éter etílico utilizada era o suficiente para cobrir os ramos. Após este procedimento as amostras foram congelas por um período de 15 dias, aproximadamente, em freezer convencional (temperatura de -15°C).

Após o descongelamento das amostras, todo o material foi colocado em um funil de separação, para separar o éter etílico da seiva, pois as duas substâncias não se misturam. A seiva, por ser mais densa ficava na parte inferior do funil. Os 40 ramos coletados proporcionavam, aproximadamente de 2 a 5 ml de seiva, dependendo do mês de amostragem.

Para a determinação dos macro e micronutrientes, a seiva foi previamente diluída em água na proporção 1:10, não foi filtrada, e as análises foram realizadas em espctrofotômetro de plasma de argônio.

3.6.6 Produção

O ponto de colheita foi determinado com o mesmo critério utilizado na fazenda, sendo a mesma realizada em setembro de 2011. A produção foi determinada através da massa e do número de frutos, sendo efetuada a multiplicação do número de frutos por planta pela massa média dos frutos, obtendo-se a produção em kg planta^{-1}. Este valor foi multiplicado pelo número de plantas em um hectare, obtendo-se assim a produção em kg ha^{-1}.

Para a quantificação do número de frutos foram utilizadas cinco plantas úteis por parcela e para a obtenção da massa média de frutos, foram coletados 40 frutos das 10 plantas úteis de cada parcela, retirando-se quatro frutos representativos por planta.

3.7 Análise estatística dos resultados

Os dados foram submetidos à análise de variância. Os valores relacionados com o comportamento das variáveis durante os meses de avaliação foram submetidos ao teste de Tukey à 5% de probabilidade, sendo os referentes as doses, submetidos a análise de regressão. Estudos de correlação foram feitos entre os resultados de análise de seiva, foliar e de solução do solo. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de solo

De acordo com os resultados da análise de solo de junho de 2010 (após quatro safras de experimentação e início dos resultados desta dissertação) na profundidade de 0-20 cm observa-se a redução dos valores de pH e V% e a elevação dos teores de H+AL, K, S, B, Cu, Fe e Zn, na profundidade de 20-40 cm constata-se a redução do pH e aumento de P, H+Al, K, S, CTC, Fe e Zn, na profundidade de 40-60 cm observa-se o decréscimo dos valores de pH, Mg e V% e o acréscimo dos teores de P, H+Al, S, B, Fe, Zn, da CTC e da V% em função do aumento das doses de N e K_2O aplicadas (Tabela 2).

Nos resultados da análise de solo após a finalização das adubações (junho de 2011), houve a redução dos valores de pH e o acréscimo dos valores de H+Al, K, S, B e Fe na profundidade de 0-20cm, o decréscimo do pH e a elevação dos teores de K, S, B e Fe na profundidade de 20-40 cm e a redução do pH, Mg e V% e a elevação da concentração de H+Al, K, S e Fe, na profundidade de 40-60 cm (Tabela 3).

Tabela 2. Resultado da análise de solo de junho de 2010 nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	pH	M.O.	P_{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	$CaCl_2$	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------mmol$_c$ dm^{-3}----------					%		----------mg dm^{-3}----------				
Prof. 0-20cm															
0%	5,4	9	83	15	0,7	13	7	38	59	3	0,37	2,2	26	9,0	3,5
25%	5,4	10	67	15	1,0	16	10	46	65	5	0,55	1,9	33	8,0	6,1
50%	5,0	11	106	24	1,1	9	6	45	45	5	0,50	2,8	86	7,2	12,6
100%	5,1	12	69	22	1,0	13	6	39	53	6	0,64	2,2	57	12,0	11,5
200%	4,3	10	94	30	1,1	11	6	48	40	8	0,66	2,2	108	7,8	9,6
Teste F	8,02**	1,70 ^{ns}	1,02 ^{ns}	6,91**	4,65*	2,91 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,34*	9,29**	8,75**	3,33*	5,94**	2,07 ^{ns}	3,79*
C.V. (%)	6,08	18,60	39,74	22,00	16,44	26,64	30,06	17,34	21,50	21,88	14,28	15,82	46,33	30,15	44,81
Regressão	L**	Q*	C ^{ns}	L**	Q*	L ^{ns}	L ^{ns}	L ^{ns}	L*	L**	L**	Q ^{ns}	L**	C*	Q*
R^2	0,88	0,97	0,27	0,85	0,67	0,13	0,22	0,21	0,59	0,97	0,69	0,13	0,69	0,94	0,82
Prof. 20-40cm															
0%	4,7	8	64	21	0,7	6	4	32	35	3	0,54	1,0	50	9,3	3,8
25%	4,7	8	51	21	0,7	9	4	34	35	5	0,94	1,0	50	10,8	4,4
50%	3,9	10	95	33	0,8	3	2	39	17	7	0,80	1,3	118	5,7	6,0
100%	4,2	10	72	28	1,1	5	3	36	23	10	0,84	1,1	91	13,3	10,1
200%	3,8	9	136	38	0,8	6	2	47	20	11	0,79	1,2	138	10,2	12,9
Teste F	3,55*	2,52 ^{ns}	7,66**	4,42*	5,17*	2,48 ^{ns}	1,99 ^{ns}	12,76**	1,82 ^{ns}	14,30**	2,42 ^{ns}	0,62 ^{ns}	8,30**	1,24 ^{ns}	10,0**
C.V. (%)	9,30	15,25	29,02	24,61	19,73	47,74	50,17	8,85	47,89	22,89	24,08	23,67	31,04	50,70	33,39
Regressão	L**	Q*	L**	L**	Q**	Q ^{ns}	Q ^{ns}	L**	L ^{ns}	L**	Q ^{ns}	L ^{ns}	L**	L ^{ns}	L**
R^2	0,74	0,71	0,74	0,73	0,79	0,24	0,62	0,84	0,42	0,87	0,36	0,39	0,68	0,10	0,95
Prof. 40-60cm															
0%	4,2	7	27	25	0,7	2	2	31	17	5	0,69	0,9	38	8,7	2,6
25%	4,1	7	19	25	0,6	3	2	31	20	12	1,2	0,9	37	9,4	5,9
50%	3,8	9	65	35	0,6	2	1	39	10	14	0,9	0,9	80	5,9	5,8
100%	3,8	9	49	34	0,7	2	1	39	10	19	1,0	0,9	72	8,7	6,7
200%	3,6	8	93	41	0,7	3	1	46	11	19	1,0	0,9	108	10,6	10,9
Teste F	6,75**	2,32 ^{ns}	4,81*	7,68**	0,17 ^{ns}	1,61 ^{ns}	3,26*	10,27**	3,58*	6,45**	3,73*	0,10 ^{ns}	9,71**	0,52 ^{ns}	3,62*
C.V. (%)	4,6	15,64	53,41	15,25	28,82	32,91	45,29	10,42	35,33	32,53	20,71	18,85	28,69	55,86	48,79
Regressão	L**	Q ^{ns}	L**	L**	L ^{ns}	Q ^{ns}	L*	L**	L*	L*	C ^{ns}	C ^{ns}	L**	L ^{ns}	L**
R^2	0,79	0,89	0,77	0,79	18,75	0,44	0,62	0,85	0,40	0,66	0,44	0,50	0,82	0,25	48,79

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (ns) não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e Prof. - Profundidade.

Tabela 3. Resultado da análise de solo de junho de 2011 nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	pH	M.O.	P_{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	$CaCl_2$	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------mmol$_c$ dm^{-3}----------					%	----------mg dm^{-3}----------					
Prof. 0-20cm															
0%	5,5	10	61	15	0,8	22	7	42	66	4	0,4	4,2	39	6,1	5,8
25%	5,4	11	64	15	0,8	24	11	52	67	4	0,5	4,6	53	6,5	9,4
50%	5,5	10	38	17	0,8	24	14	56	67	5	0,5	4,4	42	6,8	5,9
100%	5,0	11	74	23	1,2	17	9	50	54	5	0,5	5,4	93	11,1	10,2
200%	4,6	12	59	26	1,9	19	10	57	52	7	0,6	4,5	83	8,5	11,9
Teste F	4,10*	1,23^{ns}	2,47^{ns}	6,18**	6,77*	0,57^{ns}	0,89^{ns}	0,69^{ns}	1,62^{ns}	3,72*	4,51*	0,39^{ns}	10,85**	1,08^{ns}	1,28^{ns}
C.V. (%)	7.61	13,66	28,46	19,61	34,46	38,08	52,91	22,25	19,18	25,07	13,67	30,58	23,83	50,25	54,44
Regressão	L**	L^{ns}	L^{ns}	L**	L**	L^{ns}	Q^{ns}	L^{ns}	L*	L**	L**	Q^{ns}	L**	Q^{ns}	L^{ns}
R^2	0.94	0,89	0,01	0,94	0,96	0,43	0,14	0,41	0,80	0,97	0,96	0,73	0,60	0,72	0,64
Prof. 20-40cm															
0%	4,8	9	63	21	0,6	14	6	41	48	3	0,5	2,4	55	7,0	4,1
25%	4,7	10	64	24	0,8	14	7	46	49	3	0,5	2,6	65	7,0	5,3
50%	4,8	10	58	22	0,9	17	7	47	51	4	0,6	2,6	57	8,2	6,4
100%	4,0	10	108	32	1,0	10	5	49	34	6	0,7	2,3	89	8,3	7,1
200%	4,0	11	93	32	1,7	15	9	58	43	8	0,6	2,5	99	8,9	8,3
Teste F	4,31*	0,91^{ns}	3,02^{ns}	4,20*	18,8**	0,89^{ns}	1,06^{ns}	1,84^{ns}	1,93^{ns}	19,72**	7,08**	0,18^{ns}	7,98**	0,16^{ns}	0,43^{ns}
C.V. (%)	8,71	13,50	32,68	20,63	18,48	34,65	38,05	19,43	21,30	19,03	10,81	24,22	19,21	53,51	78,91
Regressão	L**	L^{ns}	L*	L**	L**	Q^{ns}	L^{ns}	L*	L^{ns}	L**	Q**	L^{ns}	L**	L^{ns}	L^{ns}
R^2	0,79	0,63	0,51	0,75	0,97	0,12	0,28	0,97	0,25	0,98	0,97	0,02	0,85	0,82	0,88
Prof. 40-60cm															
0%	4,2	8	44	25	0,6	9	3	37	34	4	0,6	1,7	52	5,9	1,9
25%	4,3	9	50	25	0,8	11	6	44	41	5	0,6	1,9	56	6,5	6,0
50%	4,4	9	38	25	1,0	11	5	41	41	6	0,7	2,0	52	7,4	4,7
100%	3,8	9	79	34	1,0	7	3	45	25	8	0,7	1,4	72	4,0	2,6
200%	3,7	9	79	35	1,5	7	3	48	27	12	0,8	1,5	88	5,1	2,4
Teste F	9,68*	0,72^{ns}	3,20^{ns}	8,53**	12,38**	2,56^{ns}	1,46*	1,74^{ns}	5,17*	15,58**	2,49^{ns}	0,82^{ns}	6,49**	1,24^{ns}	1,26^{ns}
C.V. (%)	4,79	11,05	38,08	12,55	20,64	29,24	50,55	13,91	18,96	23,05	16,81	32,77	28,69	41,08	88,94
Regressão	L**	L^{ns}	L*	L**	L^{ns}	L^{ns}	L*	L*	L**	L**	L*	L^{ns}	L**	L^{ns}	L^{ns}
R^2	0,79	0,32	0,67	0,80	0,95	0,39	0,14	0,74	0,48	0,99	0,87	0,28	0,90	0,28	0,12

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (ns) não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e Prof. - Profundidade.

A redução do pH e do V% e o aumento da concentração de H+Al, se devem principalmente à acidificação do solo, provocada principalmente pela fonte de N (nitrato de amônio) e de P (ácido fosfórico) utilizados na safra anterior (2009/2010) e da fonte de N (nitrato de amônio) utilizada nesta (2010/2011), que possuem caráter ácido. Além disso, a fertirrigação efetuada via gotejo, faz com que o fertilizante fique concentrado em volume de solo restrito, potencializando assim o efeito acidificante das adubações (VILLAS BÔAS et al., 1999). A redução do pH nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, também foi observada por Zanini et al. (2007), Souza et al. (2006) e Souza (2010).

O aumento da concentração de P nas camadas de 20-40 e 40-60 cm, verificado no início da safra, pode ser atribuído a aplicação de doses crescentes de P_2O_5, na forma de ácido fosfórico, realizado durante três safras anteriores.

A utilização do ácido fosfórico nos anos anteriores, contribuiu tanto para a acidificação do solo como para a elevação dos teores de fósforo nas camadas mais profundas, como também observado por Zanini et al. (2007). Os mesmos autores relatam que este comportamento se deve ao efeito da saturação dos sítios de adsorção do solo provocada pela aplicação de fósforo via irrigação localizada, que promove o maior caminhamento do mesmo no perfil do solo.

Nesta safra não se efetuou a aplicação deste nutriente, devido aos altos teores encontrados no solo (acima de 30 mg dm^{-3}), independente dos tratamentos.

Nota-se que houve o aumento dos teores de S conforme a elevação das doses. Este aumento se deve a concentração de S residual encontrada no ácido fosfórico (fonte de fósforo utilizada nas safras anteriores). Também pode ser observada a sua maior concentração nas camadas mais profundas, em função forma de enxofre presente no solo (SO_4^{-2}), que segundo Venegas et al. (2007), apresenta boa mobilidade no solo, o que favorece sua perda por lixiviação.

Houve aumento da concentração de K no solo, sendo este um resultado já esperado, porém, as concentrações permaneceram baixas no solo onde foram aplicados os tratamentos, com exceção do tratamento 5 (1,9 $mmol_c$ de K na profundidade se 0-20 cm) em que se aplicou uma dose elevada de potássio (280 kg de K_2O).

Resultado semelhante foi observado por Teixeira et al. (2007), que trabalhando com a aplicação de K em bananeira via sólida e via fertirrigação, encontraram maiores perdas por lixiviação no sistema fertirrigado. Segundo os autores, em solos com significativa movimentação de água no seu perfil, a perda de água por percolação advinda da chuva durante ano é muito grande, principalmente em cultivos irrigados em que há uma maior disponibilidade de água, com isso também há o aumento das perdas de potássio por lixiviação.

O aumento da concentração de Fe, Cu e Zn, também foi observado com a elevação das doses, concomitantemente com a elevação da acidez, devido a o aumento da disponibilidade destes nutrientes em condições de pH reduzido (MALAVOLTA, 1989), provocado pelo potencial acidificante dos fertilizantes utilizados.

São observados teores de B mais elevados nas camadas mais profundas (20-40 cm e 40-60cm) em relação a camada superficial (0-20 cm). Este resultado também foi observado por Quaggio et al. (2003), que constataram a maior concentração de B na camada de 20-40 cm após as aplicações de B no solo. Este comportamento é justificado pela forma predominante de boro no solo, que é a de ácido bórico, não iônica, apresentando alta mobilidade no solo, diferente dos demais micronutrientes Zn, Mn, Fe e Cu que estão presentes na forma de cátions, portanto, menos susceptíveis a lixiviação.

4.2 Solução do solo

Para a solução do solo, houve diferença significativa entre as doses de N e K apenas para as variáveis pH, CE, N-NH_4, N-NO_3, K, Mg, B, Cu e Mn coletadas na profundidade de 30 cm e para as variáveis pH, CE, N-NO_3 e B coletadas a profundidade de 60 cm (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da análise de solução do solo da média de oito coletas, nas profundidades de 30 e 60 cm, em função das doses de N e K. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	pH	CE	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			----------	----------	----------	----------	----------	---mg L^{-1}---	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Prof. 30cm														
0%	6.6	0,2	3,9	6,5	1,6	1,5	4,7	2,0	3,1	1,7	0,9	0,01	0,3	1,4
25%	6.2	0,3	10,1	9,6	1,5	1,6	5,1	2,5	3,0	1,6	1,1	0,02	0,3	1,4
50%	5.5	0,3	11,8	15,8	1,5	3,3	3,3	1,6	2,9	2,0	1,1	0,02	0,6	1,7
100%	5,5	0,5	12,3	43,5	1,5	6,5	5,4	3,1	3,0	2,0	1,2	0,02	0,9	1,9
200%	4,0	0,9	35,4	94,0	2,0	18,7	3,9	4,6	3,3	1,7	1,1	0,03	0,6	2,3
Teste F	57,0**	10,99**	7,19**	35,44**	$1,46^{ns}$	19,33**	$1,45^{ns}$	6,34**	$0,47^{ns}$	3,34*	3,91*	$1,97^{ns}$	6,89**	$2,37^{ns}$
C.V. (%)	4,80	37,56	61,03	36,33	22,35	51,69	32,13	33,13	11,83	12,34	10,10	26,57	34,92	29,35
Regressão	L**	L**	L**	L**	L^{ns}	L**	L^{ns}	L**	Q^{ns}	Q*	Q**	L^{ns}	Q**	L*
R^2	0.94	0,98	0,91	0,98	0,57	0,95	0,05	0,83	0,41	0,69	0,86	0,39	0,89	0,95
Prof. 60cm														
0%	6,4	0,1	4,4	5,4	1,6	1,3	3,2	1,2	2,8	1,4	1,0	0,02	0,3	1,6
25%	6,2	0,2	6,5	10,0	1,5	1,1	2,9	1,2	3,5	1,5	1,1	0,03	0,8	1,9
50%	4,8	0,2	9,7	13,5	1,4	2,8	3,1	1,6	3,1	1,8	1,1	0,03	1,3	2,0
100%	4,6	0,4	19,0	20,5	1,6	6,0	3,6	1,9	3,0	2,0	1,1	0,02	1,5	1,9
200%	3,6	0,9	24,1	65,8	1,5	12,6	2,2	2,3	3,0	2,2	1,0	0,02	0,7	1,8
Teste F	26,13**	20,76**	$2,62^{ns}$	9,00**	$0,17^{ns}$	$39,44^{ns}$	$0,62^{ns}$	$1,18^{ns}$	$2,57^{ns}$	5,72**	$2,17^{ns}$	$1,88^{ns}$	$1,39^{ns}$	$0,35^{ns}$
C.V. (%)	9,08	35,11	81,82	70,88	20,90	31,86	42,37	48,96	11,62	16,11	6,59	18,60	83,24	25,68
Regressão	L**	L**	L**	L**	L^{ns}	L**	L^{ns}	L^{ns}	Q^{ns}	L**	Q*	L^{ns}	Q*	Q^{ns}
R^2	0,88	0,98	0,94	0,93	0,12	0,98	0,71	0,92	0,19	0,90	0,71	0,03	0,98	0,67

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (ns) não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e Prof. - Profundidade.

Em relação ao pH, houve a redução do mesmo em função da elevação das doses de N e K, sendo observada uma acidificação até na profundidade de 60cm, corroborando com os resultados da análise de solo (Tabela 4).

Os valores de pH da solução do solo a 30 e a 60 cm de profundidade apresentaram diferença significativa durante o meses, sendo a solução coletada no mês de janeiro, a que apresentou o maior pH. Esta variação ocorreu em função da calagem nos meses de setembro e dezembro, sendo seu efeito observado a partir do mês de janeiro. Além disso, neste período houve a maior intensidade de chuvas que proporcionou uma melhor reação do calcário (Figura10).

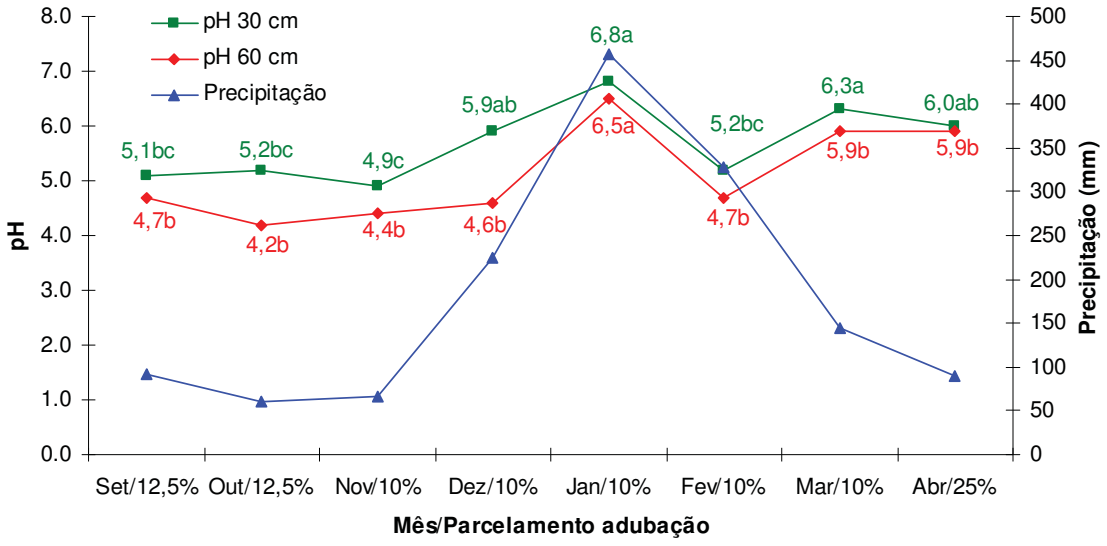

Figura 10. pH da solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011.

Quanto à condutividade elétrica, observa-se a elevação da mesma em função das doses (Tabela 4). Este aumento deve-se a sua relação direta com a quantidade de íons presentes na solução do solo, além disso, as fontes de N (nitrato de amônio) e K (cloreto de potássio) utilizadas possuem alto índice salino, o que promove a elevação da salinidade da solução do solo. Porém, o valor de condutividade elétrica não atingiu o valor limiar (1,6 dS m^{-1}), indicada por Holanda e Amorin (1997) para a cultura dos citros em nenhuma das doses utilizadas (Tabela 4).

A condutividade elétrica da solução variou durante os meses de coleta, sendo que a 30 cm de profundidade o maior valor foi constatado no mês de abril, no qual se realizou a aplicação de uma maior quantidade de fertilizante, o que promoveu um maior índice salino da solução. Para a solução extraída a 60 cm, as maiores médias foram encontradas no mês de abril (Figura 11), indicando o potencial de lixiviação devido da maior quantidade de adubo aplicado (25% do total aplicado) (Figura 11).

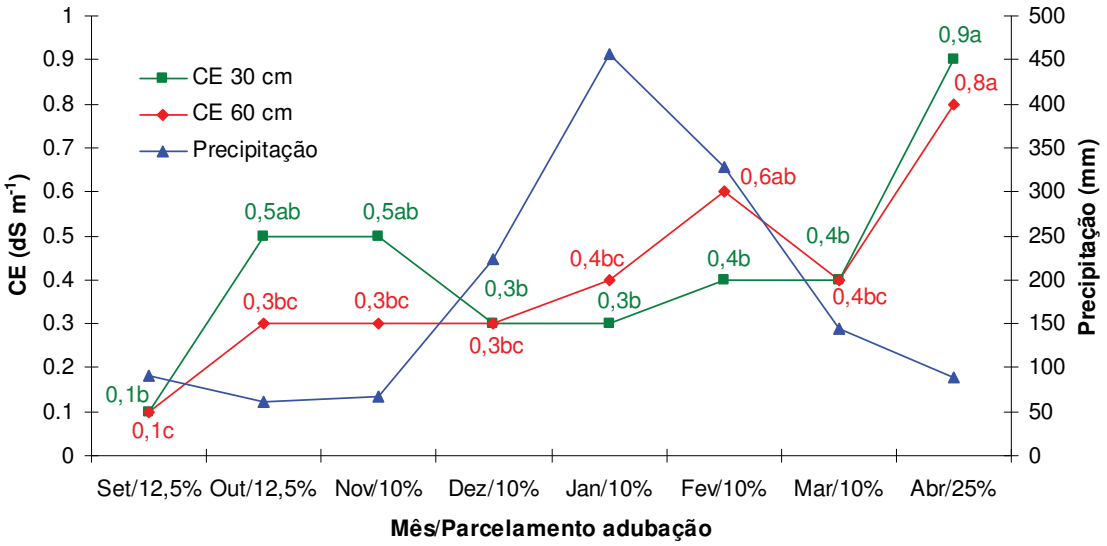

Figura 11. Condutividade elétrica da solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011.

Com relação ao N-NH_4, observa-se a elevação dos teores equiparando-se com os de nitrato em alguns tratamentos (Tabela 4). Souza et al., (2006) estudando a dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar cítrico nos sistemas de adubação sólida e fertirrigação, observaram altos teores de amônio no tratamento referente a aplicação via fertirrigação. Este aumento foi atribuído a redução do processo de nitrificação no bulbo úmido, um local pouco arejado, sendo este um processo estritamente aeróbico.

O processo de nitrificação, também pode ser afetado pela acidificação do solo, pois os microorganismos responsáveis por este processo são sensíveis a valores reduzidos de pH (DANCER et al., 1973) citado por (CANTARELLA et al.,

2007), o que favorece a maior presença de amônio na solução referente as maiores dosagens de nitrato de amônio.

A concentração de N-NO_3 aumentou conforme as doses (Tabela 4). Para a concentração da solução extraída a 60 cm de profundidade, o maior resultado foi encontrado no mês de abril (47,3 mg L^{-1}), em que se aplicou a maior parcela do fertilizante (25%) (Figura 12). Além disso, nesse período houve uma redução do volume de precipitação, o que proporcionou menores perdas por lixiviação (Figura 12).

A elevação do teor de N-NO_3 na solução do solo também pode ter sido influenciada pela melhor aeração do solo neste período. Já que o processo de nitrificação é estritamente aeróbico, assim, houve a maior transformação do N-NH_4 em N-NO_3. Além disso, a exigência de N pelas plantas cítricas neste período é menor, o que promoveu a menor exportação de N da solução do solo e a manutenção de uma maior concentração de N-NO_3 na mesma.

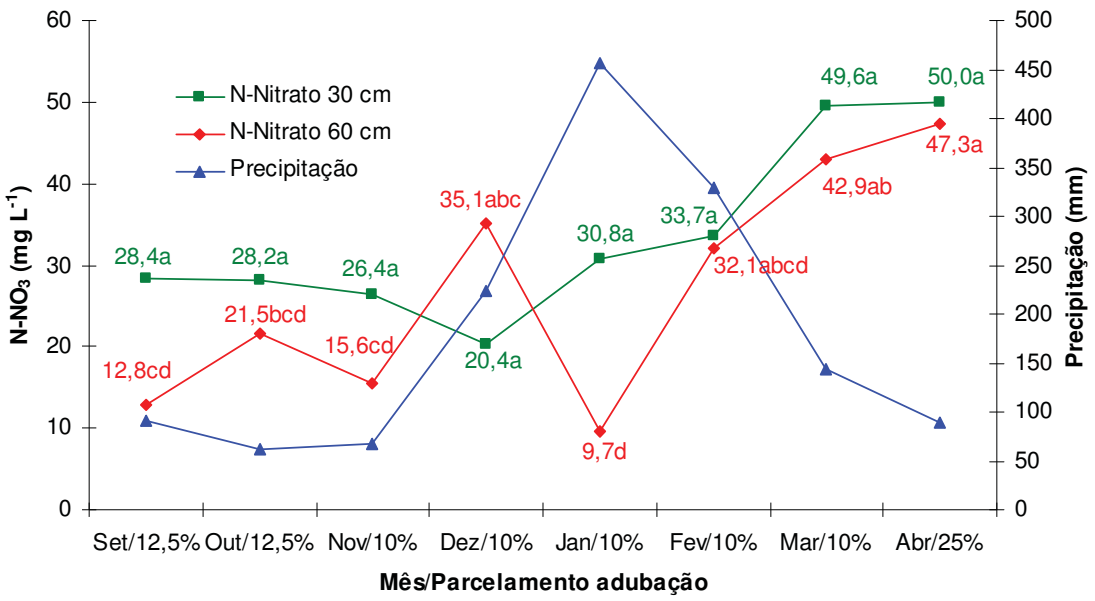

Figura 12. Concentração de N nítrico na solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011.

Não houve diferença significativa para a concentração de fósforo na solução do solo, onde foram encontrados valores de 1,4 a 2,0 mg L^{-1}, semelhante aos valores encontrados por Souza et al (2006) em área de cultivo de laranja, onde os autores

constataram concentrações de 0,06 a 2,17 mg L^{-1}, correspondendo a faixa indicada por Fardeau (1996) citado por Novais et al., (2007), onde relata que os valores de concentração de fósforo na solução de solos agrícolas variam de 0,002 a 2 mg L^{-1}.

Quanto ao potássio, também houve a elevação de sua concentração em função das dosagens (Tabela 4), porém, as concentrações de potássio na solução encontradas neste experimento foram inferiores as encontradas por Souza (2010) nas safras 2007/2008 e 2008/2009, o que pode ser justificado pela menor quantidade de potássio no solo.

Outro fator que pode ter influenciado na redução dos teores de K, é a precipitação pluviométrica ocorrida durante a condução do ensaio que foi de 1560 mm, caracterizando um ano muito chuvoso, além disso, as chuvas foram muito mal distribuídas. Durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro choveram 1010 mm, o que pode ter promovido a lixiviação do K. Ernani et al. (2007) relatam que as perdas de K por lixiviação podem ser significativas em condições de solos de baixa CTC, especialmente em áreas com alta precipitação pluvial, sendo as duas condições constatadas no local de desenvolvimento deste trabalho.

Além destes fatores, deve-se considerar a maior produtividade obtida nesta safra em relação às demais. Foi constatada uma produção de até 69,3 t ha^{-1}(Figura 21), sendo que nas safras 2007/2008 e 2008/2009. As maiores produtividades foram de 25,6 t ha^{-1} e 39,7 t ha^{-1} respectivamente (Souza, 2010). Portanto, na safra 2010/2011 a maior produtividade proporcionou a maior exportação de K através dos frutos e consequentemente a redução da concentração de K na solução do solo.

Apesar de as concentrações de K encontradas neste experimento serem inferiores aos encontrados por Souza (2010), as mesmas apresentam-se dentro da faixa citada por Ernani et al. (2007), que relatam que a concentração de K na solução do solo, normalmente é inferior a 20 mg L^{-1}, mesmo em solos bem fertilizados, sendo neste experimento foram encontrados teores de 1,5 a 18,7 mg L^{-1} (Tabela 4).

Em relação ao comportamento do teor de K na solução do solo durante os meses de coleta, as concentrações mais elevadas, foram constatadas nos meses de outubro e novembro, período em que foi registrada a menor precipitação acumulada durante o período de adubação, sendo depois observada uma redução dos teores nos meses

de janeiro e fevereiro, que podem ter sido ocorridas por lixiviação durante estes meses (Figura 13).

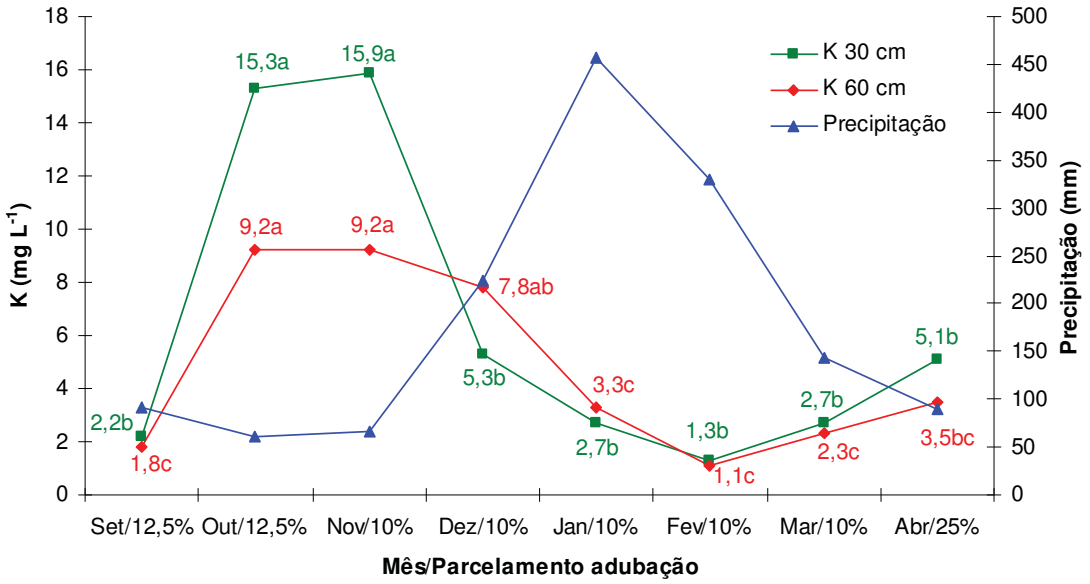

Figura 13. Concentração de potássio na solução do solo nas profundidades de 30 e 60 cm e precipitação durante os meses de amostragem. Botucatu, SP. 2011.

Estas perdas por lixiviação, segundo Malavolta et al. (1989) devem-se ao fato de o caminhamento do K através da água ser responsável por 25% do seu movimento no solo. Além disso, pode-se citar o efeito de diluição provocado pelo maior volume de água presente no solo em função das altas precipitações ocorridas nestes meses. (Figura 13).

Houve elevação do teor de Mg em relação as doses, o que pode ter ocorrido em função da calagem, que foi efetuada com o objetivo de elevar a saturação de bases em todos os tratamentos. As maiores quantidades foram aplicadas nos tratamentos correspondentes as maiores doses de N e K_2O, com isso fornecendo uma maior quantidade de Mg nos tratamentos, porém, estes resultados não foram observados na análise de solo.

As concentrações de Mg de de 1,2 a 4,6 mg L^{-1} foram próximas as encontradas por Souza et al. (2006), que constataram valores de 2,4 a 8,4 mg L^{-1}.

Observa-se a elevação dos teores de Cu, Mn e Zn, com o aumento das doses, conforme observado nos resultados da análise de solo (Tabela 4). Este resultado

deve-se a maior disponibilidade destes nutrientes em condições de acidez elevada (MALAVOLTA, 1989), sendo neste ensaio, provocada pelo potencial acidificante do nitrato de amônio utilizado como fonte de N.

Quanto ao B, observa-se a elevação da sua concentração na solução do solo em relação as doses, apesar de ser um elemento que apresenta maior disponibilidade em condições de faixa adequada de pH para agricultura. Segundo Abreu et al. (2007), o B é mais passível de adsorção por óxidos de Fe e Al em uma faixa de pH de 6,0 a 9,0. Este resultado também foi constatado por Soares et al. (2008), que observaram o incremento na adsorção de boro em função da elevação do pH.

Neste experimento os menores valores foram observados nos tratamentos referentes a 0 e 25%, os quais estavam em uma faixa de pH acima de 6,0, assim, o B contido no solo referente a esses tratamentos podem ter permanecido adsorvido aos óxidos de Fe e Al, o que pode ter reduzido sua disponibilidade na solução do solo.

4.3 Análise foliar

Com relação aos resultados da análise foliar de março de 2011, houve diferença significativa apenas para as variáveis N, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado da análise foliar efetuada em março de 2011 em função das doses de N e K. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------g kg $^{-1}$----------						---------- mg kg $^{-1}$----------				
T1 (0%)	25	1,2	11	37	2,7	2,2	109	100	140	33	29
T2 (25%)	26	1,2	9	40	2,6	2,3	152	66	103	40	22
T3 (50%)	26	1,2	9	37	2,5	2,2	164	95	116	45	23
T4 (100%)	27	1,2	10	38	2,2	2,5	160	61	109	126	26
T5 (200%)	27	1,2	10	35	2,2	2,4	148	92	122	181	29
Teste F	5,29*	0,20^{ns}	2,21^{ns}	3,46^{ns}	5,19*	5,80**	4,84*	8,25**	3,03^{ns}	12,77**	4,63**
CV%	3,17	7,61	11,05	5,31	10,16	4,31	10,33	15,24	13,98	43,30	12,51
Regressão	L**	L^{ns}	Q^{ns}	L^{ns}	L*	Q**	Q**	Q**	Q*	L**	Q*
R^2	0,85	0,44	0,20	0,31	0,51	0,62	0,76	0,40	0,80	0,95	0,47

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (^{ns}) não significativo, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático.

O teor de N nas folhas aumentou em função das doses aplicadas, conforme esperado, sendo encontrado valores adequados (entre 23 e 27 mg kg^{-1}) para todos os tratamentos, conforme recomendações de Quaggio (1997).

O teor de K não variou na composição da folha, apesar de os tratamentos já serem conduzidos por quatro safras. Este resultado concorda com os de Duenhas et al. (2005), que não observaram variação na concentração de K nas folhas após 3 safras de laranja valência.

Este fato deve-se ao efeito de diluição, hipótese também levantada por Almeida e Baumgartner (2002) em laranjeiras 'Valência', em que ocasiões de baixo fornecimento de nutrientes, as plantas ficam menores, assim, a pequena quantidade de nutrientes presente na planta apresenta-se em uma concentração superior, devido a menor quantidade de tecidos vegetais em que os nutrientes estão dissolvidos. As plantas bem nutridas ficam maiores, característica que faz com que os nutrientes sejam diluídos em uma maior quantidade de tecidos, fazendo com que sua concentração fique menor, apesar de se apresentarem em uma quantidade maior, se for considerado o total contido na planta.

Com relação a concentração de P na folha, não houve diferença entre os tratamentos, devido ao alto teor de P encontrado no solo, que ultrapassa os 30 mg kg^{-1} em todos os tratamentos.

Quanto ao teor de Mg, houve a sua redução em função da elevação das doses, sendo encontrados valores abaixo do adequado (<3 mg kg^{-1}). Este resultado também foi observado por Mattos Júnior et al. (2004), que constataram a redução dos teores de Mg na folha em função da elevação dos teores de K em tangor "Murcott". Tal fato deve-se a competição entre os íons K^+ e Mg^{2+} no solo, onde maiores teores de K podem afetar a absorção do Mg, assim com a redução da absorção do Mg (Vitti et al., 2006), refletindo na sua redução na folha.

Os teores de enxofre nas folhas de todos os tratamentos foram considerados adequados (Tabela 5), porém, houve a elevação da sua concentração em relação ao aumento das doses, concordando com o comportamento de seus teores no solo, devido a presença de enxofre residual, utilizado na safra anterior.

Os valores de B encontrados nas folhas foram altos (acima de 100 mg kg^{-1}), mesmo sendo encontrados baixos teores de B no solo para a cultura da laranja

(abaixo de 0,6 dm^{-3}) (Tabela 5). Isso se deve principalmente pela maior absorção de B por laranjeiras sobre o porta-enxerto Citrumelo 'Swingle' em comparação as copas sobre limoeiro 'Cravo' como observado por Setin et al. (2009).

Em plantas enxertadas sobre o porta-enxerto Citrumelo 'Swingle', são encontrados teores mais elevados de B em relação as recomendações, pois as mesmas se baseiam principalmente concentrações obtidas em folhas advindas de copa sobre o porta-enxerto limoeiro 'Cravo'.

Os teores de Cu observados nas folhas foram excessivos (acima de 40 mg kg^{-1}) para todos os tratamentos (Tabela 5), sendo este resultado também observado por Duenhas et al. (2002) que justificaram o, em função da aplicação de fungicidas cúpricos, que dependendo da freqüência com que é aplicado, pode promover a sua elevação nas folhas.

O teor de Zn nas folhas não se relacionou com a elevação dos seus teores no solo, que aumentaram em função das doses aplicadas (Tabela 5). Os teores de Zn encontrados nas folhas foram baixos (< 34 mg kg^{-1}), apesar de serem encontradas concentrações altas de Zn no solo (> 5 mg kg^{-1}) (Tabela 4). Este fato também foi observado por Quaggio et al. (2003), que não observou alterações no teor de Zn nas folhas com a aplicação de Zn via solo, sendo observada maior eficiência com seu fornecimento via foliar. Outro fator, que pode ter provocado esta deficiência é a alta concentração de P encontrada no solo deste experimento (>30 mg kg^{-1}). Quaggio et al. (2005) relatam que altas concentrações de P podem promover desequilíbrios nutricionais nas plantas, principalmente com relação ao Zn.

4.4 Intensidade de coloração verde das folhas

Em relação ao índice SPAD, houve diferença significativa para todos os meses amostrados, sendo os resultados dos meses de setembro, outubro, novembro, janeiro, fevereiro, junho e agosto enquadrados ao modelo linear, já os meses de dezembro, março, abril, maio e julho, ajustados a regressão quadrática (Tabela 6).

Esse comportamento linear também foi observado por Souza (2010) em laranja e por Reis et al. (2006) em café. Tal resultado pode ser explicado, devido

ao fato de a quantidade desse pigmento relacionar-se com o teor de N na planta (Booij et al., 2000), atribuído a presença de 50 a 70% do N total das folhas ser integrante de enzimas que estão relacionadas com os cloroplastos (Chapman; Barreto, 1997). Assim, pode-se dizer que quando se eleva o teor de N nas folhas, também há uma elevação do índice SPAD.

O comportamento quadrático dos resultados dos meses de dezembro, março e abril, indicam que esta relação apresenta um certo limite. O comportamento do teor de N e do índice SPAD das folhas coletadas no mês de março podem ser visualizadas na Figura 14, onde o teor de nitrogênio nas folhas se elevou com as doses de N e K, sendo os dados ajustados ao modelo linear.

Para o índice SPAD houve um aumento até um determinado ponto, a partir do qual observa-se uma manutenção dos resultados, onde os dados apresentaram um comportamento polinomial.

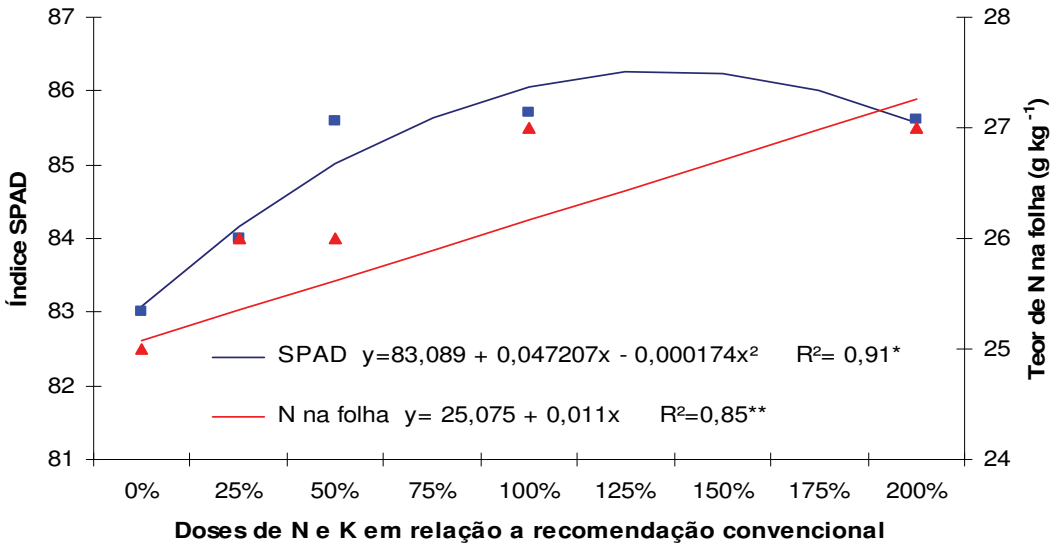

Figura 14. Índice SPAD e teor de nitrogênio na folha no mês de março em função de doses de N e K. Botucatu, SP. 2011.

Resultados semelhantes também foram observados em outras culturas, como pimentão (GODOY et al., 2003), alface (PORTO, 2006) e feijão (SANT'ANA et al., 2010).

Tabela 6. Intensidade de coloração verde das folha (SPAD) dos meses de setembro de 2010 a agosto de 2011 em função das doses de N e K. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	Mês de coleta das folhas											
	----------2010----------				----------2011----------							
	Set	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**
T1 (0%)	71,3	66,9	74,2	77,7	78,3	81,2	83,0	81,3	83,4	80,3	79,1	77,3
T2 (25%)	71,7	69,0	74,3	80,4	78,7	80,5	84,0	82,5	84,8	82,0	81,9	78,3
T3 (50%)	72,8	72,0	78,2	82,6	80,3	82,8	85,6	83,7	85,8	82,7	84,7	80,7
T4 (100%)	74,6	72,6	76,0	81,6	79,9	82,4	85,7	84,3	85,7	84,0	84,1	80,1
T5 (200%)	75,1	73,1	78,9	83,2	80,8	83,6	85,6	84,6	86,1	84,8	84,6	81,9
Teste F	3,24*	4,72*	19,72**	29,89**	$3,09^{ns}$	6,34**	5,23*	10,76**	10,82**	7,01**	8,43**	3,39*
CV%	2,57	3,48	1,27	0,99	1,49	1,20	1,27	1,01	0,79	1,57	1,99	2,49
Regressão	L**	L*	L**	Q**	L*	L**	Q*	Q**	Q**	L**	Q**	L**
R^2	0,86	0,65	0,58	0,77	0,71	0,65	0,91	0,97	0,88	0,85	0,83	0,76

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (^{ns}) não significativo, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático.

Tal resultado pode ser explicado pelo fato que a planta atinge um valor máximo de incorporação de clorofila, diferente do teor de N na folha, que continua aumentando conforme a elevação das doses de N, mesmo não havendo resposta em produção. Este comportamento é conhecido como absorção de luxo.

O teor de clorofila apresenta baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N pelas plantas, onde a planta só produz a quantidade de clorofila necessária, diferente da absorção de N. Segundo Blackmer e Schepers (1995), o N absorvido em excesso acumula-se na forma de nitrato, que não é associado à molécula de clorofila, o que faz com que o mesmo não deja medido pelo clorofilômetro. Assim, o incremento do teor de clorofila ocorre até determinado ponto, a partir do qual ocorre a manutenção ou decréscimo do teor de clorofila, como pode ser observado na Figura 14.

Souza (2010), em sua tese constatou que os valores do índice SPAD encontrados na faixa adequada de N na folha (23 a 27 g kg^{-1}) de laranjeiras variedade valência se encontraram na faixa de 70,3 a 76,0. Neste trabalho no mês de março foram observados valores de 83,0 para o tratamento referente a 0% de N e K (Tabela 6), no entanto, a concentração de N na folha encontrada foi de 25 g kg^{-1} (Tabela 5), considerada dentro da faixa adequada, o que contra-indica o uso deste método. Conforme já foi discutido, plantas que tiveram seu crescimento limitado, apresentam menor massa e portanto menor diluição dos nutrientes no tecido foliar.

Tais resultados foram observadas por Tecchio et al. (2011), que constatou diferenças de índice SPAD nos vinhedos de Jales, Jundiaí e São Miguel Arcanjo-SP, em que os maiores valores de índice SPAD não corresponderam os maiores teores de N nas folhas, encontradas nestas regiões.

Em alguns casos, o uso do índice crítico baseado no teor de N da folha não é um método muito recomendado, pois existem outros que podem afetar a medida da clorofila, como, condições edafoclimáticas, estádio fenológico da cultura, variedade utilizada, entre outros.

O comportamento dos valores SPAD transformados em ISN dos meses em que a adubação foi aplicada podem ser observados na Figura 15.

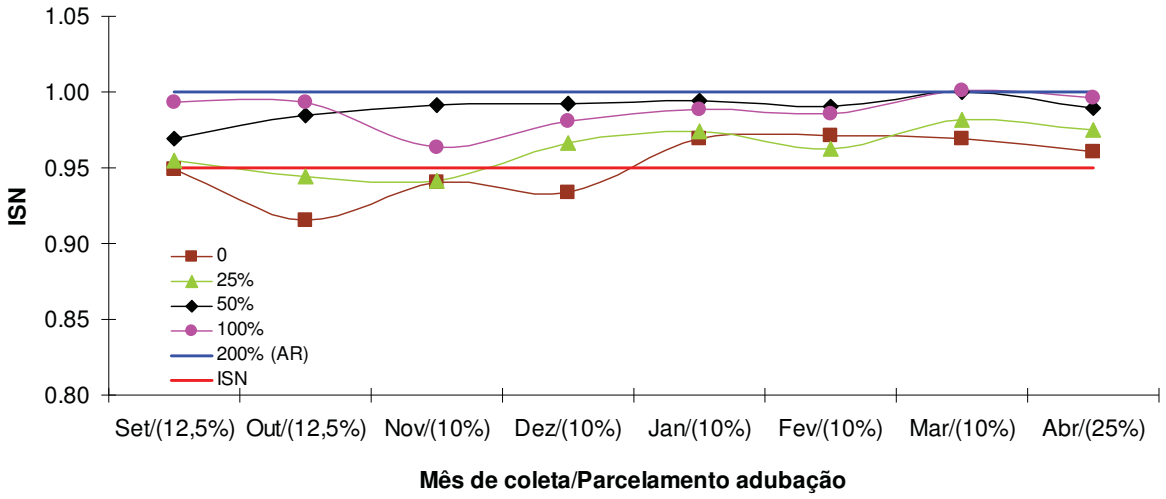

Figura 15. Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) dos tratamentos, nos meses de em que foi efetuada a adubação. Botucatu, SP. 2011.

Observa-se na Figura 15, que os valores do ISN dos tratamentos 50% e 100%, apresentaram-se dentro faixa de suficiência durante todos os meses, indicando que a aplicação de nitrogênio foi suficiente para o desenvolvimento das plantas. O tratamento correspondente a 25% da dose recomendada proporcionou valores do ISN dentro da faixa adequada durante todos os meses, com exceção dos meses de outubro e novembro, indicando a necessidade de uma adubação com maior quantidade de N neste período.

No tratamento correspondente a testemunha, o ISN permaneceu abaixo de 0,95 durante os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro (Figura 15), indicando uma maior necessidade de N pela planta durante estes meses, que é um período correspondente a primavera. Este dado é condizente com a necessidade de N em citros, pois segundo Mattos Junior et al. (2005), a demanda por nutrientes pelos cítricos é maior no início da primavera quando se tem um maior fluxo de vegetação.

4.5 Análise de seiva

As médias dos resultados de seiva dos meses de setembro de 2010 a agosto de 2011 podem ser visualizadas na Tabela 7. Constata-se diferença significativa

apenas para as variáveis nitrogênio nítrico, nitrogênio total e manganês.

Souza (2010) também observou a elevação da concentração de N-NH_4, N-NO_3 e N-Total na seiva em função das doses de N e K_2O. De acordo com Souza e Fernades (2006), o NO_3^- pode ser reduzido e assimilado no local de absorção; acumulado no vacúolo ou absorvido nas raízes e enviado para a parte aérea. Assim, esta variação deve-se ao aumento dos teores de N-NO_3 na solução do solo, sendo observada alta correlação entre o a sua concentração na seiva e na solução do solo (0,82) (Tabela 8).

Para o nitrogênio amoniacal, também observa-se o seu incremento em relação a elevação das doses aplicadas, porém, não foi constatada correlação entre seu teor na solução do solo e na seiva (0,39) (Tabela 8).

Os valores de nitrogênio N-NO_3 e N-NH_4 encontrados na seiva, variaram de 74,5 a 285,2 e 14,2 a 28,7 respectivamente (Tabela 7), sendo os mesmos próximos aos constatados por Souza (2010) que foram de 62,8 a 108,0 para o N-NO_3 e de 23,6 a 31,3 para o N-NH_4 para laranjeira. Em videira, Tecchio et al., (2011) observou valores de 104,8 a 449 de N-NO_3.

As concentrações de N-NO_3 encontradas em frutíferas são muito diferentes das encontradas em hortaliças. Sendo constatados teores de 2432 a 3044 mg L^{-1} em tomate, (FERREIRA; FONTES, 2011), de 1452 a 2001 mg L^{-1} em batateira (MOREIRA et al., 2011), de 1582 mg L^{-1} em repolho (MOREIRA; VIDGAL, 2009) e de 1892 mg L^{-1} em pimentão (SILVA, 2002).

Esta diferença de concentração deve-se ao fato de as plantas lenhosas apresentarem a maior parte do N na seiva na forma de proteínas e aminoácidos, o que lhes confere uma menor concentração de nitrato na seiva em relação às hortaliças (CANDAHÍA; LUCENA, 2005).

Tabela 7. Média de resultados da análise de seiva dos meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	K	Ca	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	NT	P	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	------ g L^{-1}----		----------mg L^{-1}----------										
0%	2,1	1,0	74,5	14,2	88,5	196,7	430,8	150,0	1,7	1,7	1,4	1,0	1,8
25%	2,1	1,1	135,5	26,0	161,2	176,5	458,6	151,9	1,7	1,6	1,5	1,2	2,3
50%	1,9	1,0	160,2	29,2	190,0	181,4	428,7	156,8	1,7	2,0	1,4	1,2	2,5
100%	2,2	1,1	217,5	34,0	252,0	184,6	450,4	165,9	1,7	2,0	1,5	2,1	3,2
200%	2,3	1,1	285,2	28,7	313,7	196,7	431,4	175,7	1,5	1,7	1,5	2,4	2,8
Teste F	$2,75^{ns}$	$1,71^{ns}$	35,51**	10,02**	34,2**	$0,51^{ns}$	$0,18^{ns}$	$0,85^{ns}$	$0,78^{ns}$	$1,66^{ns}$	$0,32^{ns}$	21,29**	$2,37^{ns}$
C.V. (%)	7,64	12,02	15,45	17,68	14,64	13,17	14,50	14,48	10,35	18,15	10,54	16,61	26,77
Regressão	L^{ns}	Q^{ns}	L**	Q**	L**	Q^{ns}	Q^{ns}	L^{ns}	L^{ns}	Q*	Q^{ns}	L**	Q*
R^2	0,53	0,37	0,95**	0,94**	0,92**	0,59	0,19	0,98	0,67	0,73	0,36	0,90	0,97

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (ns) não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear e Q - ajuste quadrático.

Tabela 8. Correlação dos teores de macronutrientes constatados na seiva e solução do solo. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	$N\text{-}NO_3$ solução	$N\text{-}NO_3$ seiva	$N\text{-}NH_4$ solução	$N\text{-}NH_4$ seiva	P solução	P seiva	K solução	K seiva	Ca solução	Ca seiva	Mg solução	Mg seiva	S solução	S seiva
	----------mg L^{-1}----------						----------g L^{-1}----------				----------mg L^{-1}----------			
0%	5,9	74,5	4,1	14,2	1,6	196,7	1,4	2,1	3,9	1,0	1,6	430,8	2,9	150,0
25%	9,8	135,5	8,3	26,0	1,5	176,5	1,4	2,1	4,0	1,1	1,8	458,6	3,2	151,9
50%	14,6	160,2	10,7	29,2	1,5	181,4	3,0	1,9	3,2	1,0	1,6	428,7	3,0	156,8
100%	32,0	217,5	15,6	34,0	1,5	184,6	6,2	2,2	4,5	1,1	2,5	450,4	3,0	165,9
200%	79,9	285,2	29,7	28,7	1,7	196,7	15,6	2,3	3,0	1,1	3,4	431,4	3,1	175,7
Correlação	0,82**		$0,39^{ns}$		$0,00^{ns}$		0,50*		$-0,08^{ns}$		$-0,20^{ns}$		$0,08^{ns}$	

Houve diferença significativa para ao teor N-Total na seiva durante os meses, sendo as maiores concentrações constatadas nos meses de setembro e novembro. Após estes meses observa-se a redução do teor de N-Total na seiva (Figura 16).

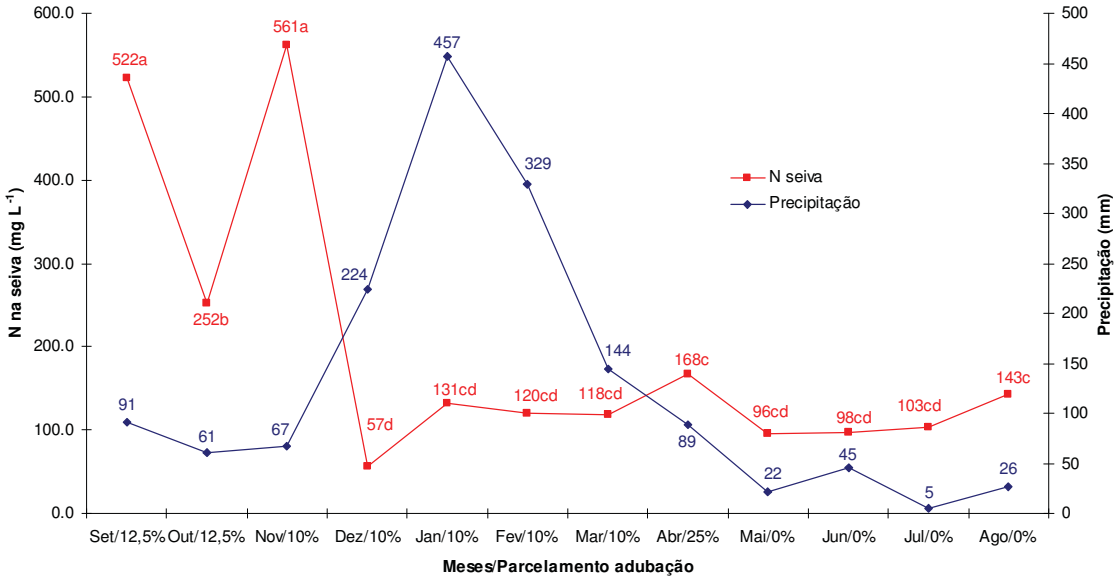

Figura 16. Teor de N-Total na seiva e precipitação pluviométrica durante os meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Botucatu, SP. 2011.

Os maiores valores de N na seiva observados no meses de setembro e novembro, se devem a maior necessidade de N pelas plantas nessa época (início da primavera), como discutido anteriormente. A redução dos teores nos meses de dezembro em diante se deve a menor necessidade de N pelas plantas e ao maior volume de precipitação pluviométrica neste período (Figura 16), que promoveu a diluição do teor de N na solução do solo (Figura 17).

Constata-se a elevação do teor de N na solução do solo durante o mês de abril, porém o mesmo não acontece com a concentração de N na seiva (Figura 17). Este resultado ocorreu em função da menor necessidade de N pela planta, pois a menor absorção de N elevou o teor de N da solução do solo. Alem disso, o decréscimo do volume de precipitação durante este mês reduziu as perdas N e sua maior diluição na solução do solo.

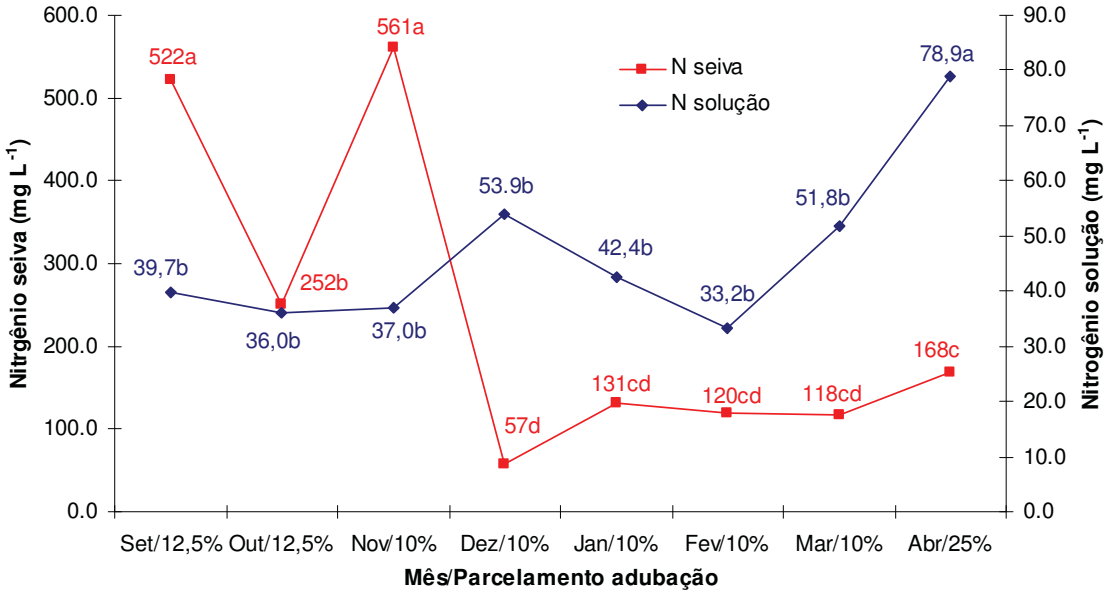

Figura 17. Teor de nitrogênio na seiva e na solução do solo durante os meses de setembro de 2010 a abril de 2011. Botucatu, SP. 2011.

Em relação ao K observa-se uma alta concentração do mesmo, sendo a presença deste maior do que os demais nutrientes (Tabela 7). Resultado semelhante foi observado por Souza (2010) em laranjeiras, que justificou este resultado pela predominância deste nutriente em sua forma iônica na planta, como um ativador enzimático (MEUGER, 2006). Esta maior concentração também foi constatada em outras culturas, como videira (TECCHIO et al., 2011), pimentão (SILVA, 2002) e várias hortaliças (HOCHMUCH, 1994).

Foi constatada a diferença da concentração de K na seiva durante os meses do ano, sendo uma das interferências, relacionada com a distribuição de chuvas durante os meses, onde a elevação da precipitação promoveu a redução do teor de K na seiva (Figura 18).

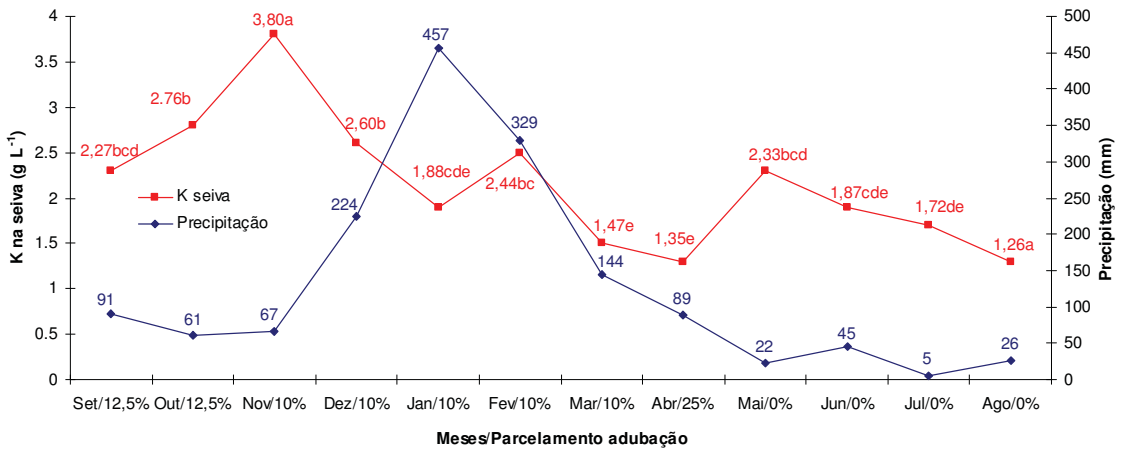

Figura 18. Teor de potássio na seiva e precipitação pluviométrica durante os meses de setembro de 2010 a agosto de 2011. Botucatu, SP. 2011.

Os maiores valores K na solução do solo foram constatados nos meses de outubro e novembro, sendo a maior concentração de K na seiva, observada no mês de novembro (Figura 19).

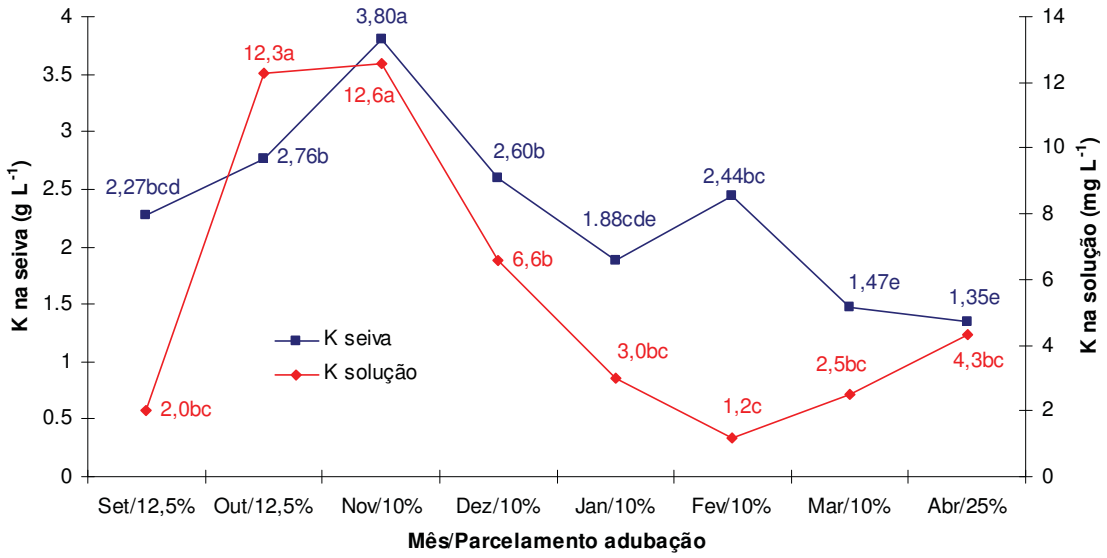

Figura 19. Teor de potássio na seiva e na solução do solo durante os meses de setembro de 2010 a abril de 2011. Botucatu, SP. 2011.

Foram observadas concentrações diferentes das encontradas por Souza (2010) nas safras 2007/2008 e 2008/2009, para os elementos P, K e Ca, já os demais nutrientes apresentaram-se em concentrações próximas. Para o P, Souza (2010) encontrou teores entre 3300 e 3600 mg L^{-1}, sendo nesta safra encontrados teores muito inferiores, entre 176,5 e 196,7 mg L^{-1} .Para o K, encontrou-se concentrações entre 3,8 e 4,3 g L^{-1}, comparados com 1,9 a 2,3 g L^{-1} deste experimento, para o cálcio os valores de 535,5 a 609,4 mg L^{-1}, sendo neste experimento observados teores de 1,0 a 1,1 g L^{-1}.

Esta variação da concentração do teor de P na seiva se deve ao não fornecimento de fornecimento de P. A redução da concentração de K esta relacionada com o aumento de cátions no solo como Ca e Mg aplicados pela calagem que concorreram com o K, assim reduzindo sua assimilação pelas plantas.

Este fato também se deve a alta sensibilidade do método a fatores ambientais, onde Godoy et al. (2010) citam: concentração de nutrientes na solução do solo, quantidade de água presente, estádios de desenvolvimento da cultura, temperatura, estações do ano e idade das plantas. Variações também foram constatadas por Tecchio et al. (2011) na cultura da videira, sendo observadas diferenças nos teores de NO_3 e K na seiva entre os cultivos localizados nas cidades de Jundiaí, Jales e São Miguel Arcanjo.

Houve correlação entre as concentrações de N (0,70) e Mn (0,88) na solução do solo e na folha (Tabela 10 e 11).

Tabela 9. Correlação dos teores de micronutrientes na seiva e solução do solo. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	B solução	B seiva	Cu solução	Cu seiva	Fe solução	Fe seiva	Mn solução	Mn seiva	Zn solução	Zn seiva
	----------mg L^{-1}----------									
0%	1,6	1,7	1,0	1,7	0,01	1,4	0,3	1,0	1,5	1,8
25%	1,5	1,7	1,1	1,6	0,02	1,5	0,5	1,2	1,6	2,3
50%	1,9	1,7	1,1	2,0	0,02	1,4	1,0	1,2	1,8	2,5
100%	2,0	1,7	1,1	2,0	0,02	1,5	1,2	2,1	1,9	3,2
200%	2,0	1,5	1,1	1,7	0,02	1,5	0,6	2,4	2,0	2,8
Correlação	-0,07 ^{ns}		0,27 ^{ns}		0,25 ^{ns}		0,32 ^{ns}		0,17^{ns}	

Tabela 10. Correlação dos teores de macronutrientes constatados na seiva e análise foliar. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	N folha	N seiva	P folha	P seiva	K folha	K seiva	Ca folha	Ca seiva	Mg folha	Mg seiva	S folha	S seiva
	g kg^{-1}	mg L^{-1}	g kg^{-1}	mg L^{-1}	g kg^{-1}	g L^{-1}	g kg^{-1}	mg L^{-1}	g kg^{-1}	mg L^{-1}	g kg^{-1}	mg L^{-1}
0%	25	88,5	1,2	196,7	11	2,1	37	1,0	2,7	430,8	2,2	150,0
25%	26	161,2	1,2	176,5	9	2,1	40	1,1	2,6	458,6	2,3	151,9
50%	26	190,0	1,2	181,4	9	1,9	37	1,0	2,5	428,7	2,2	156,8
100%	27	252,0	1,2	184,6	10	2,2	38	1,1	2,2	450,4	2,5	165,9
200%	27	313,7	1,2	196,7	10	2,3	35	1,1	2,2	431,4	2,4	175,7
Correlação	0,70**		-0,40 ^{ns}		0,20 ^{ns}		0,03 ^{ns}		-0.04 ^{ns}		-0,06 ^{ns}	

Tabela 11. Correlação dos teores de micronutrientes constatados na seiva e análise foliar. Botucatu, SP. 2011.

Tratamento	**B folha** mg kg^{-1}	**B seiva** mg L^{-1}	**Cu folha** mg kg^{-1}	**Cu seiva** mg L^{-1}	**Fe folha** mg kg^{-1}	**Fe seiva** mg L^{-1}	**Mn folha** mg kg^{-1}	**Mn seiva** mg L^{-1}	**Zn folha** mg kg^{-1}	**Zn seiva** mg L^{-1}
0%	109	1,7	100	1,7	140	1,4	33	1,0	29	1,8
25%	152	1,7	66	1,6	103	1,5	40	1,2	22	2,3
50%	164	1,7	95	2,0	116	1,4	45	1,2	23	2,5
100%	160	1,7	61	2,0	109	1,5	126	2,1	26	3,2
200%	148	1,5	92	1,7	122	1,5	181	2,4	29	2,8
Correlação	-0,38 ^{ns}		-0,10 ^{ns}		-0,09 ^{ns}		0,88**		0,36 ^{ns}	

4.6 Produção

Houve diferença significativa quanto ao número de frutos por planta, massa de frutos e produtividade conforme as doses de N e K. O número de frutos por planta apresentou comportamento quadrático em relação as doses de N e K aplicadas, sendo o maior número de frutos (1314) obtido com a dosagem respectiva a 121% da recomendação (Figura 20). Para a massa de frutos houve diferença significativa entre os tratamentos, onde os frutos mais pesados foram referentes a testemunha (Figura 21)

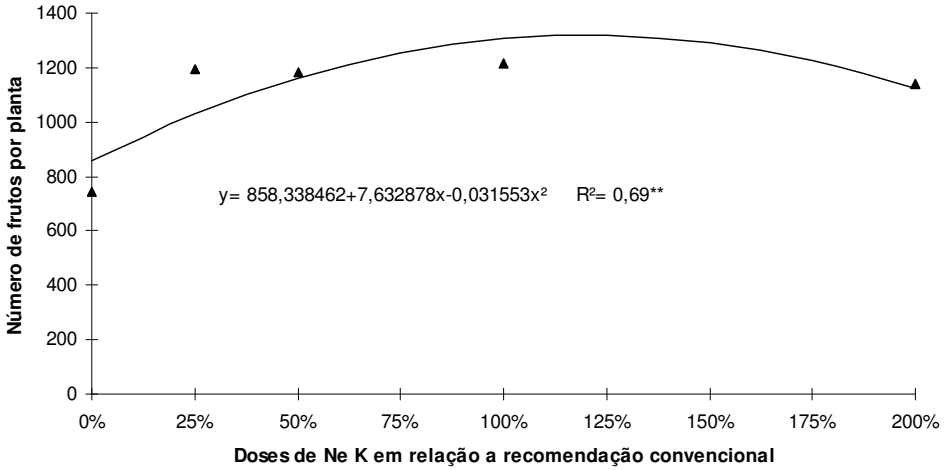

Figura 20. Número de frutos por planta em função de doses de N e K em relação a recomendação convencional. Botucatu, SP. 2011.

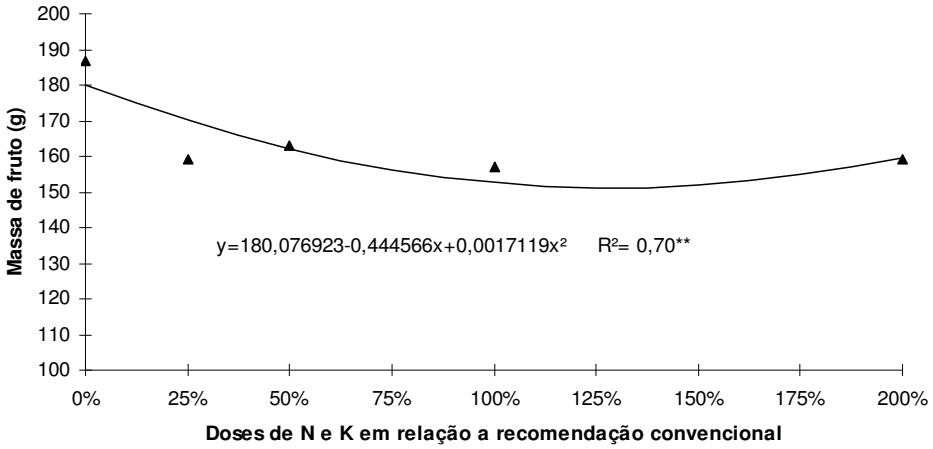

Figura 21. Massa de fruto em função de doses de N e K em relação a recomendação convencional. Botucatu, SP. 2011.

Este resultado deve-se principalmente a interferência do N no número e no tamanho dos frutos. Tal resultado também foi observado por Quaggio et al. (2006) onde observou que a massa dos frutos diminuiu com o aumento das taxas de N de ambas as variedades (Valência e Pêra), sendo esta característica inversamente correlacionada com a produção de frutos total, pois o aumento da taxa de N eleva a produção de frutos de citros e, consequentemente, o número de frutos produzidos por unidade de volume de copa.

Houve elevação da produtividade com as doses aplicadas, sendo a maior produtividade (69,3 t ha^{-1}) alcançada com a dose de 57% da recomendação (Figura 22).

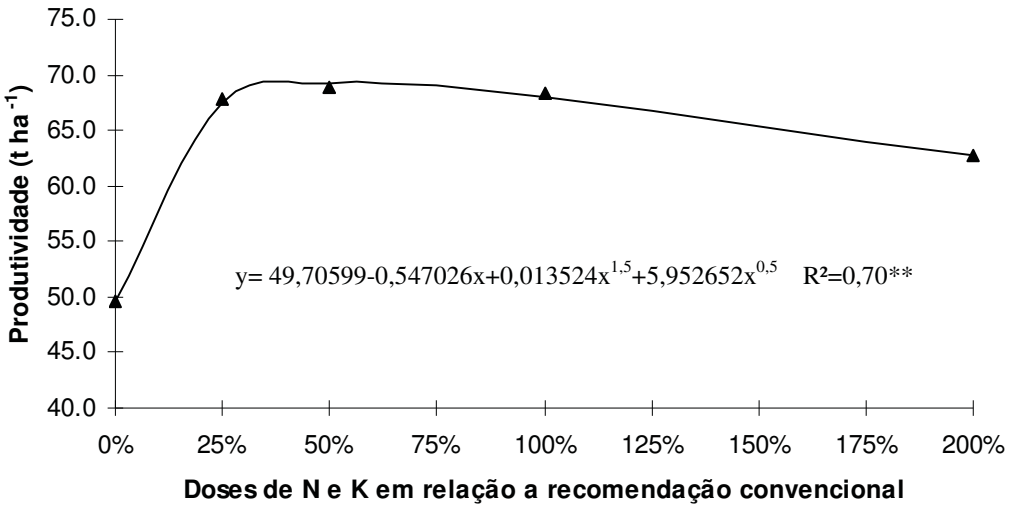

Figura 22. Produtividade em função de doses de N e K em relação a recomendação convencional. Botucatu, SP. 2011.

Tal resultado deve-se a maior eficiência da adubação realizada através da fertirrigação, pois a recomendação de adubação para laranja no estado de São Paulo tem por base a adubação sólida parcelada em três aplicações em que a eficiência da adubação é inferior a da técnica de fertirrigação.

Em um experimento conduzido por Boaretto et al. (2007) foram observados índices de eficiência do nitrogênio aplicado de 20 a 27% , em pomar de laranjeira 'Pêra', em que a adubação foi efetuada através da adubação sólida e parcelada em três aplicações, 40% em setembro, 30% em novembro e 30% em abril, conforme a recomendação convencional. Já em condições de fertirrigação por gotejamento, como observado neste ensaio, Quiñones et al. (2003) constataram uma eficiência de 75% do nitrogênio aplicado, indicando uma eficiência 3 vezes superior ao sistema de adubação convencional, o que pode nos sugerir uma menor necessidade de aplicação do nutriente para a manutenção da produtividade.

Esta maior eficiência também foi constatada por Ragoso et al. (2009), que avaliando os teores nutricionais em laranjeiras 'Valência', em função de doses de N, P e K em sistema fertirrigado e não fertirrigado, observaram que a fertirrigação proporcionou maior eficiência nutricional quando comparada à adubação convencional, além disso, os autores observaram que o tratamento correspondente a metade da dose recomendada foi a que apresentou o melhor desempenho, sendo que a dose correspondente a 1/3 da recomendação também foi suficiente para atender as necessidades nutricionais das plantas.

Souza (2010) também constatou a máxima produção de frutos com apenas 50% da dose recomendada na safra 2007/2008 para as variedades 'Valência' e 'Hamlin', na mesma área deste experimento.

A adubação realizada neste experimento apresentou uma eficiência maior do que a aplicação via sólida, devido ao maior parcelamento dos fertilizantes aplicados, uma vez que a adubação por via sólida no sistema convencional é parcelada em 3 aplicações, sendo que neste experimento a adubação foi parcelada em 32 aplicações, o que possibilita a redução de perdas por lixiviação e o melhor ajuste da adubação quanto as exigências das plantas.

5 CONCLUSÕES

- O incremento das doses de N e K promoveu a elevação da produtividade, do número de frutos e a redução da massa de fruto.
- A dose referente a 57% da recomendação convencional proporcionou a maior produtividade.
- As concentrações de nutrientes da solução do solo, da seiva e da medida de intensidade de coloração verde das folhas apresentaram-se sensíveis as doses de N e K.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.

AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2008. 496 p.

AGRIANUAL 2011: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2010. 496 p.

ALMEIDA, M. C.; BAUMGARTNER, J. G. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e qualidade de frutos de laranjeira 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 282-284, 2002.

ANDRADE NETO, T. M. **Monitoramento de íons na solução e no extrato de saturação do solo sob aplicação de diferentes concentrações de sais fertilizantes na água de irrigação em bananeira terra**. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado e Agronomia)-Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

BATAGLIA. O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, R. **Métodos de análise química de plantas.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983, 48 p. (Circular, n. 78).

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertirrigation for corn. **Jounal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, p. 56-60, 1995.

BLANCO. F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta.** 2004. 115 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BOARETTO, R. M.; MATTOS JÚNIOR, D.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA. T.; BOARETTO. A. E. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (15N) aplicado em pomar jovem de laranjeira. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 600-605, 2007.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J. L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (Eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. Wageningen: Pers, 2000. p. 72-82.

BURGUEÑO, H. **La fertirrigacion en cultivos hortícolas com acolchado plástico**. Culiacan: BUSAR, 1996. v. 1, 45 p.

CADAHÍA, C.; LUCENA, J. J. Diagnostico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigacion**: cultivos horticolas y ornamentales. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. p. 173-246.

CADAHÍA, C.; LUCENA, J. J. Diagnostico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigación**: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. p. 183-257.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas**, CXampinas, n. 106, 1986. 94 p.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimative specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 557-562, 1997.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. S. de; MAGALHÃES, A. F. J**. Irrigação e fertirrigação em citros**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2000. 23 p. (Circular técnica, 38).

CRESTE, J. E. O potássio na cultura dos citros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 491-522.

CRUZ, C. J. D. ; PARRON, L. M. ; ROCHA, A. L. A. . Disponiblidade e mobilidade de íons em solução de solo sob cultura de cafeeiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; TELES FILHO, J. F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. I: efeitos sobre o meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 208-218, 2006.

DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C.R.A.; BÜLL, L.T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 214-18, 2002.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, C. M. P.; OLIVEIRA, M. V. A. M.; DARLI, A. B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 154-160, 2005.

DWYER, L.M. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Journal Plant Science**, Limerick, v. 75, p. 179-182, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2.** DEX/UFLA, 2003. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M. M. M.; FONTES, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@nbiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 106-112, 2011.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; BOARETTO, R. M.; BOARETTO, A. E. Calibration of cardy-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 8-11, 2005.

FREIRE, F.M.; MASCARENHAS, M. H. T.; VIANA, M. C. M.; GONÇALVES, L. D.; LARA, J. F. R.; ANDRADE, C. L. T.; PURCINO, H. M. A. Produtividade, teor de nitrato na seiva da nervura central e de nitrogênio total nas folhas de alface em resposta a doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 74-78, 2008.

FUNDECITRUS. **Manual técnico de morte súbita dos citros**. Araraquara: Fundecitrus, 2007. 12 p.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. BULL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 6, p. 1049-1056, 2003.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 217-226, 2008.

GODOY, L. J. G.; SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L. Perspectivas de uso de métodos diagnósticos alternativos: análise de seiva e medida indireta da clorofila. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas**: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/FUNDUNESP, 2010. p. 135-184.

HOCHMUCH, G. J. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and Potassim for vegetable petiole SAP quick tests. **HortTechnology**, Alexandria, v. 4, n. 3, p. 218-222, 1994.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, 1997. p. 137-69.

JIMÉNEZ, S.; ALÉS, J. I.; LAO, M. T.; PLAZA, B.; PÉREZ, M. Evaluation of nitrate quick to improve fertigation management. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 37, p. 2461-2469, 2006.

LEAL, R. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ZACCARO, R. P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 8, p. 1111-1119, 2007.

MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas – função dos nutrientes na planta. In: Sá, M. E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 19-43.

MATTOS JÚNIOR., D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A. K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.60, p.155-160, 2003.

MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S. A. Superfície de resposta do tangor 'Murcott' à fertilização com N, P e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 164-167, 2004.

MATTOS JÚNIOR, D.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 199-219.

MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R. M. Citros: Manejo da Fertilidade do solo para alta produtividade. **Informações Agronômicas,** Piracicaba, n. 128, p. 1-12, 2009.

MEUGER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

MIRANDA, J.; COSTA, L. M. da; RUIZ, H. A.; EINLOFT, R. Composição química da solução do solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 30, p. 633-647, 2006.

MORAES, J. F. V.; DYNIA, J. F. Uso de cápsulas porosas para extrair a solução do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 10, p. 1523-1528, 1990.

MORAES, J. C. B.; SALCEDO, I. H. S.; SOUSA, V. F. Doses de potássio por gotejamento no estado nutricional do maracujazeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 763-770, 2011.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ARAÚJO, R. F. Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 335-340, 2011.

MOREIRA, M. A.; VIDIGAL, S. M. **Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura do repolho**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 5 p. (Circular técnica).

MUNER, L. H.; RUIZ, H. A.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE.; FREIRE, M. B. G. S. Disponibilidade de zinco para o milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 29-36, 2011.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.276-374.

PAPADOPOULOS. I. Processo de transição da fertilização convencional para a fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 9-69.

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

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter for predict sidedress requeriments for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, p. 59-65, 1992.

PÔRTO, M. L. **Produção, estado nutricional e acúmulo de nitrato em plantas de alface submetidas à adubação nitrogenada e orgânica**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

PURQUEIRO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio.** 2005. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. Van; PIZA JUNIOR, C. T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 121-153.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira 'Pêra'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 5, p. 627-634, 2003.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; CANTARELLA, H.; STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R. Sweet Orange trees grafted on selected rootstocks fertilized with nitrogen, phosporus and potassium. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 55-60, 2004.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 485-507.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 5, p. 1-10, 2006.

QUIÑONES, A.; BAÑULS, J.; MILO, E. P. LEGAZ, F. Effects of ^{15}N application frequency on nitrogen uptake efficiency in Citrus trees. **Journal of Plant Physiology**, Sttutgart, v. 160, n. 12, p. 1429-1434, 2003.

RAGOSO, C. R.; BULL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L.; DUENHAS, L. H. Avaliação dos teores nutricionais em laranjeira 'Valência', sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 23-31, 2009.

RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

REIS, A. R.; JUNIOR, E. F.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.

RONCHI, C. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; NUNES, J. C. S.; MARTINEZ, H. E. P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 278, p. 469-484, 2001.

ROZANE, D. E.; SOUZA, R. A.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F.; LEAL, R. M. Influência do cultivar, do tipo de folha e do tempo de cultivo na medida indireta da clorofila (SPAD) em mudas de goiabeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1538-1543, 2009.

SALOMÃO, H. Fertirrigação em citros. In: FOLLEGATTI, M. V. **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 460.

SALOMÃO, L. C. **Determinação do tempo de vácuo, momento de coleta e posicionamento de extratores de cápsulas porosas em solo arenoso**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SANTOS, P. C.; LOPES, L. C.; FREITAS, S. J.; SOUZA, L. B.; CARVALHO, A. J. C. Crescimento inicial e teor de nutricional do maracujazeiro amarelo submetido à adubação com diferentes fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 722-728, 2011. Número especial.

SETIN, D. W.; CARVALHO, S. A.; MATTOS JÚNIOR, D. Crescimento inicial e estado nutricional da laranjeira 'Valência' sobre porta-enxertos múltiplos de limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle'. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 397-406, 2009.

SILVA. E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOARES. M. R.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, R. F. Adsorção de boro em solos ácricos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 52, p. 111-120, 2008.

SOUZA, T. R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação**. 2010. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUZA, T. R; QUAGGIO, J. A; SILVA, G. O. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal, v. 28, n.3, p. 501-505, 2006.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

SOUZA, T. R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação**. 2010. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUZA, H. A.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Resíduo da indústria processadora de goiabas em pomar comercial de goiabeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 969-979, 2011.

TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; SMARSI, R. C. Teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila e teores de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo na videira 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 649-659, 2011.

TRESSLER, D. J.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetable juice processing technology**. Westport: Connecticut AVI, 1961. 1028 p.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; NETO,J. E. B.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional - atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form solution for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 2, p. 892-898, 1980.

VENEGAS, V. H. A.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. X-ENXOFRE. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLLEGATTI, M. V. **Fertirrigação**: citros, flores, hortaliças. Guaíba, Agropecuária, 1999. p. 293-319.

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETO, A. E.; SOUZA, V. F.; DUENHAS, L. H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 71-103.

VITTI, G. C.; LIMA, E; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: Manlio Silvestre Fernandes. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATTO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 180-193, 2007.