

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

**MONITORAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS
CÍTRICAS E DA SOLUÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE
FERTIRRIGAÇÃO**

THAIS REGINA DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU - SP

Março - 2010

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

**MONITORAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS
CÍTRICAS E DA SOLUÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE
FERTIRRIGAÇÃO**

THAIS REGINA DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Co-orientador: PqC. Dr. José Antônio Quaggio

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP

Março - 2010

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

S731m Souza, Thais Regina de, 1980-
Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação / Thais Regina de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2010.
xiii, 131 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Co-orientador: José Antônio Quaggio
Inclui bibliografia.

1. Citros. 2. Clorofilômetro. 3. Seiva. 4. Fertirrigação. 5. Solução do solo. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Quaggio, José Antonio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “MONITORAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS
CÍTRICAS E DA SOLUÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE
FERTIRRIGAÇÃO”.**

ALUNA: THAÍS REGINA DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

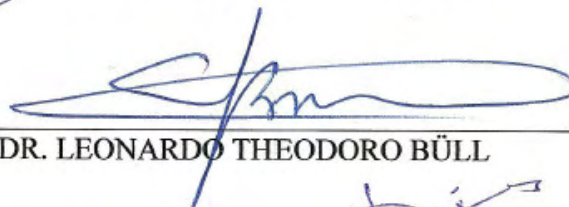
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS



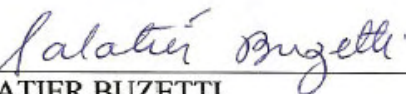
PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. LEONARDO THEODORO BÜLL



PROF. DR. DIRCEU DE MATTOS JÚNIOR



PROF. DR. SALATIER BUZETTI

Data da Realização: 18 de março de 2010.

À minha mãe, ***Regina Helena Previero***
pelo carinho e esforço dedicado a minha formação

À minha irmã, ***Natália Regina de Souza***
pela amizade que existe entre nós

Ao meu companheiro, ***Giovani Chiachia***
pelo carinho e apoio constante

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, minha especial gratidão pela orientação, apoio, ensinamentos, confiança e amizade durante o período de desenvolvimento deste trabalho;
- Ao PqC. Dr. José Antônio Quaggio, pelos conselhos, apoio e atenção dedicada ao desenvolvimento deste ensaio;
- À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), pela infra-estrutura e oportunidade de realizar este curso, em especial ao Departamento de Ciência do Solo e seus funcionários pela amizade e auxílio nas análises;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudos e pelos recursos financeiros concedidos para o desenvolvimento deste projeto;
- Ao Instituto Agrônômico (IAC), pela infra-estrutura na realização das análises de seiva e aos funcionários do Setor de Análise de Solo e Tecido Vegetal pela atenção e auxílio;
- À empresa Citrovita-Votorantim/Agroindústria, por ceder a área e a todos os seus funcionários que auxiliaram na condução deste ensaio no campo;
- À Dr^a. Mônica Ferreira de Abreu e aos professores Dr. Dirceu Maximino Fernandes e Dr. João Carlos Cury Saad, pelo apoio e atenção;
- A todos os colegas do curso de pós-graduação, em especial os amigos Leandro e Letícia, e também aos alunos de iniciação científica, Marina, Thiago, Jamerson e Thomas, pela ajuda durante as coletas e análises;
- Às minhas amigas, Betina, Suzy, Helen, Fernanda e Milena, pela hospitalidade e convivência harmoniosa durante minha permanência em Botucatu;
- A toda minha família, principalmente minhas tias, Ana Lúcia Previero Baraldi, Conceição Aparecida Previero, Maria das Graças Previero Schaefer e Lourdes Aparecida Previero da Silva, pelo estímulo, apoio dedicado a minha formação e por estarem sempre presentes nos momentos decisivos.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMO..... | 1 |
| SUMMARY..... | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 8 |
| 2.1 Dificuldades de recomendação da adubação na fertirrigação..... | 8 |
| 2.2 Alternativas para melhorar a recomendação da dose e do parcelamento dos nutrientes na fertirrigação..... | 10 |
| 2.2.1 A solução do solo..... | 10 |
| 2.2.2 Medida indireta da clorofila..... | 13 |
| 2.2.3 Análise da seiva..... | 14 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 18 |
| 3.1 Definição do talhão..... | 18 |
| 3.2 Definição dos tratamentos..... | 19 |
| 3.3 Parcelamento e delineamento estatístico..... | 19 |
| 3.4 Parcelamento de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O na fertirrigação..... | 20 |
| 3.4.1 Safra 2007/2008..... | 20 |
| 3.4.2 Safra 2008/2009..... | 20 |
| 3.5 Micronutrientes..... | 21 |
| 3.6 Calagem e tratamento fitossanitário..... | 21 |
| 3.7 Análises para caracterização da área do projeto..... | 22 |
| 3.7.1 Análise de solo..... | 22 |
| 3.7.2 Análise granulométrica..... | 23 |
| 3.7.3 Obtenção da curva de retenção de água no solo..... | 24 |
| 3.8 Instalação do sistema de irrigação..... | 24 |
| 3.8.1 Instalação dos tensiômetros..... | 26 |
| 3.9 Análises realizadas durante o desenvolvimento do projeto..... | 27 |
| 3.9.1 Coleta e análise do solo..... | 28 |
| 3.9.2 Coleta e análise da solução do solo..... | 28 |
| 3.9.3 Coleta e análise das folhas..... | 30 |
| 3.9.4 Determinação da medida indireta da clorofila..... | 31 |
| 3.9.5 Coleta e análise dos ramos da brotação nova (seiva)..... | 31 |
| 3.10 Precipitação e temperatura..... | 32 |
| 3.11 Produção e qualidade dos frutos..... | 34 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 36 |
| 4.1 Análise do solo..... | 36 |
| 4.2 Análise da solução do solo..... | 43 |
| 4.2.1 Comportamento dos nutrientes em função dos tratamentos..... | 43 |
| 4.2.2 Perdas de nutrientes por lixiviação e diferenças entre áreas de produção.... | 46 |
| 4.3 Análise foliar..... | 55 |
| 4.4 Determinação indireta da clorofila..... | 62 |
| 4.5 Análise da seiva..... | 65 |
| 4.6 Concentração de N, P e K na planta, nos diferentes estádios de | |

| | | |
|---------|---|-----|
| | desenvolvimento da cultura..... | 74 |
| 4.6.1 | Safra 2007/2008..... | 74 |
| 4.6.1.1 | Nitrogênio..... | 75 |
| 4.6.1.2 | Potássio..... | 79 |
| 4.6.1.3 | Fósforo..... | 81 |
| 4.6.2 | Safra 2008/2009..... | 95 |
| 4.6.2.1 | Nitrogênio..... | 95 |
| 4.6.2.2 | Potássio..... | 96 |
| 4.6.2.3 | Fósforo..... | 98 |
| 4.7 | Quantificação da produção e qualidade dos frutos..... | 107 |
| 4.7.1 | Safra 2007/2008..... | 107 |
| 4.7.2 | Safra 2008/2009..... | 109 |
| 5. | CONCLUSÕES..... | 118 |
| 6. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 120 |
| 7. | APÊNDICES..... | 130 |
| 7.1 | Apêndice 1..... | 130 |
| 7.2 | Apêndice 2..... | 131 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|--------|
| 1. Análise preliminar do solo, realizada na área de cada variedade de laranja..... | 23 |
| 2. Resultado da análise de textura do solo, na área de cada variedade de laranja..... | 23 |
| 3. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Valência, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2007/2008..... | 39 |
| 4. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Hamlin, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2007/2008..... | 40 |
| 5. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Valência, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2008/2009..... | 41 |
| 6. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Hamlin, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2008/2009..... | 42 |
| 7. Resultado da análise da solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência, referente à média dos 11 meses de amostragem..... | 50 |
| 8. Resultado da análise da solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, referente à média dos 11 meses de amostragem..... | 51 |
| 9. Resultado da análise foliar, em relação aos tratamentos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, referente à média dos 22 meses de amostragem... | 59 |
| 10. Resultado da análise de seiva, em relação aos tratamentos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, referente à média dos 22 meses de amostragem... | 71 |
| 11. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila e teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008)..... | 83 |
| 12. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila, teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008)..... | 84 |

| | |
|---|-----|
| 13. Concentração de K na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008)..... | 85 |
| 14. Concentração de K na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008)..... | 86 |
| 15. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008)..... | 87 |
| 16. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008)..... | 88 |
| 17. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila, teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009)..... | 101 |
| 18. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila e teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009)..... | 102 |
| 19. Concentração de potássio na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009)..... | 103 |
| 20. Concentração de potássio na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009)..... | 104 |
| 21. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009)..... | 105 |
| 22. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009)..... | 106 |
| 23. Quantificação da produção e qualidade dos frutos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, em relação aos tratamentos, na safra 2007/2008..... | 112 |

24. Quantificação da produção e qualidade dos frutos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, em relação aos tratamentos, na safra 2008/2009..... 113

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| 1. Curva de retenção da água no solo, para as camadas de 0-20 (A), 20-40 (B) e 40-60 (C) cm de profundidade..... | 25 |
| 2. Montagem do sistema de irrigação/fertirrigação: (A) linha principal com os cinco tratamentos, (B) conexão da linha lateral com as linhas de tubos gotejadores, (C) injeção e filtragem, (D) saída de cada tratamento e (E) preparo dos fertilizantes..... | 26 |
| 3. Instalação (A) e posição (B) das baterias de tensiômetros nas parcelas..... | 27 |
| 4. Esquema demonstrativo da posição dos extratores de solução do solo no campo..... | 29 |
| 5. Extrator de solução do solo..... | 29 |
| 6. Aplicação do vácuo (A) e coleta da solução do solo (B)..... | 30 |
| 7. Separação da seiva (éter etílico adquire coloração verde)..... | 32 |
| 8. Precipitação ocorrida na safra 2007/2008..... | 33 |
| 9. Precipitação ocorrida na safra 2008/2009..... | 33 |
| 10. Temperatura média mensal para as safras 2007/2008 e 2008/2009..... | 34 |
| 11. Concentração de nitrato na solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, e valores de precipitação, para os diferentes meses de amostragem: (A) Valência safra 2007/2008, (B) Hamlin safra 2007/2008, (C) Valência safra 2008/2009 e (D) Hamlin safra 2008/2009..... | 52 |
| 12. Concentração de potássio na solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, e valores de precipitação, para os diferentes meses de amostragem: (A) Valência safra 2007/2008, (B) Hamlin safra 2007/2008, (C) Valência safra 2008/2009 e (D) Hamlin safra 2008/2009..... | 53 |
| 13. Concentração de boro na solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, e valores de precipitação, para os diferentes meses de amostragem: (A) Valência safra 2007/2008, (B) Hamlin safra 2007/2008, (C) Valência safra 2008/2009 e (D) Hamlin safra 2008/2009..... | 54 |
| 14. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na folha, para a variedade de copa Valência: (A) nitrogênio, | |

| | |
|---|----|
| (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco..... | 60 |
| 15. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na folha, para a variedade de copa Hamlin: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco..... | 61 |
| 16. Valores de leitura SPAD e teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, para a variedade de copa Valência..... | 62 |
| 17. Valores de leitura SPAD e teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin..... | 62 |
| 18. Relação entre leitura SPAD e teor de N nas folhas..... | 65 |
| 19. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na seiva, para a variedade de copa Valência: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco..... | 69 |
| 20. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na seiva, para a variedade de copa Hamlin: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco..... | 70 |
| 21. Relação entre a concentração de N na seiva e o teor foliar de N..... | 73 |
| 22. Relação entre a concentração de K na seiva e o teor foliar de K..... | 73 |
| 23. Comportamento do nitrogênio na seiva, em todos os tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D)..... | 89 |
| 24. Comportamento do potássio na seiva, em todos os tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D)..... | 90 |
| 25. Comportamento do fósforo na seiva, em todos os tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D)..... | 91 |
| 26. Comportamento de N na seiva, para a média dos tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D) de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação..... | 92 |
| 27. Comportamento de K na seiva, para a média dos tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D) de acordo com a precipitação e o | |

| | |
|---|-----|
| parcelamento da adubação..... | 93 |
| 28. Comportamento de P na seiva, para a média dos tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D) de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação..... | 94 |
| 29. Comportamento do P na seiva e na folha na safra 2008/2009, para a média dos tratamentos, na variedade de copa Valência (A) e Hamlin (B)..... | 100 |
| 30. Correlação entre a produção e os valores de leitura SPAD (A e E), nitrogênio na solução do solo (B e F), na seiva (C e G) e na folha (D e H), para a variedade de copa Valência: (A, B, C e D) safra 2007/2008 e (E, F, G e H) safra 2008/2009..... | 114 |
| 31. Correlação entre a produção e os valores de leitura SPAD (A e E), nitrogênio na solução do solo (B e F), na seiva (C e G) e na folha (D e H), para a variedade de copa Hamlin: (A, B, C e D) safra 2007/2008 e (E, F, G e H) safra 2008/2009..... | 115 |
| 32. Correlação entre a produção e os teores de potássio na solução do solo (A e D), na seiva (B e E) e na folha (C e F), para a variedade de copa Valência: (A, B e C) safra 2007/2008 e (D, E e F) safra 2008/2009..... | 116 |
| 33. Correlação entre a produção e os teores de potássio na solução do solo (A e D), na seiva (B e E) e na folha (C e F), para a variedade de copa Hamlin: (A, B e C) safra 2007/2008 e (D, E e F) safra 2008/2009..... | 117 |

LISTA DE APÊNDICES

| | Página |
|---|--------|
| 1. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Valência, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em maio de 2007..... | 130 |
| 2. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Hamlin, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em maio de 2007..... | 131 |

MONITORMANETO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS CÍTRICAS E DA SOLUÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO. Botucatu, 2010. 131p.

Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: Thais Regina de Souza

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-orientador: José Antônio Quaggio

RESUMO

O fornecimento adequado de nutrientes é fundamental para melhorar a produtividade e reduzir os custos de produção, principalmente em sistemas de fertirrigação, onde a adição e a demanda por nutrientes podem ser ajustadas. Sendo assim, estudos sobre o monitoramento do estado nutricional das culturas são necessários. Esses estudos incluem técnicas de análise mais eficientes para determinar com maior rapidez e precisão os nutrientes absorvidos pela planta e, assim, definir com mais segurança o manejo adequado da adubação via fertirrigação. O objetivo deste projeto de pesquisa foi avaliar o efeito de cinco doses de N, P e K, fornecidas via fertirrigação, sobre a produção e a qualidade da laranja e o estado nutricional da planta em duas combinações de copa porta-enxerto. Para isso, um trabalho experimental de campo em Reginópolis-SP/Brasil foi conduzido durante duas safras com plantas das variedades Valência e Hamlim, ambas sobre porta-enxerto citrumelo Swingle. Os tratamentos consistiram de cinco doses de N, P e K, aplicadas via fertirrigação: T1 - controle (sem nutriente); T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 100% e T5 - 200% da dose de N, P e K. A dose 100%, oficialmente recomendada, foi definida com base no histórico de análises de solo e folhas e também em função da produtividade esperada. A partir desta dose foram calculadas as outras. Para monitorar o estado nutricional das plantas foram realizadas análises de folha e seiva e também foi determinada a medida indireta da clorofila. A dinâmica dos nutrientes no solo foi monitorada pela amostragem do solo e também pela coleta da solução do solo, com o auxílio de extratores de cápsula porosa. Também foi quantificada a produção e avaliada a qualidade dos frutos. O aumento das doses de N, P e K aplicadas via fertirrigação,

ocasionaram queda nos valores de pH e aumento na condutividade elétrica e nos teores de amônio, nitrato, fósforo, potássio, manganês e zinco na solução do solo. Uma correlação estreita foi observada entre as medidas de leitura SPAD com as doses de nitrogênio aplicadas e com o teor de N nas folhas. A seiva refletiu melhor o parcelamento da adubação e também foi mais afetada por parâmetros climáticos como precipitação e temperatura. A produção baixa foi influenciada pelos eventos ocorridos na solução do solo e na safra 2007/2008 também foi afetada pelo clima. Nesta safra a produção foi maior no tratamento T3 e na safra 2008/2009 no tratamento T4 em ambas as variedades de copa. As diferentes doses de N, P e K aplicadas não foram suficientes para provocar variações significativas na qualidade das frutas. Baseado nos resultados obtidos foi possível concluir que a medida indireta da clorofila, a análise da seiva e a análise da solução do solo podem ser empregadas como ferramentas auxiliares no monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e no manejo da fertirrigação.

Palavras-chave: citros, clorofilômetro, seiva, solução do solo, produção, qualidade.

NUTRITIONAL STATE MONITORING OF CITRIC PLANTS AND OF SOIL SOLUTION IN A FERTIGATED SYSTEM. Botucatu, 2010. 131p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Thais Regina de Souza

Adviser: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-adviser: José Antônio Quaggio

SUMMARY

The management of nutrients supply is fundamental to increase citrus fruit yield and to reduce the production costs, mainly in fertigated orchards, in which the nutrients supply and demand can be adjusted. This way, studies about monitoring the nutritional conditions of the plants are necessary. Such studies include more efficient analysis techniques to assess faster and more accurately the absorbed nutrients, enabling a safe management of the fertilizers. This research project was aimed at evaluating the effect of five rates of N, P, and K, supplied by means of fertigation, in the yield and quality of the oranges and in the plant's nutritional state on two combinations of treetop rootstocks. For this, an experimental work in the city of Reginópolis-SP/Brazil was conducted during two harvests with Hamlin and Valência trees, both grafted on citrumelo Swingle rootstock. The treatments consisted of five rates of N, P, and K, applied through fertigation: T1 - control (no nitrogen); T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 100% and T5 - 200% of the N, P, and K rate. The 100% rate, officially recommended, was established based on historic soil and leaf analysis and also in accordance with the expected productivity. The remaining rates were calculated from it. To monitor the nutritional state of the plants, leaf analysis, sap analysis, and the indirect measurement of the chlorophyll were employed. The nutrients dynamics in the soil was evaluated by soil sampling and by the soil solution analysis, with the help of porous covering soil solution extractors. The yield was quantified and the fruit quality was also assessed. The increasing in the N, P, and K rates through fertigation caused a decreasing in pH and an increasing in electrical conductivity and in ammonium, nitrate, phosphorus, manganese and

zinc in the soil solution. A narrow correlation with the SPAD measures was observed in the applied nitrogen rates and in the N-leaf level. The sap analysis showed better sensitivity with respect to the fertilizing rates and was also affected by climate parameters such as precipitation and temperature. The low yield was affected by events occurred in the soil solution and in the 2007/2008 harvest was also affected by climate. In this harvest, the yield was higher in treatment T3 and in the 2008/2009 harvest in treatment T4 for both treetops varieties. The different rates of N, P, and K were not sufficient to cause significant variations in fruit quality. Based in the obtained results, it is possible to conclude that the indirect measurement of the chlorophyll, the sap analysis, and the soil solution analysis can be applied as support tools in the nutritional state monitoring of citric plants and in the fertigation management.

Keywords: citrus, chlorophyllmeter, sap, soil solution, yield, quality.

1. INTRODUÇÃO

Os citros são originários das zonas tropicais úmidas do Sudeste da Ásia, porém, a produção comercial em grande escala encontra-se nas zonas subtropicais sob irrigação (DOORENBOS & KASSAM, 1994). A citricultura brasileira destaca-se em número de plantas e em importância econômica. A região sudeste, sobretudo o Estado de São Paulo, é referência em citricultura e responde por mais de 85% da produção nacional de laranjas. Na safra 2006/2007 foram produzidas 366 milhões de caixas desta fruta, e para a safra 2007/2008, o instituto FNP previa uma produção de 384 milhões de caixas (FNP, 2009).

Nos últimos anos, ocorreu na citricultura uma rápida expansão no uso da irrigação localizada, não só pelo aumento de produtividade que o sistema proporciona, mas também por promover a antecipação da floração e a produção de frutos fora do pico da safra. Em pomares cítricos existe grande aumento de projetos com irrigação localizada, devido principalmente aos promissores resultados obtidos e ao atendimento as questões ambientais de escassez de água (VILLAS BÔAS et al., 2005).

A irrigação na citricultura ganhou importância ainda maior após o aparecimento de uma nova doença, detectada em 2001, em pomares localizados nas regiões Sudeste do Estado de Minas Gerais e Norte do Estado de São Paulo, a morte súbita do citros (MSC). Estudos mostraram que a MSC estava provavelmente associada a uma variante do vírus da tristeza do citros (CTV), para qual o porta-enxerto limão Cravo era sensível. Este

nova doença representou um grande risco a citricultura paulista, pois ameaçava o parque citrícola brasileiro, no qual aproximadamente 90% das árvores estavam enxertadas sobre limão Cravo, variedade considerada alicerce da citricultura brasileira pela sua precocidade, rusticidade e principalmente resistência à seca.

O controle da MSC promoveu adaptações no sistema de manejo dos pomares enxertados com a utilização de outros porta-enxertos como as tangerinas Sunki e Cleópatra e os híbridos citrumelos e citranges que são resistentes à MSC, porém sensíveis à seca, tornando assim, a irrigação necessária nas regiões tradicionais de citricultura dos Estados de São Paulo e Minas Gerais (BESSANEZI et al., 2003).

A fertirrigação consiste na utilização de duas técnicas simultaneamente, irrigação e fertilização. Segundo Salomão (1999), uma das principais vantagens da fertirrigação é o ganho de eficiência, devido ao maior parcelamento da adubação, o que reduz as perdas por lixiviação e principalmente pelo melhor ajuste entre a demanda por nutrientes pelas plantas, nos diferentes estádios de desenvolvimento. De acordo com este mesmo autor, uma das principais limitações da fertirrigação é a escassez de informações quanto às curvas de crescimento e de absorção de nutrientes, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, para se definir doses e estabelecer parcelamentos de fertilizantes no programa de fertirrigação.

No cálculo das concentrações finais de nutrientes no sistema de fertirrigação, além das demandas pela planta, devem ser consideradas ainda que as dissoluções de fertilizantes interagem com a matriz coloidal, o que resulta em grandes variações na disponibilidade de nutrientes para as plantas na solução do bulbo úmido. Essa interação depende da textura e mineralogia do solo e deve ser considerada no cálculo das dissoluções. Por essas razões e pela fertirrigação ser uma técnica que exige alterações rápidas e precisas nas quantidades de nutrientes aplicados, é importante o monitoramento de modo a promover os ajustes necessários ainda durante o ciclo da cultura (VILLAS BÔAS et al., 2005).

Uma vez que os nutrientes absorvidos pelas plantas são obtidos da solução do solo, o progresso no estudo do solo como um meio para o crescimento das plantas dependerá de um melhor conhecimento da solução do solo (HOAGLAND et al., 1920). Portanto, o conhecimento da composição química da solução do solo poderá fornecer subsídios importantes para o monitoramento adequado da fertirrigação.

A análise da seiva tem sido considerada uma nova ferramenta para determinar e quantificar o que a planta está absorvendo no momento da amostragem. Segundo Lozano (1996) é uma técnica bastante precisa e sensível para se determinar a demanda por nutrientes de plantas lenhosas nos diferentes estádios de desenvolvimento, que é a base fundamental do programa de nutrição na fertirrigação. A determinação química da análise da seiva é vantajosa, devido principalmente a sua sensibilidade e precisão, tornando mais confiáveis as mudanças na adubação, quando necessárias.

Segundo Rozane et al. (2008), além dos métodos de análise química direta das plantas, existem outros métodos indiretos, destacando-se a medida indireta da clorofila, que avalia o estado nutricional para nitrogênio, a partir da medida da intensidade da cor verde das folhas, utilizando, para isso, um aparelho denominado clorofilômetro. Este equipamento vem mostrando ser uma ferramenta simples e rápida para predizer o estado nutricional do nitrogênio em condições de campo.

Portanto, o objetivo deste projeto de pesquisa foi avaliar o efeito de cinco doses de N, P e K, fornecidas via fertirrigação, sobre a produção e a qualidade da laranja e o estado nutricional da planta em duas combinações de copa/porta-enxerto. Os resultados foram correlacionados com as análises de seiva e solução do solo e com a medida indireta da clorofila, comparando estas técnicas com outras já definidas e padronizadas para avaliar o estado nutricional das plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Dificuldades de recomendação da adubação na fertirrigação

A adoção rápida da técnica de fertirrigação em muitas regiões fez com que a prática se adiantasse às investigações e, com isso, apareceram problemas. Infelizmente, este fato tem implicado em redução de produtividade e desestímulo ao uso por parte de alguns produtores. O manejo inadequado da fertirrigação, além de reduzir a produtividade e a qualidade do produto, por efeito do desequilíbrio nutricional, pode aumentar o custo de produção, ampliar a perda de água e de fertilizantes, causar salinização dos solos devido à aplicação excessiva e, ainda, por meio da lixiviação, contaminar mananciais de águas, causando danos ao ambiente (VILLAS BÔAS et al., 2001).

Quanto às doses de nutrientes recomendadas na fertirrigação, Montag & Shnek (2003), alegando valores de produtividade normalmente maiores quando se utiliza a prática da fertirrigação, recomendam acréscimos nas doses de nitrogênio e potássio, em relação às doses recomendadas para adubação convencional. Porém, segundo Dias (2004), mediante os laudos laboratoriais, podem-se recomendar as mesmas doses de adubos, tanto para uso na adubação convencional quanto na fertirrigação, porém esta recomendação não deve ser generalizada, pois apesar da fertirrigação produzir mais, adubos aplicados em menor quantidade e maior frequência, tem-se maior eficiência.

Para Quiñones et al. (2007a), a dose de fertilizante aplicada na citricultura fertirrigada deve ser definida de acordo com a necessidade da cultura, considerando que parte dos nutrientes são fornecidos pela reserva contida nas folhas velhas. As diferenças entre a necessidade e as reservas, constituem a necessidade anual. Esta deve ser relacionada com a eficiência de aproveitamento dos nutrientes no sistema de fertirrigação e, por último, as doses de N, P₂O₅ e K₂O devem ser obtidas em função do diâmetro da copa da variedade cultivada. A máxima dose de nutrientes se aplica quando o diâmetro da copa for máximo, sendo controlado pelo espaçamento de plantio. Portanto, para Quiñones et al. (2007a), a dose máxima de nutrientes aplicada é independente da variedade e se calcula em função da densidade de plantio.

Os projetos na fertirrigação estão sendo preparados para permitir flexibilidade de atuação específica por variedade (precoces, medianas e tardias), que requerem quantidades e proporções nutricionais distintas ao longo do ano. Portanto, será necessário obter com precisão as doses de nutrientes para atender essa demanda diferencial. Quanto à interpretação das doses e frequência de aplicação dos nutrientes, devem-se considerar fatores como diversidade do clima, tipos de solo, cultivar e variabilidade das espécies (TRANI, 2004).

O manejo da fertirrigação normalmente é feito através da aplicação de quantidades preestabelecidas de fertilizantes, sem um adequado monitoramento do estado nutricional da planta durante o período de cultivo (BLANCO, 2004). Ao definir o parcelamento da adubação, na fertirrigação, deve-se lembrar que a cultura irrigada tem suas particularidades e seu ciclo próprio. Por isso é importante verificar, nas condições locais, de que forma ocorrem as diferentes fases da cultura, como floração, pegamento de frutos, enchimento de grãos.

Pode ocorrer, com o passar do tempo, certos desequilíbrios nutricionais, devido à dificuldade de quantificar com precisão os nutrientes absorvidos pela planta e as interferências químicas ocasionadas pelos diferentes tipos de solo (VILLAS BÔAS et al., 2005).

Segundo Villas Bôas et al. (1994), os conceitos ligados à adubação (quantidade, parcelamento, fontes etc.) e a fisiologia vegetal (curva de absorção de nutrientes) devem ser revistos quando se pensa em fertirrigação. Hernandez (1994) também comenta que a pesquisa ainda tem muito a contribuir para a melhoria da técnica de fertirrigação, divulgando

curvas de crescimento e absorção de nutrientes para as diferentes culturas. Estas são importantes quando se assume uma fertirrigação frequente e a períodos curtos de tempo. Através delas, podem-se estabelecer outros padrões de fertilização, próprios à fertirrigação.

2.2. Alternativas para melhorar a recomendação da dose e do parcelamento dos nutrientes na fertirrigação

A utilização de novas técnicas de análise, que permitam melhorar o fornecimento de nutrientes e venham apoiar e ajudar o agricultor a atingir lucros e otimizar recursos, principalmente adubos, além de promoverem um adequado manejo nutricional das culturas, contribuirão de forma significativa, tanto no aumento da produtividade quanto na redução do custo de produção, principalmente em sistemas de fertirrigação, onde se permitem aplicações frequentes de fertilizantes.

2.2.1. A solução do solo

O solo é uma massa porosa, com parte dos espaços vazios ocupados por ar e água. Na realidade, não se trata de água pura, mas de uma solução, que contém diversos solutos, principalmente nutrientes. É a partir desta solução que os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas (RAIJ, 1991).

De acordo com Mengel & Kirkby (1987), as plantas necessitam de um suprimento adequado de nutrientes durante todo o seu período de crescimento e, para isso, a concentração de nutrientes na solução do solo deve ser mantida em um nível satisfatório.

A disponibilidade de nutrientes na solução do solo é controlada por várias reações: equilíbrio entre ácido e base, complexação iônica, precipitação e dissolução de sólidos, oxidação, redução e trocas iônicas. A cinética dessas reações e a taxa de absorção biológica controlam a concentração dos íons na solução de solo (CHAVES et al., 1991).

O conhecimento da composição química da solução do solo, bem como da condutividade elétrica são importantes para verificar a disponibilidade de nutrientes,

determinar o potencial osmótico e até a presença de íons tóxicos, ao longo do ciclo de uma cultura (BURGUEÑO, 1996). Segundo Raij (1991), embora se reconheça a importância da solução do solo na nutrição vegetal, pois é dela que as plantas absorvem os nutrientes, seu estudo é difícil.

Wolt (1994) comenta que existem diversos métodos para extração da solução do solo: a) deslocamento de solução em coluna pela adição ou retirada de gases ou adição de líquidos, b) centrifugação à alta e à baixa pressão, c) câmara de pressão, d) por vácuo no extrato saturado e soluções aquosas, e) métodos de adsorção molecular e f) extratores providos de cápsulas porosas.

A utilização de cápsulas porosas para extrair a solução do solo é bastante difundida, devido principalmente ao manejo fácil, custo relativamente baixo e pelo fato do extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas e à quantificação de seus componentes (MORAES & DYNIA, 1990).

Silva et al. (1999) relacionam diversas vantagens na utilização de cápsulas de cerâmica porosa no manejo dos íons na solução do solo, como: a solução corresponde à umidade equivalente ao momento em que a solução do solo é absorvida pela planta e assim os solutos dissolvidos são os mesmos que a planta estaria absorvendo; a amostragem é sistemática, verdadeiramente pontual e não destrutiva; a aferição da condutividade elétrica é praticamente instantânea.

Para Smethurst (2000), as recomendações de adubação não são baseadas nas características químicas da solução do solo devido à dificuldade de obtenção da solução e à alta variabilidade espacial e temporal. A qualidade da solução do solo obtida com os extratores de cápsulas porosa tem sido tema de questionamento, principalmente com relação à intensidade do vácuo aplicado, zona de influência da cápsula, liberação de íons pela cápsula e volatilização de compostos promovida pelo vácuo (BLANCO, 2004).

De acordo com Silva (2002), desde o início do século XX, diversos pesquisadores procuraram aperfeiçoar aparatos para extração da solução do solo, de forma que a solução extraída ficasse o mais próxima da realidade em termos de concentração iônica. Quanto à utilização do extrator provido de cápsula porosa, investir na melhora do equipamento seria uma forma de extrair com mais segurança a solução. A padronização das cápsulas de cerâmica porosa (porosidade), o aumento no tamanho da cápsula (zona de influência), a

vedação completa do equipamento (evitar perda de vácuo), seriam alternativas para aperfeiçoar a coletada da solução do solo.

A amostragem e a realização de análise química periódica de solo, com a finalidade de acompanhar as concentrações dos íons na solução, durante as fases de crescimento e desenvolvimento da cultura são inviáveis economicamente em uma atividade agrícola comercial, além de não ser uma metodologia instantânea, que possibilita tomada de decisão imediata (SILVA et al., 1999).

O monitoramento da composição química da solução do solo poderá auxiliar no manejo da fertirrigação, principalmente em relação ao nitrogênio, devido à dinâmica deste elemento no solo e à dificuldade de avaliação de sua disponibilidade para as plantas.

Em curto prazo, a dinâmica do nitrogênio no solo é difícil de prever. Dependendo da disponibilidade de resíduos orgânicos, da relação C/N do solo e dos resíduos, da umidade do solo, do pH e de outros fatores, pode haver uma determinada quantidade de nitrogênio mineral no solo a um dado momento. A determinação das formas minerais de nitrogênio na solução do solo poderá ser uma alternativa interessante para obter a concentração de N, devido principalmente à dificuldade no processamento das amostras de solo que precisam ser secas imediatamente ou congeladas, para evitar a formação de nitrogênio mineral durante o percurso até o laboratório (RAIJ, 1991).

Para Silva (2002), o monitoramento da solução com o uso de extratores providos de cápsulas de cerâmica porosa auxilia na tomada de decisão das quantidades de fertilizantes a serem aplicados no momento da fertirrigação, principalmente no caso do nitrogênio e do potássio.

Segundo Bar-Yousef (1991), existe a necessidade de pesquisas visando o desenvolvimento de métodos que permitam detectar pequenas variações no estado nutricional das plantas e na concentração de nutrientes na solução do solo, para que estas possam ser corrigidas assim que forem observadas. Silva (2002) comenta que a obtenção da solução do solo, por meio de cápsula porosa é complexa, tornando-se necessários estudos visando avaliar a precisão e a possibilidade da utilização desta metodologia, para diferentes cultivos, no auxílio ao manejo da fertirrigação.

2.2.2. Medida indireta da clorofila

Na prática, uma boa programação nutricional na citricultura requer a aferição da disponibilidade de nutrientes através de análises de solo e folha e também leva em consideração a expectativa de produtividade e a exportação de nutrientes pela colheita. A disponibilidade de N não tem sido eficientemente avaliada através de testes no solo e, em áreas de cultivo de plantas cítricas, o N-foliar tem sido empregado como guia para recomendação de nitrogênio.

O teor de clorofila nas folhas também tem sido utilizado como indicador do teor de nitrogênio em plantas. Os métodos de determinação da clorofila são métodos destrutivos e demorados, porém, com o advento do medidor portátil SPAD-502, desenvolvido pela Minolta Corporation LTD, Osaka/Japão (1989), que mede a intensidade da coloração verde das folhas (quantidade de luz absorvida pela clorofila), é possível obter valores indiretos do teor de clorofila presente nas folhas de modo não destrutivo, rápido e simples.

O medidor SPAD-502, também denominado, clorofilômetro, avalia dois pontos, um de alta absorbância, na região do vermelho, onde há um pico da absorbância pela clorofila e outro na região do infravermelho, onde ocorre à máxima transmitância, este para tirar o efeito da espessura da folha e o seu grau de hidratação, assim, pode-se estimar indiretamente o teor de clorofila. O clorofilômetro mede a intensidade da cor verde da folha, sendo esta proporcional à concentração de clorofila, a qual está relacionada ao conteúdo de nitrogênio foliar (BUZETTI et al., 2008).

O maior benefício do medidor SPAD-502, de acordo com Piekielek et al. (1992), é a conveniência de uso onde uma área de produção pode ser amostrada em minutos obtendo resposta imediata. O custo do aparelho pode ser proibitivo para alguns produtores, mas não para grandes produtores, empresas de consultoria, associações e cooperativas de produtores.

Uma das maneiras de melhorar a eficiência da adubação nitrogenada e reduzir os riscos de contaminação do lençol freático é sincronizar a disponibilidade de N no solo com a necessidade da planta, o que pode ser conseguido com o uso da medida indireta de clorofila (BLACKMER et al., 1994; PETERSON et al., 1995).

Diferente do teor de N em plantas, onde esta pode absorver mais N do que necessita, a chamada absorção de luxo, para a clorofila isto não ocorre, ou seja, a clorofila na planta atinge valores máximos, podendo indicar o ponto a partir do qual não há mais resposta a adubação nitrogenada. Por apresentar baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N, a medição efetuada pelo medidor de clorofila está sendo considerada melhor indicadora do nível desse nutriente na planta do que o seu teor (BLACKMER et al., 1994).

A leitura do clorofilômetro é uma medida promissora, uma vez que se pode recomendar a aplicação de nitrogênio nas doses e épocas adequadas, já que a análise do solo não fornece resultados seguros e a análise foliar, além de apresentar demora na coleta, preparo da amostra e análise, tem resultados quando, muitas vezes, a época ideal da aplicação de N já passou (BUZETTI et al., 2008).

Peterson et al. (1995) afirmam que o uso do medidor SPAD-502 utilizado como instrumento no manejo da adubação nitrogenada, denominada "adubação quando necessário", é especialmente apropriado onde o nitrogênio adicional pode ser aplicado através do sistema de irrigação.

2.2.3. Análise da seiva

O material que convencionalmente se determina seiva, corresponde ao líquido extraído dos tecidos condutores da planta (CADAHÍA & LUCENA, 1998). Na análise da seiva, obtém-se o extrato somente de uma parte específica da planta (normalmente o pecíolo), que pode ser analisado em laboratório ou no próprio campo, utilizando kits específicos para análise de N-NO₃, K e P-PO₄.

O método de análise da seiva é aplicado na Espanha em diversas culturas como tomate, pimentão, melão, morango, trigo, milho, rosa, cravo, feijão, beterraba, cana-de-açúcar e citros (CADAHÍA & LUCENA, 2005). No Brasil algumas pesquisas, com tomate (BLANCO, 2004; OLIVEIRA, 2003; FONTES, 2002; GUIMARÃES, 1999) e rúcula (PURQUERIO, 2005) já foram realizadas utilizando esta técnica. Mesmo com as dificuldades que ainda existem na interpretação dos resultados, a análise da seiva vem demonstrando ter

maior sensibilidade e outras vantagens sobre a diagnose foliar. Segundo Cadahía & Lucena (2005), as vantagens da análise da seiva em relação à análise foliar são:

a) informação mais precisa da variação na concentração de nutrientes absorvidos durante o desenvolvimento da cultura, em relação à análise foliar que representa a nutrição da cultura desde o começo do seu ciclo até o momento da tomada da amostra;

b) resposta rápida a qualquer problema de nutrição durante o desenvolvimento da cultura, com a possibilidade de realizar correções de nutrição desde as primeiras etapas do ciclo de cultivo;

c) controle de deficiências e excessos de nutrientes em cada estágio de desenvolvimento e possibilidade de definir níveis de referência para o diagnóstico de nutrição;

d) relacionar os nutrientes da seiva e as características do tipo de solo, com a finalidade de conhecer a causa de um problema de nutrição;

e) a análise da seiva é menos afetada pelos efeitos de idade das folhas, portanto, oferece um diagnóstico mais correto.

Cadahía et al. (2005) observaram em um ensaio de fertirrigação com uva, no qual o estado nutricional das plantas foi avaliado pela diagnose foliar e pela análise da seiva extraída do pecíolo da planta, que a análise da seiva foi mais sensível às variações da adubação, principalmente com potássio, refletindo melhor os resultados de rendimento e parâmetros de qualidade, obtidos no ensaio.

A análise rápida de nitrato e potássio em seiva se mostrou uma ferramenta útil para verificar o estado nutricional da planta de pimentão (MORENO et al., 2003). Análise do tecido condutor em planta de batata, com o objetivo de monitorar o teor de nitrogênio na planta se mostrou uma técnica muito eficiente, garantindo a máxima produção com menor uso de fertilizantes nitrogenados. Esta técnica pode detectar a falta de nitrogênio na cultura da batata antes dos sintomas visuais e da redução na produção de tubérculos (KLEINKOPF et al., 2000).

Através da análise da seiva, retirada do pecíolo da cultura do tomate fertirrigada, Hernado & Cadahía (1973) observaram relações antagonicas entre nitrato/cloreto e cálcio/magnésio. Neste ensaio a fertirrigação foi feita com água salina e altas concentrações de cloro e magnésio foram encontradas na seiva em detrimento dos teores de nitrato e cálcio,

respectivamente. A baixa concentração de cálcio observada na seiva teve reflexo direto na qualidade dos frutos que apresentaram podridão apical.

Baseados no trabalho de Hernando & Cadahía (1973), Segura & Cadahía (2000) também trabalharam com tomate fertirrigado e observaram que o aumento da dose de nitrogênio na fertirrigação elevou o teor de N-NO₃ e diminuiu a concentração de cloro na seiva. Estes autores também obtiveram comportamento semelhante entre Ca e Mg, pois com o aumento da dose de cálcio, via fertirrigação, foi observado maior teor de cálcio na seiva com diminuição da concentração de Mg. Com estes resultados os autores concluíram que a análise da seiva é uma ferramenta importante para detectar desequilíbrios nutricionais.

Coltman (1987 e 1988), a partir de dois experimentos visando determinar o nível adequado de N-NO₃ na seiva do pecíolo do tomateiro 'Tropic' e 'Caruso', obteve respectivamente um nível mínimo de 800 e 1105 mg L⁻¹ de N-NO₃ na seiva do pecíolo do tomate para a obtenção da máxima produção comercial. A partir dos resultados destes dois trabalhos, sendo estes realizados em condições bastante semelhantes, verifica-se que diferentes cultivares apresentam comportamentos distintos quanto aos níveis de nutrientes na seiva.

Os sais minerais em sua maioria são arrastados segundo um fluxo de massa juntamente com a água que se move no xilema em direção às folhas. Acredita-se que o fator mais importante a determinar este fluxo de água para a parte aérea, seja a transpiração foliar. O transporte no xilema é direcionado principalmente para os sítios de maior transpiração. Os principais fatores que afetam a transpiração e, portanto, a ascensão da seiva, segundo Bonato et al. (1998), são: idade das plantas, hora do dia, concentração externa de íons e o tipo de elemento mineral absorvido.

A concentração iônica e o pH da seiva podem apresentar variações sazonais, diurnas e até mesmo ao longo do vaso do xilema (SCHILL et al., 1996). Estes autores observaram que a seiva do tomate, extraída do pecíolo das plantas, apresentou maior concentração de nitrato e maior valor de pH, quando coletada no período da tarde. Nos meses com menores temperaturas médias (inverno), os autores encontraram altas concentrações de nitrato e baixos valores de pH em relação aos meses de maiores temperaturas (verão).

De acordo com Cadahía & Lucena (2005), a composição da seiva pode variar por um grande número de fatores e sua análise deve ser usada principalmente para determinar problemas nutricionais pontuais e para acompanhar o estado nutricional da cultura

ao longo do ciclo. É uma técnica de diagnóstico muito útil quando a adubação pode variar em poucos dias, como ocorre com a fertirrigação. Para Hernando & Cadahía (1973), a análise da seiva, por ser pontual, é adequada para determinar o estado nutricional da planta no momento da coleta da amostra, enquanto que a folha representa um acúmulo de nutrientes.

Consta-se, ainda, que há necessidade de pesquisa sobre doses, concentrações e parcelamento de fertilizantes na fertirrigação, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas no emprego dessa técnica. Os resultados obtidos por diversos autores são divergentes quanto aos efeitos de diferentes doses e frequências de aplicação de elementos minerais via fertirrigação (DUENHAS et al., 2002). Portanto, são necessários estudos sobre a avaliação sazonal do estado nutricional das culturas, incluindo técnicas mais eficientes para determinar com maior rapidez e precisão, os nutrientes absorvidos pela planta e buscar definir com mais segurança o manejo adequado da adubação via fertirrigação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Definição do talhão

O projeto de pesquisa foi instalado na Fazenda Emu, pertencente à empresa Citrovita-Votorantim/Agroindústria, localizada na cidade de Reginópolis, estado de São Paulo, à latitude de 21°49'45" sul, longitude de 49°08'27" oeste e altitude de 460 m. O macroclima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, clima mesotérmico tropical de altitude, com inverno seco e temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C.

Os talhões escolhidos para a instalação do ensaio foram os da variedade de copa Valência e Hamlin, ambas sobre porta-enxerto citrumelo Swingle. O objetivo foi instalar o projeto em uma área da Fazenda Emu onde estivessem próximas duas variedades de laranja, assim, estas ficariam em um mesmo setor de fertirrigação, evitando-se outras causas de variação.

O espaçamento de plantio foi de 7 x 4 m. O projeto teve início em fevereiro de 2007, porém, neste trabalho, foram apresentados os dados correspondentes as safras 2007/2008 e 2008/2009, com início em setembro de 2007 e término em agosto de 2009, neste período, as plantas possuíam, respectivamente, cinco e seis anos de idade.

3.2. Definição dos tratamentos

Os tratamentos foram definidos por cinco diferentes doses de N, P₂O₅ e K₂O. A dose oficialmente recomendada foi definida com base no histórico de análises de solo e folha e, também, em função da produtividade dos talhões e correspondeu a dose de 100% (QUAGGIO et al., 2005). A partir desta dose foram definidas as outras que corresponderam a 0, 25, 50 e 200% da dose oficialmente recomendada. O N, P₂O₅ e K₂O foram aplicados, respectivamente, nas formas de nitrato de amônio (33% de N), ácido fosfórico comercial (70% de P₂O₅) e cloreto de potássio branco (60% K₂O).

Portanto, foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- T1 – Tratamento apenas irrigado (não recebeu nutriente).
- T2 – Tratamento fertirrigado com 25% da dose de N, P₂O₅ e K₂O.
- T3 – Tratamento fertirrigado com 50% da dose de N, P₂O₅ e K₂O.
- T4 – Tratamento fertirrigado com 100% da dose de N, P₂O₅ e K₂O.
- T5 – Tratamento fertirrigado com 200% da dose de N, P₂O₅ e K₂O.

3.3. Parcelas e delineamento estatístico

As parcelas eram constituídas por três linhas com doze plantas, sendo que as dez plantas da linha central foram designadas úteis para as avaliações das variáveis de interesse do projeto. As duas linhas laterais e as duas plantas nos extremos da linha central formavam a bordadura para evitar contaminação entre os tratamentos, totalizando assim, 36 árvores por parcela. Todo o projeto ocupava uma área de aproximadamente 4 ha.

O delineamento estatístico empregado para o experimento foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA - Teste F a 5% e 1% de probabilidade), aos estudos de correlação e a testes de regressão e comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

3.4. Parcelamento de N, P₂O₅ e K₂O na fertirrigação

3.4.1. Safra 2007/2008

A dose de 100% correspondeu a 150, 50 e 140 kg ha⁻¹ ao ano, respectivamente, de N, P₂O₅ e K₂O. Para a safra 2007/2008, as doses de N e K₂O na fertirrigação foram aplicadas em 28 semanas, desde o início do mês de outubro de 2007 até o final do mês de abril de 2008, em duas aplicações semanais, totalizando 56 aplicações.

Da dose total de N e K₂O recomendada para cada tratamento, 25% desta, foi aplicada no mês de outubro de 2007, em 4 semanas, totalizando 8 aplicações. Entre os meses de novembro de 2007 e março de 2008 foi aplicada 50% da dose total recomendada para cada tratamento (10% por mês), totalizando 20 semanas, 40 aplicações. Os outros 25% restantes, foram aplicados no mês de abril de 2008, durante 4 semanas, totalizando 8 aplicações.

Conforme a quantidade estabelecida para cada tratamento, o fósforo foi aplicado em 3 semanas no mês de janeiro de 2008, totalizando 6 aplicações. A aplicação deste nutriente foi feita apenas em janeiro devido ao atraso na entrega de ácido fosfórico na Fazenda Emu.

O período de estresse das plantas, período em que as plantas não recebem água e nutrientes para promover indução floral, foi de 12 de maio a 11 de agosto de 2008.

3.4.2. Safra 2008/2009

A dose de 100% correspondeu a 130, 25 e 120 kg ha⁻¹ ao ano, respectivamente, de N, P₂O₅ e K₂O. Para a safra 2008/2009, as doses de N e K₂O na fertirrigação foram aplicadas em 34 semanas, desde o início do mês de setembro de 2008 até o final do mês de abril de 2009, em duas aplicações semanais, totalizando 68 aplicações.

Da dose total de N e K₂O recomendada para cada tratamento, 25% desta, foi aplicada nos meses de setembro e outubro de 2008, em 8 semanas, totalizando 16 aplicações (12,5% por mês). Entre os meses de novembro de 2008 e março de 2009 foi

aplicada 50% da dose total recomendada para cada tratamento (10% por mês), totalizando 21 semanas, 42 aplicações. Os outros 25% restante, foram aplicados no mês de abril de 2009, durante 5 semanas, totalizando 10 aplicações.

Conforme a quantidade estabelecida para cada tratamento, o fósforo foi aplicado em 12 semanas, 50% no mês de setembro, 30% no mês de outubro e 20 % no mês de novembro de 2009, totalizando 24 aplicações. O período de estresse das plantas foi de 11 de maio a 3 de agosto de 2009.

3.5. Micronutrientes

Na safra 2007/2008, os micronutrientes Mn, Zn e B foram aplicados via fertirrigação. A dose foi definida com base no histórico de análises de solo e folha e correspondeu a 8, 10 e 10 kg ha⁻¹ ao ano, respectivamente de Mn, Zn e B, nas formas de sulfato de manganês (31% Mn), sulfato de zinco (20% Zn) e ácido bórico (17% B). O parcelamento dos micronutrientes seguiu o mesmo esquema do parcelamento proposto para o N e o K₂O na safra 2007/2008, porém, em doses iguais para todos os tratamentos.

Para a safra 2008/2009, em função das análises de solo (0-20 cm de profundidade) e folha (resultado do mês de abril de 2008) realizadas no projeto, foi observado que o teor de B estava acima do adequado, em torno de aproximadamente 204 mg kg⁻¹, valor considerado alto segundo Raij et al. (1997). Portanto, este nutriente não foi aplicado, apenas o Mn e o Zn que se encontravam na faixa adequada, foram aplicados na dose de 8 e 10 kg ha⁻¹ ao ano respectivamente e nas formas de sulfato de manganês e sulfato de zinco. O parcelamento de Mn e Zn seguiu o mesmo esquema do parcelamento proposto para o N e o K₂O na safra 2008/2009, porém, em doses iguais para todos os tratamentos.

3.6. Calagem e tratamento fitossanitário

A calagem, na safra 2007/2008, foi feita de acordo com a análise do solo, obtida em maio de 2007. Os dados utilizados para o cálculo da necessidade de calagem

foram referentes à média dos resultados obtidos no tratamento T4 a 0-20 cm de profundidade na área das duas variedades de copa de laranja estudadas (Apêndices 1 e 2). Em 12 de setembro de 2007 foi aplicado $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico, com poder de reação e neutralização (PRNT) de 90%, de forma localizada (na largura da faixa molhada) e superficial.

Para a safra 2008/2009, a quantidade de calcário aplicada foi calculada de acordo com a análise de solo obtida em abril de 2008 na área de ambas as variedades de laranja estudadas, para o tratamento T4 e a 0-20 cm de profundidade (Tabelas 3 e 4). Na primeira semana de setembro de 2008 foi aplicado $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico, com PRNT de 80%, de forma localizada (na largura da faixa molhada) e superficial.

As inspeções e os tratamentos fitossanitários seguiram o programa estabelecido pela Fazenda Emu.

3.7. Análises para caracterização da área do projeto

Para caracterização da área do projeto foram feitas coletas de solo (amostra deformada), tanto para análise química quanto para análise granulométrica, e coleta de anéis volumétricos de solo (amostra indeformada), para obtenção da curva de retenção da água no solo.

3.7.1. Análise de solo

Para obtenção das características químicas do solo na área do projeto, foram coletadas cinco amostras de solo, uma por parcela. Estas foram homogeneizadas, dando origem a uma amostra composta representativa por bloco. Este procedimento foi realizado para cada área de variedade de laranja. As amostras foram retiradas a cerca de 20 cm de um emissor e sob a projeção da copa, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Os teores de macro e micronutrientes foram analisados segundo os métodos descritos por Raij et al. (2001). Na Tabela 1, encontram-se os resultados das análises de solo, realizadas em cada área de variedade de copa de laranja.

Tabela 1. Análise preliminar do solo, realizada na área de cada variedade de laranja.

| Prof. Cm | pH CaCl ₂ | M.O. g dm ⁻³ | P_{resina} mg dm ⁻³ | H+Al ----- | K mmol _c dm ⁻³ | Ca ----- | Mg ----- | SB ----- | CTC ----- | V % | B ----- | Cu ----- | Fe ----- | Mn ----- | Zn ----- |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Valência | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | 4,9 | 9 | 47 | 22 | 2,9 | 13 | 5 | 21 | 42 | 47 | 0,75 | 2,5 | 37 | 14,2 | 4,9 |
| 20-40 | 4,2 | 9 | 56 | 28 | 2,4 | 10 | 3 | 16 | 44 | 34 | 0,70 | 1,0 | 47 | 16,5 | 3,3 |
| 40-60 | 4,0 | 8 | 34 | 31 | 2,0 | 4 | 2 | 8 | 39 | 20 | 0,66 | 0,8 | 51 | 16,2 | 2,5 |
| Hamlin | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | 5,0 | 9 | 57 | 21 | 3,0 | 14 | 5 | 22 | 44 | 51 | 0,74 | 2,2 | 34 | 13,2 | 3,7 |
| 20-40 | 5,0 | 8 | 58 | 21 | 2,9 | 17 | 5 | 25 | 45 | 54 | 0,58 | 1,2 | 32 | 15,8 | 3,6 |
| 40-60 | 4,9 | 7 | 26 | 20 | 3,1 | 15 | 5 | 23 | 43 | 53 | 0,60 | 0,7 | 26 | 16,9 | 2,5 |

3.7.2. Análise granulométrica

Para a obtenção da textura do solo foram utilizadas parte das mesmas amostras coletadas para a análise química do solo (item 3.7.1.). A análise granulométrica do solo seguiu a metodologia descrita por Camargo et al. (1986). Os resultados das características de textura do solo na área do projeto podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise de textura do solo, na área de cada variedade de laranja.

| Profundidade cm | Areia Total ----- | Argila g kg ⁻¹ | Silte ----- | Textura do Solo |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Valência | | | | |
| 0-20 | 819 | 131 | 51 | Arenosa |
| 20-40 | 827 | 125 | 49 | Arenosa |
| 40-60 | 802 | 146 | 53 | Arenosa |
| Hamlin | | | | |
| 0-20 | 816 | 128 | 57 | Arenosa |
| 20-40 | 820 | 124 | 57 | Arenosa |
| 40-60 | 805 | 139 | 57 | Arenosa |

Como o teor de argila do solo não ultrapassou os 15%, independente da profundidade amostrada, o solo até a profundidade de 60 cm foi classificado como de textura arenosa (PRADO, 2003). Também foi feita uma avaliação do perfil do solo em uma trincheira aberta próxima ao projeto, e o solo, segundo Embrapa (1999), foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. Entre as profundidades de 60-80 cm ocorre um acréscimo no teor de argila, que fica em torno de 21%, o que classifica o solo, nesta profundidade, como de textura média.

3.7.3. Obtenção da curva de retenção de água no solo

Para a obtenção da curva de retenção da água no solo, foi feita uma coleta de solo indeformada, por bloco, utilizando anéis volumétricos, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, a 20 cm da linha de emissores e para cada área de variedade de laranja. A curva característica de retenção da água no solo foi determinada conforme o método descrito por Camargo et al. (1986) e ajustada pelo modelo proposto por Van Guenuchten (1980). A Figura 1 mostra a curva de retenção da água no solo, para as camadas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade, em toda a área do experimento.

3.8. Instalação do sistema de irrigação

O projeto dos equipamentos de irrigação foi feito em parceria com os técnicos da Citrovita, para garantir vazão constante em todas as parcelas e, portanto, lâmina d'água de irrigação e doses de nutrientes. As parcelas possuíam linhas simples de tubo gotejadores, instaladas ao lado do tronco das árvores, paralelamente à linha de plantio. O emissor utilizado foi do tipo RAM (Netafim) autocompensante, com vazão de $2,3 \text{ L h}^{-1}$, espaçados entre si a 0,6 m e trabalhavam com pressão de serviço entre 5 a 30 mca.

O bulbo úmido atingia aproximadamente 0,8 m de largura de faixa molhada. A área de operação por tratamento correspondeu a aproximadamente 0,8 ha. A

injeção dos fertilizantes foi feita através do injetor venturi (3/4" - Netafim). Detalhes da instalação e do sistema de irrigação/fertirrigação podem ser observados na Figura 2.

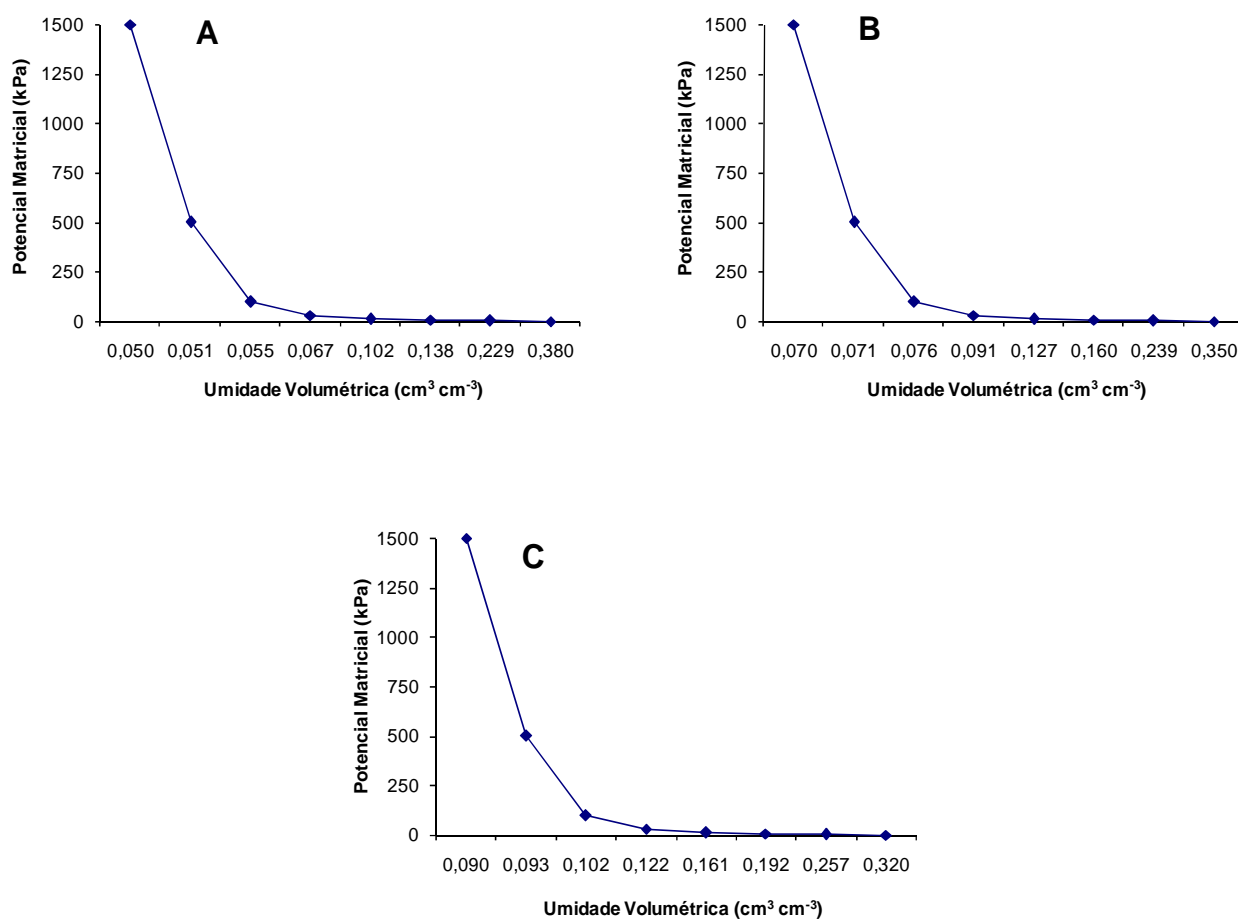


Figura 1. Curva de retenção da água no solo, para as camadas de 0-20 (A), 20-40 (B) e 40-60 (C) cm de profundidade.

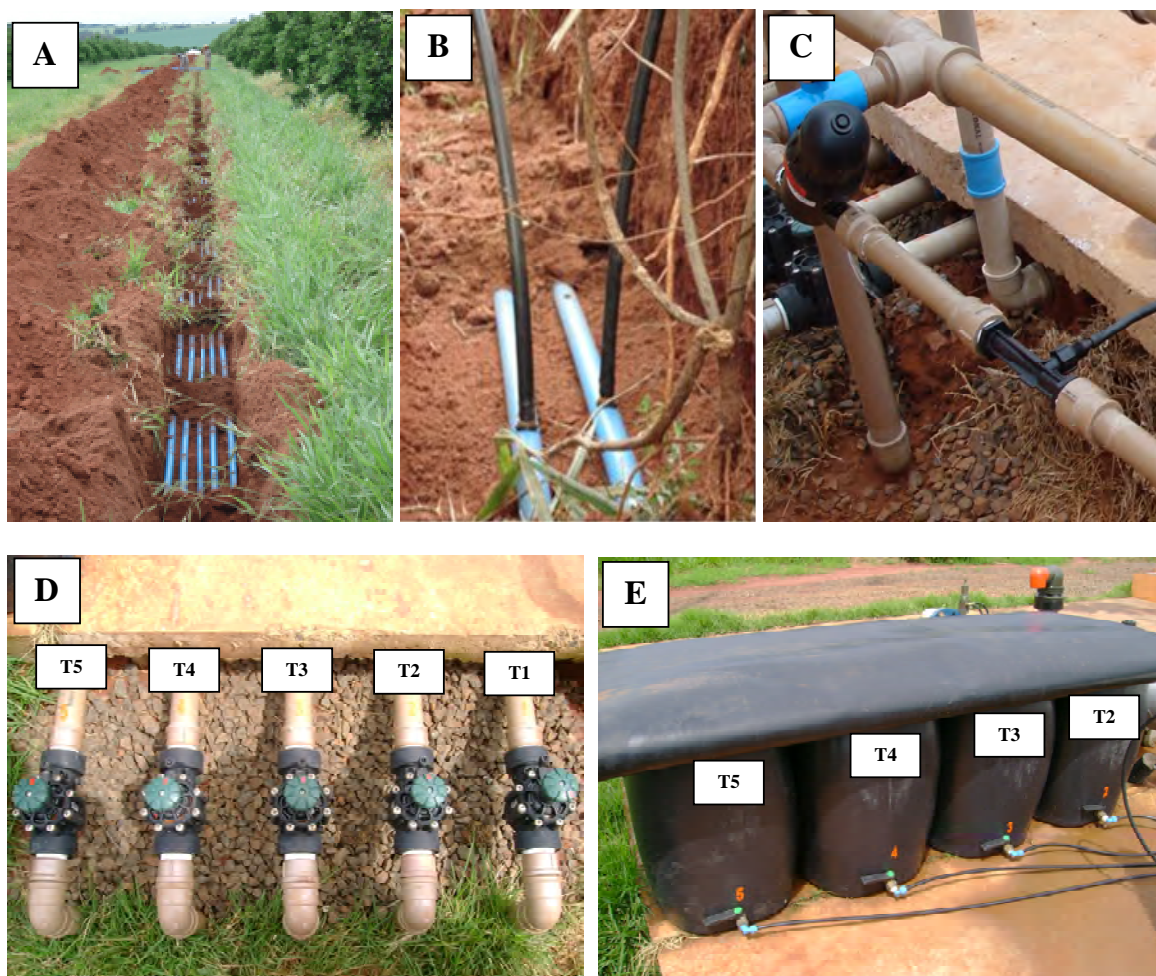


Figura 2. Montagem do sistema de irrigação/fertirrigação: (A) linha principal com os cinco tratamentos, (B) conexão da linha lateral com as linhas de tubos gotejadores, (C) injeção e filtragem, (D) saída de cada tratamento e (E) preparo dos fertilizantes.

3.8.1. Instalação dos tensiômetros

Após a montagem do sistema de irrigação, instalaram-se os tensiômetros. O projeto foi monitorado por 6 baterias de tensiômetros de mercúrio, sendo três baterias por variedade de laranja. Cada bateria possuía três tensiômetros, nas profundidades de 30, 60 e 90 cm, instalados a 20 cm de um emissor e sob a projeção da copa das plantas (Figura 3A e B).

O turno de rega de irrigação foi de aproximadamente três dias, obedecendo assim, as duas fertirrigações programadas por semana. A lâmina de irrigação aplicada foi determinada com o auxílio da curva de retenção de água no solo e com a leitura dos tensiômetros localizados na profundidade de 30 cm, pois a profundidade efetiva do sistema radicular da laranja é de 60 cm (PIRES et al., 2005).

Uma vez ao ano era feita limpeza do sistema de irrigação, utilizando hipoclorito de sódio, com abertura de finais de linha. Foi realizado um teste para determinar a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação, conforme a metodologia de Denículi et al. (1980) e esta ficou em 95%.

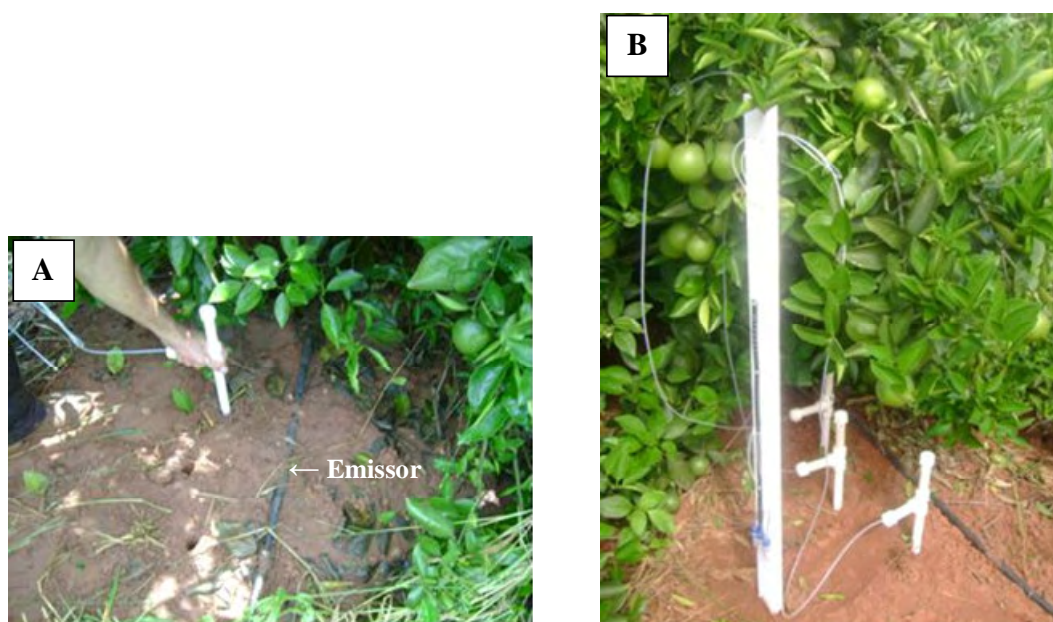


Figura 3. Instalação (A) e posição (B) das baterias de tensiômetros nas parcelas.

3.9. Análises realizadas durante o desenvolvimento do projeto

As análises de solo, folha e solução do solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP) em Botucatu, e as análises de seiva foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta do Instituto Agrônômico (IAC) em Campinas.

3.9.1. Coleta e análise do solo

O solo foi coletado uma vez ao ano, no mês de abril de 2008 para a safra 2007/2008 e no mês de maio de 2009 para a safra 2008/2009, sempre após o final das fertirrigações. O solo foi retirado nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, a 20 cm de um emissor e sob a projeção da copa. Foram coletadas 10 amostras simples por parcela, que após a homogeneização, deram origem à amostra composta representativa de cada parcela.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório onde foram registradas, submetidas à secagem em estufa de circulação forçada com temperatura de 40 °C, moídas e peneiradas, passando o solo através da peneira de malha de 2 mm de abertura. Os valores de matéria orgânica (MO), pH, H+Al e as concentrações de macro e micronutrientes, foram determinados pelos métodos descritos por Raij et al. (2001). Também foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

3.9.2. Coleta e análise da solução do solo

Para extração da solução do solo foram instalados 80 extratores de solução do solo em toda a área do projeto (40 por variedade), sendo dois por parcela, na região central desta, nas profundidades de 30 e 60 cm, a 20 cm de um emissor e sob a projeção da copa das plantas (Figura 4).

Cada extrator de solução do solo era composto de um tubo de PVC, conectado em sua extremidade inferior a uma cápsula de cerâmica porosa, a qual foi enterrada até a profundidade em que se desejava obter a solução do solo. Na extremidade superior o extrator era vedado com uma rolha, e por esta passavam dois tubos de nylon, em um deles se aplicava o vácuo e o outro ficava conectado a uma seringa por onde se coletava a solução (Figura 5).

Aproximadamente 12 horas após a fertirrigação era aplicado nos extratores um vácuo de 80 kPa, com o auxílio de uma bomba de vácuo manual, e cerca de 6 horas após este procedimento era feita à coleta da solução (Figura 6A e B).

Foram feitas extrações de solução do solo nos meses de novembro de 2007, janeiro, fevereiro, março, abril, outubro e novembro de 2008 e janeiro, março, abril e maio de 2009, totalizando 11 coletas. Na solução do solo extraída foram determinados os valores de pH, condutividade elétrica (CE), nitrogênio mineral (NH_4 e NO_3), macro e micronutrientes, diretamente sem filtragem ou digestão, segundo os métodos descritos por Raij et al. (2001).

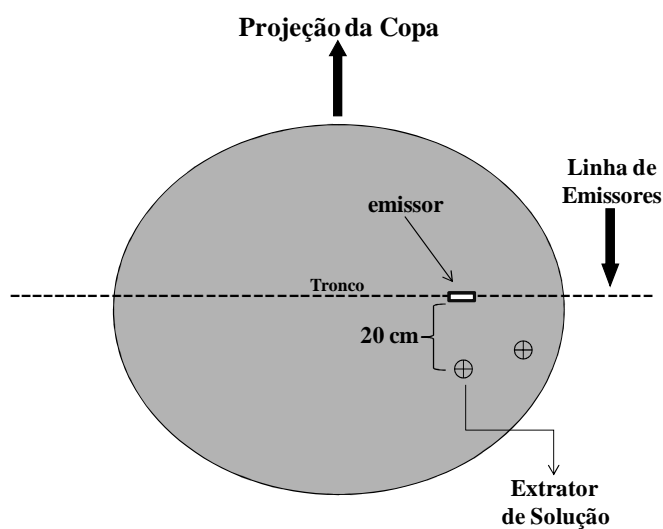


Figura 4. Esquema demonstrativo da posição dos extratores de solução do solo no campo.

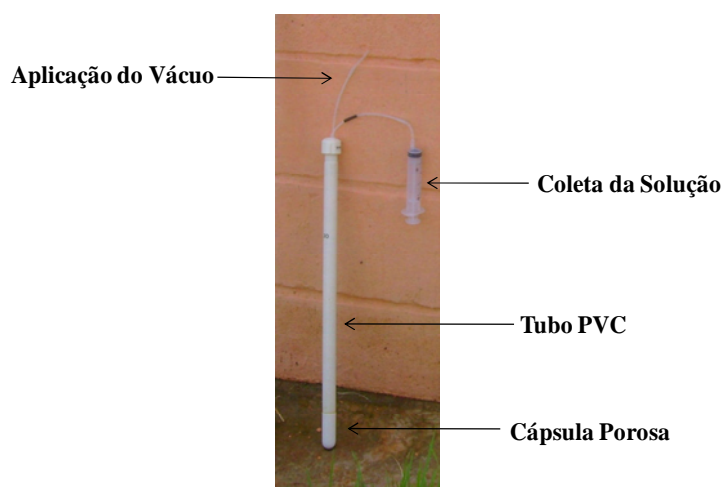


Figura 5. Extrator de solução do solo.

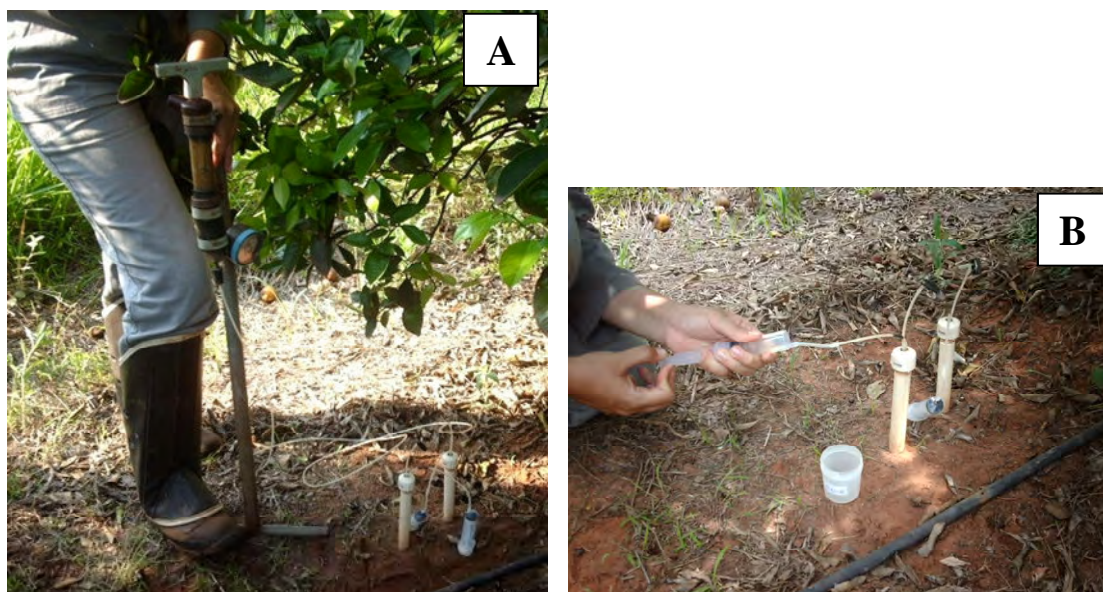


Figura 6. Aplicação do vácuo (A) e coleta da solução do solo (B).

3.9.3. Coleta e análise das folhas

Para a coleta das folhas, considerando as 10 plantas úteis na parcela, foram retiradas por planta quatro folhas, sendo estas as 3^a e a 4^a folhas recém-maduras, a partir de um dreno (fruto ou brotação nova), nos quatro quadrantes e na altura mediana da planta, totalizando 40 folhas por parcela.

Após a coleta das folhas, estas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e levadas para o laboratório onde foram registradas, lavadas sequencialmente, com uma solução de água com detergente (0,1% v/v), água corrente (água da torneira) e água deionizada. Após a lavagem as amostras foram colocadas novamente em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada com temperatura entre 65 e 70 °C até atingirem massa constante. Na sequência as amostras foram moídas, passadas em peneira de 1 mm de abertura e analisadas. Foram determinadas as concentrações de macro e micronutrientes conforme os métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

Considerando as duas safras 2007/2008 e 2008/2009 foram realizadas 22 coletas, entre os meses de setembro de 2007 e agosto de 2009, apenas nos meses de outubro de 2007 e fevereiro de 2009 não foram feitas coletas.

3.9.4. Determinação da medida indireta da clorofila

As mesmas folhas coletadas para realização da análise foliar foram utilizadas na determinação da medida indireta da clorofila, portanto, foram feitas 22 determinações. Após a coleta das folhas, estas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao laboratório. A medida indireta da clorofila foi realizada utilizando o medidor portátil chlorophyll meter, modelo SPAD-502, desenvolvido pela Minolta no Japão (Minolta, 1989). Este equipamento foi utilizado mediante calibração prévia de acordo com as recomendações do fabricante.

No máximo 24 horas após a coleta das folhas eram feitas as leituras, realizadas com as folhas viradas para cima, em apenas um lado da nervura e, aproximadamente no centro da folha. O período de 24 horas e a realização da leitura em apenas um lado da nervura foram definidos por um teste realizado com o objetivo de identificar variações da medida indireta da clorofila em um pomar de citros homogêneo e fertirrigado (Souza et al., 2007).

3.9.5. Coleta e análise dos ramos da brotação nova (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 da brotação nova, por parcela. Considerando as 10 plantas úteis, se retirou um ramo por quadrante, na altura mediana da planta e sempre no período da manhã. Os ramos foram acondicionados em sacos de papel e levados ao laboratório em caixas de isopor. A seiva foi analisada, segundo a metodologia descrita por Cadahía & Lucena (2005).

No laboratório, o ramo sem as folhas foi limpo com gaze umedecida em água destilada, seco com papel, cortado em frações de 1 a 2 cm, introduzido em éter etílico p.a. para interromper o metabolismo e extrair a seiva. Após este procedimento, as amostras foram congeladas.

A extração foi feita depois de descongelar a seiva. Todo o material foi colocado em um funil de separação, para separar o éter da seiva, pois ambos não são

miscíveis. A seiva, por ser mais densa, fica situada na parte inferior do funil de separação (Figura 7). Os 40 ramos coletados proporcionavam, aproximadamente, de 3 a 5 mL de seiva, devido a pequena quantidade extraída, a seiva não foi filtrada.

Quanto à leitura dos nutrientes P, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, esta foi realizada no espectrômetro de plasma de argônio, com a seiva diluída em 10 vezes (9:1). Entre os meses de setembro de 2007 a julho de 2008, o K foi lido no fotômetro de chama, com a seiva diluída 250 vezes (9:1 x 24:1), de agosto de 2008 a agosto de 2009, o K também passou a ser lido no espectrômetro de plasma de argônio, com a seiva diluída em 10 vezes (9:1), juntamente com os outros nutrientes. O nitrogênio, nas formas de NH_4 e NO_3 , foi determinado por destilação a vapor, sem diluição, segundo a metodologia descrita por Cantarella & Trivelin (2001).

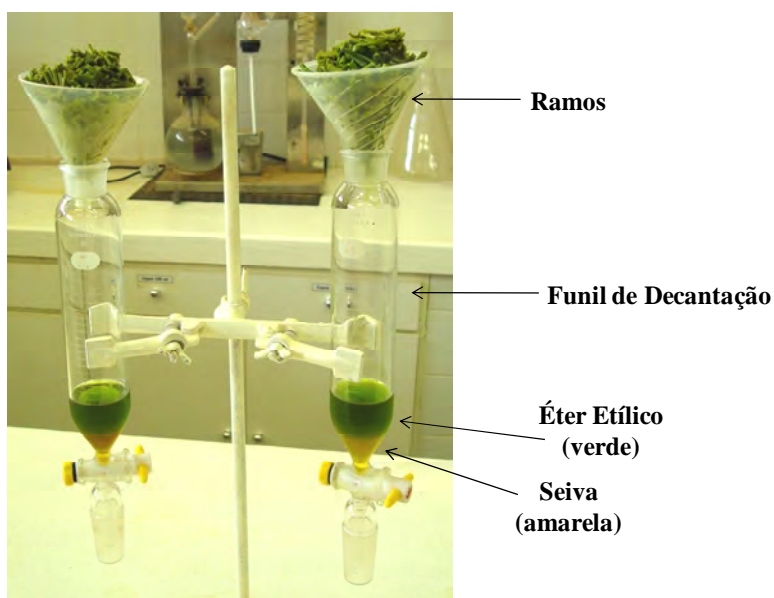


Figura 7. Separação da seiva (éter etílico adquire coloração verde).

3.10. Precipitação e temperatura

A precipitação foi determinada diariamente, pela média de 15 pluviômetros instalados em diferentes pontos na Fazenda Emu. Os dados de precipitação nas

safras 2007/2008 e 2008/2009 podem ser observados, respectivamente, nas Figuras 8 e 9. Na safra 2007/2008 ocorreu maior volume de chuvas, que totalizaram 1215 mm, em relação à safra 2008/2009, quando foram registrados 1019 mm.

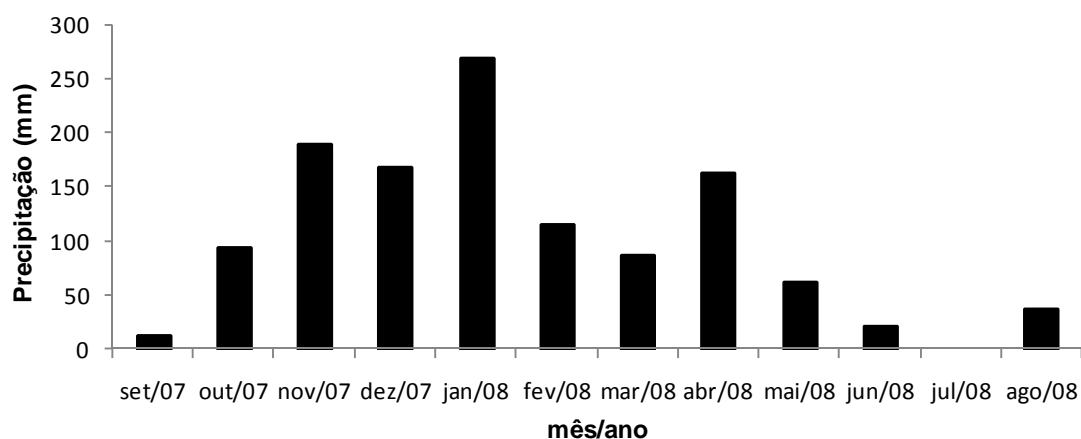


Figura 8. Precipitação ocorrida na safra 2007/2008.

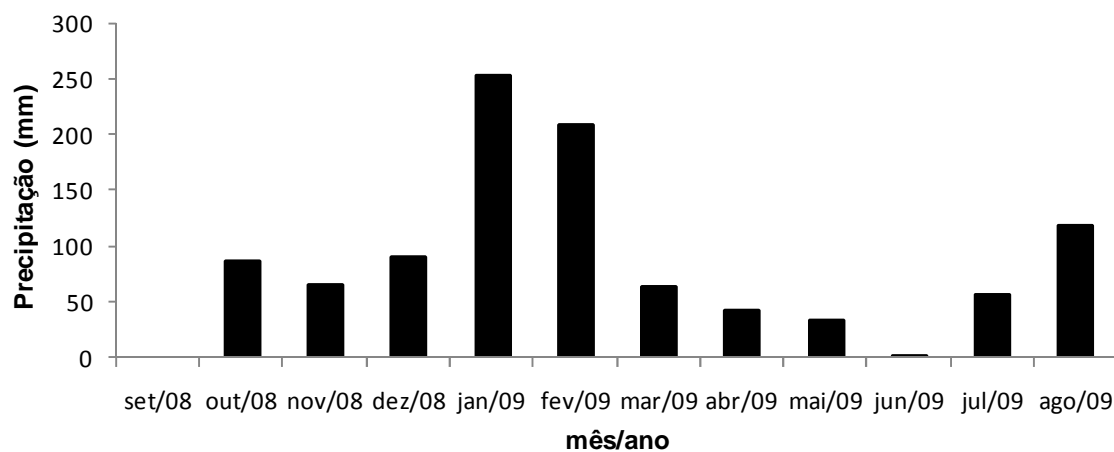


Figura 9. Precipitação ocorrida na safra 2008/2009.

Os dados de temperatura média mensal, nas duas safras estudadas, 2007/2008 e 2008/2009, podem ser visualizados na Figura 10. Estes dados foram obtidos através do Centro

Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) para a região de Bauru/SP, sendo esta muito próxima da cidade de Regiópolis/SP, onde foi desenvolvido o ensaio.

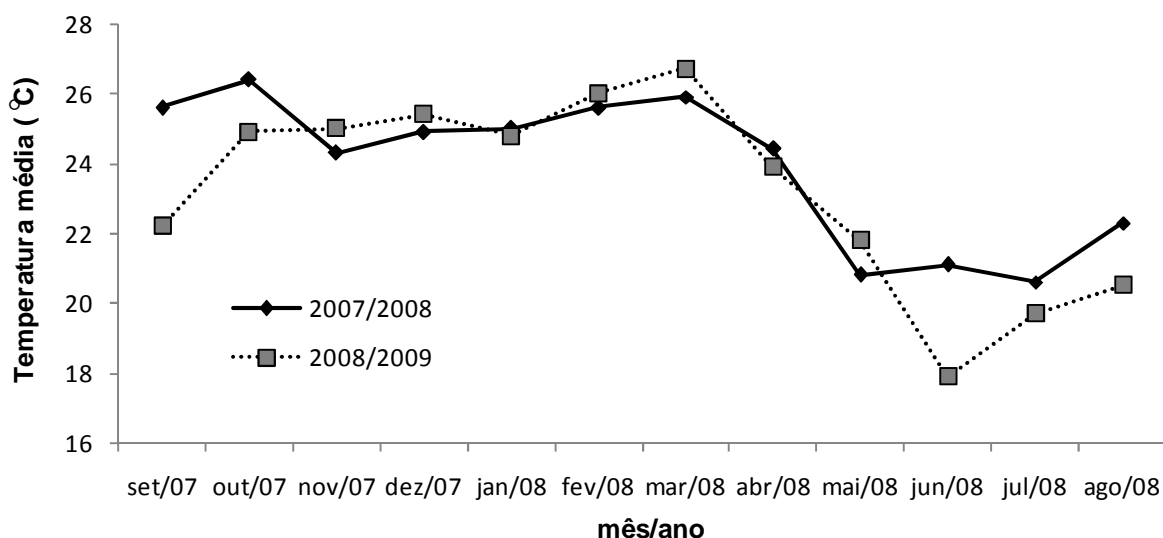


Figura 10. Temperatura média mensal para as safras 2007/2008 e 2008/2009.

3.11. Produção e qualidade dos frutos

A produção foi quantificada considerando a massa e número de frutos. O cálculo da produção foi feito a partir da multiplicação do número de frutos por planta pela massa média dos frutos, obtendo assim a produção em kg planta^{-1} . Considerando o número de plantas por área, se obteve a produção em kg ha^{-1} .

De cada parcela foi determinado o número total de frutos de cinco plantas. Para a avaliação da massa dos frutos, foram consideradas as 10 plantas úteis por parcela, sendo retirados, por planta, quatro frutos, dois mais externos e dois mais internos, alternando entre os quatro quadrantes e na altura mediana da planta, totalizando 40 frutos por parcela, que foram pesados individualmente.

A colheita, na safra 2007/2008, para a variedade de copa Hamlin, por ser de ciclo precoce, foi realizada em 24/06/08 e para a variedade de copa Valência, que é de ciclo tardio em 25/09/2008. Na safra 2008/2009 a colheita da variedade de copa Hamlin foi feita em 13/07/09 e na variedade de copa Valência em 21/10/2009.

Para a avaliação da qualidade dos frutos, foram utilizados os mesmos frutos coletados na determinação da massa (40 frutos). Estes foram analisados no laboratório da empresa Citrovita, localizado na cidade de Catanduva estado de São Paulo. A porcentagem de suco foi dada pela equação: $\% \text{ suco} = (\text{massa de suco}/\text{massa do fruto}) \times 100$. As determinações de sólidos solúveis totais (SST), expressa em °Brix, acidez total titulável (ATT), expressa em g de ácido cítrico/100 mL e a relação SST/ATT (*ratio*) foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Tressler & Joslyn (1961). Também foram calculados os valores de SST em kg caixa⁻¹ (caixa de 40,8 kg) e SST em kg ha⁻¹.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Análise do solo

O resultado da análise do solo nas safras 2007/2008 e 2008/2009 para as duas variedades de copa estudadas, Valência e Hamlin, estão presentes nas Tabelas de 3 a 6.

Depois de mais de dois anos de andamento do projeto, as análises do solo realizadas na safra 2008/2009 refletem melhor, em algumas das variáveis analisadas, os tratamentos aplicados (Tabelas 5 e 6), diferente da safra 2007/2008, onde foram observadas poucas variações (Tabelas 3 e 4). De maneira geral se observou, até mesmo em profundidade, queda nos valores de pH, Ca, Mg, SB e V% e aumento nos teores de H+Al, K e B, conforme o aumento da dose de N, P e K.

Os baixos valores de pH, observados nas doses mais elevadas de N, P e K, ocorreram devido as fontes de nitrogênio e fósforo utilizadas, respectivamente, nitrato de amônio e ácido fosfórico. Além da reação destes fertilizantes no solo proverem acidificação (VILLAS BÔAS et al., 1999), foram aplicados via fertirrigação por gotejo, ou seja, em um volume de solo restrito pelo bulbo úmido.

Laurindo (2005) também observou efeitos semelhantes, pois trabalhou com a técnica de fertirrigação utilizando diferentes sistemas de irrigação e notou maior

acidificação do solo no gotejamento de uma linha em comparação com duas linhas ou microaspersão. Duenhas et al. (2002), em um ensaio comparando adubação sólida convencional com e sem irrigação e três diferentes doses de N, P e K aplicadas via fertirrigação em laranja Valência, observaram que nos tratamentos irrigados os valores de pH foram maiores e quanto aos tratamentos fertirrigados, aquele que recebeu a dose completa de N, P e K, foi o que provocou maior acidificação do solo.

Altos valores de P no solo foram observados desde o início do projeto (Tabela 1), muitas vezes superiores a 30 mg dm^{-3} , valor considerado alto conforme Quaggio et al. (2005), independente da profundidade amostrada e da variedade estudada. Nas análises realizadas nas duas safras a concentração de P no solo permaneceu muito alta, independente dos tratamentos e mesmo em profundidade (Tabelas 3 a 6).

De acordo Quaggio (2000), a calagem favorece o aumento de P no solo, devido a elevação do pH. Solos com elevados valores de pH, em torno de 7, apresentam maior disponibilidade de P. Os altos valores de P observados nos tratamentos que receberam as menores doses deste nutriente (T1, T2 e T3), provavelmente, ocorreram, devido aos maiores valores de pH observados nestes tratamentos, associado aos elevados valores de P encontrados no solo desde o início do projeto.

A concentração de K variou de forma significativa, conforme os tratamentos aplicados, apresentando altos valores de R^2 independente da profundidade e variedade estudada (Tabelas 3 a 6). Na análise de solo realizada na safra 2008/2009, estes resultados se tornaram ainda mais evidentes (Tabelas 5 e 6). Apenas para a variedade de copa Valência, na profundidade de 0-20 cm, o teste F não apresentou resultado significativo, porém, foi observado alto valor de coeficiente de determinação ($R^2 = 0,84$). Mesmo no início do projeto (Apêndices 1 e 2) o potássio, algumas vezes, já discriminava os tratamentos aplicados.

Os teores de K no solo nunca superaram os teores de Ca e Mg, mesmo no tratamento T5, que recebeu uma alta dose de cloreto de potássio, respectivamente, 280 e 240 kg ha^{-1} de K_2O , nas safras 2007/2008 e 2008/2009, obedecendo sempre a série liotrópica. Isso ocorre devido as características dos íons Ca e Mg, que possuem maior carga e quando hidratados apresentam menor diâmetro em relação ao K e portanto ficam mais retidos ao complexo de troca do solo (RAIJ, 1991).

Os baixos valores de pH observados com o aumento da dose de N, P e K, refletiram diretamente na concentração de H+Al no solo, que aumentou em função dos tratamentos, principalmente na safra 2008/2009 (Tabelas 5 e 6). Para a safra 2007/2008, comportamento semelhante já podia ser observado (Tabelas 3 e 4). O aumento dos valores de H+Al proporcionou queda, nos valores de soma de bases (SB), principalmente quando se compara os tratamentos T1 e T5.

A disponibilidade de B no solo aumenta com a queda de pH (FONTES et al., 2001), este comportamento foi observado em todas as profundidades amostradas e para as duas variedades de copa estudadas (Tabelas 3 e 6), exceto na safra 2008/2009, para a variedade de copa Valência, na profundidade de 0-20 cm (Tabela 5). Os valores de micronutrientes encontrados no solo foram sempre altos, principalmente o Fe, independente dos tratamentos e variedade (Tabelas 3 a 6).

Haynes & Swift (1987), em um ensaio de fertirrigação utilizando diferentes fontes de N, observaram que fontes mais acidificantes, como o nitrato de amônio promoveram aumentos nas concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn no solo. Neste ensaio os teores de Cu, Fe, Mn e Zn no solo foram pouco afetados pelos tratamentos (Tabelas 3 a 6).

A necessidade de calagem em citros é calculada para elevar a saturação por bases a 70% (QUAGGIO et al., 1997). Valores de saturação por bases maiores que 70% foram observados apenas no tratamento T1, para as duas variedades estudadas e no tratamento T2 para a variedade de copa Valência, na safra 2008/2009 e na profundidade de 0-20 cm (Tabelas 5 e 6). Isso mostra mais uma vez os efeitos da acidificação do solo observados nos tratamentos que receberam as maiores doses de N, P e K e que as aplicações localizadas de calcário na área do projeto, realizadas em setembro de 2007 e 2008, foram feitas de forma adequada, pois promoveram redução na acidez do solo.

Os resultados de análise do solo realizados na safra 2008/2009 começaram a refletir melhor os resultados obtidos com as amostras de solução do solo coletadas desde o início do projeto (Tabelas 7 e 8).

Tabela 3. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Valência, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2007/2008.

| Tratamento | pH | M.O. g dm ⁻³ | P _{resina} mg dm ⁻³ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V | mg dm ⁻³ | | | | |
|----------------------------|-------------------|----------------------------|--|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Prof. 0-20 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,4 | 9 | 51 | 17 | 1,0 | 22 | 7 | 30 | 46 | 64 | 0,4 | 1,8 | 27 | 6,4 | 4,5 |
| T2 (25%) | 5,5 | 11 | 32 | 18 | 1,1 | 19 | 6 | 26 | 44 | 60 | 1,2 | 1,6 | 33 | 7,1 | 3,9 |
| T3 (50%) | 4,8 | 11 | 50 | 25 | 1,3 | 16 | 4 | 21 | 46 | 45 | 1,0 | 1,9 | 41 | 7,4 | 5,9 |
| T4 (100%) | 4,9 | 11 | 52 | 23 | 1,3 | 17 | 6 | 25 | 48 | 51 | 1,2 | 1,9 | 44 | 8,4 | 4,6 |
| T5 (200%) | 4,2 | 11 | 72 | 35 | 2,0 | 12 | 3 | 17 | 52 | 34 | 1,5 | 1,6 | 62 | 8,3 | 8,1 |
| Teste F | 3,5 * | 1,4 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 5,3 * | 5,8 ** | 3,1 ^{ns} | 1,4 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 4,6 * | 5,8 ** | 0,7 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 1,0 ^{ns} |
| C.V. (%) | 11,1 | 13,1 | 51,3 | 26,9 | 24,0 | 25,2 | 51,2 | 27,9 | 12,3 | 22,1 | 31,4 | 18,9 | 41,5 | 29,1 | 62,5 |
| Regressão / R ² | L**/0,86 | L ^{ns} /0,60 | L ^{ns} /0,50 | L**/0,80 | L**/0,75 | L**/0,83 | L ^{ns} /0,61 | L*/0,77 | L ^{ns} /0,58 | L**/0,82 | L**/0,75 | Q ^{ns} /0,07 | L*/0,93 | L ^{ns} /0,93 | L ^{ns} /0,55 |
| Prof. 20-40 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,9 | 9 | 42 | 24 | 1,3 | 15 | 5 | 21 | 46 | 47 | 0,6 | 1,0 | 29 | 5,9 | 2,8 |
| T2 (25%) | 4,6 | 10 | 32 | 26 | 1,2 | 12 | 5 | 19 | 44 | 42 | 1,5 | 0,9 | 41 | 6,9 | 5,1 |
| T3 (50%) | 4,0 | 10 | 39 | 31 | 1,3 | 10 | 4 | 15 | 46 | 33 | 1,1 | 1,0 | 41 | 7,9 | 3,8 |
| T4 (100%) | 4,1 | 10 | 68 | 36 | 1,2 | 10 | 4 | 15 | 51 | 31 | 1,6 | 1,1 | 57 | 6,4 | 3,9 |
| T5 (200%) | 3,9 | 10 | 63 | 35 | 1,5 | 10 | 3 | 15 | 50 | 31 | 1,8 | 0,9 | 64 | 13,5 | 6,5 |
| Teste F | 2,9 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 3,2 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 4,1 * | 1,0 ^{ns} | 4,1 * | 5,8 ** | 1,4 ^{ns} |
| C.V. (%) | 11,1 | 10,4 | 48,3 | 28,3 | 24,7 | 22,9 | 44,6 | 24,3 | 13,7 | 31,9 | 36,6 | 17,5 | 29,9 | 31,7 | 55,7 |
| Regressão / R ² | L**/0,90 | Q ^{ns} /0,90 | L ^{ns} /0,60 | L*/0,89 | Q ^{ns} /0,75 | L*/0,68 | L ^{ns} /0,98 | L*/0,80 | L ^{ns} /0,72 | L*/0,86 | L**/0,69 | Q ^{ns} /0,17 | L**/0,95 | L**/0,58 | L ^{ns} /0,46 |
| Prof. 40-60 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,2 | 9 | 33 | 25 | 1,2 | 11 | 5 | 17 | 42 | 40 | 0,8 | 0,7 | 33 | 7,7 | 3,0 |
| T2 (25%) | 4,1 | 9 | 40 | 28 | 1,2 | 10 | 4 | 14 | 42 | 35 | 1,6 | 0,7 | 47 | 9,8 | 3,9 |
| T3 (50%) | 4,1 | 8 | 41 | 32 | 1,1 | 9 | 4 | 14 | 46 | 31 | 1,7 | 0,9 | 47 | 10,7 | 3,7 |
| T4 (100%) | 3,8 | 8 | 50 | 36 | 1,3 | 8 | 2 | 11 | 48 | 24 | 2,0 | 0,7 | 55 | 11,5 | 3,7 |
| T5 (200%) | 3,5 | 9 | 51 | 42 | 1,7 | 6 | 2 | 10 | 52 | 20 | 2,5 | 0,7 | 62 | 11,2 | 4,7 |
| Teste F | 1,8 ^{ns} | 2,5 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 4,1 * | 3,5 * | 2,3 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 3,6 * | 1,9 ^{ns} | 4,5 * | 20,2 ** | 2,6 ^{ns} | 3,8 * | 0,8 ^{ns} | 2,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 10,4 | 7,8 | 25,8 | 20,0 | 20,6 | 29,3 | 52,7 | 21,8 | 12,9 | 26,1 | 16,4 | 15,3 | 22,6 | 34,7 | 21,0 |
| Regressão / R ² | L*/0,88 | Q ^{ns} /0,32 | L*/0,92 | L**/0,99 | L*/0,63 | L*/0,99 | L*/0,75 | L**/0,97 | L*/0,92 | L**/0,99 | L**/0,95 | Q ^{ns} /0,42 | L**/0,93 | L ^{ns} /0,82 | L*/0,72 |

(**) 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 4. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Hamlin, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2007/2008.

| Tratamento | pH | M.O. g dm ⁻³ | P resina mg dm ⁻³ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V % | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. 0-20 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,8 | 10 | 63 | 29 | 0,9 | 14 | 5 | 20 | 48 | 41 | 0,5 | 1,6 | 45 | 6,5 | 4,1 |
| T2 (25%) | 4,6 | 10 | 60 | 28 | 1,3 | 12 | 4 | 18 | 46 | 39 | 1,1 | 1,6 | 56 | 9,9 | 9,8 |
| T3 (50%) | 4,6 | 9 | 65 | 29 | 1,4 | 15 | 5 | 21 | 50 | 43 | 1,2 | 1,4 | 38 | 9,5 | 6,8 |
| T4 (100%) | 4,4 | 10 | 95 | 32 | 1,4 | 17 | 4 | 22 | 54 | 41 | 1,4 | 1,6 | 49 | 11,4 | 8,2 |
| T5 (200%) | 3,9 | 10 | 75 | 41 | 1,5 | 11 | 4 | 16 | 57 | 28 | 1,6 | 1,9 | 53 | 12,8 | 7,8 |
| Teste F | 1,6 ^{ns} | 3,0 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 2,1 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 5,0 [*] | 0,8 ^{ns} | 5,6 ^{**} | 0,9 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 0,9 ^{ns} |
| C.V. (%) | 12,3 | 5,3 | 29,2 | 23,6 | 24,3 | 37,2 | 41,7 | 33,8 | 8,1 | 35,4 | 30,9 | 23,0 | 47,5 | 53,1 | 59,6 |
| Regressão / R ² | L*/0,86 | L ^{ns} /0,13 | L ^{ns} /0,43 | L*/0,72 | L ^{ns} /0,64 | Q ^{ns} /0,25 | L ^{ns} /0,83 | Q ^{ns} /0,35 | L**/0,81 | Q ^{ns} /0,81 | L**/87 | Q ^{ns} /0,80 | Q ^{ns} /0,12 | L ^{ns} /0,89 | Q ^{ns} /0,44 |
| Prof. 20-40 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,8 | 9 | 91 | 31 | 0,8 | 18 | 5 | 23 | 54 | 45 | 0,6 | 1,3 | 42 | 9,2 | 5,6 |
| T2 (25%) | 4,2 | 10 | 64 | 26 | 1,0 | 11 | 4 | 16 | 42 | 39 | 1,5 | 0,6 | 51 | 10,7 | 5,8 |
| T3 (50%) | 4,4 | 10 | 62 | 23 | 1,4 | 11 | 3 | 16 | 39 | 40 | 1,6 | 0,6 | 50 | 12,5 | 6,9 |
| T4 (100%) | 4,2 | 10 | 74 | 27 | 1,4 | 12 | 4 | 17 | 44 | 39 | 1,6 | 0,6 | 50 | 14,5 | 6,3 |
| T5 (200%) | 3,8 | 10 | 80 | 33 | 1,6 | 9 | 2 | 12 | 45 | 27 | 1,9 | 0,7 | 57 | 13,2 | 8,4 |
| Teste F | 1,5 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 3,2 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 4,9 [*] | 0,8 ^{ns} | 9,7 ^{**} | 5,2 [*] | 0,2 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,7 ^{ns} |
| C.V. (%) | 14,2 | 6,8 | 26,9 | 30,1 | 29,3 | 40,3 | 51,2 | 37,0 | 10,9 | 37,7 | 22,6 | 31,7 | 46,4 | 42,4 | 42,0 |
| Regressão / R ² | L*/0,84 | Q ^{ns} /0,68 | Q ^{ns} /0,82 | Q ^{ns} /0,98 | L**/0,96 | L*/0,61 | L*/0,66 | L*/0,67 | Q**/0,84 | L ^{ns} /0,71 | L**/0,75 | Q**/0,89 | L ^{ns} /0,73 | L ^{ns} /0,80 | L ^{ns} /0,74 |
| Prof. 40-60 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,3 | 9 | 57 | 29 | 0,9 | 13 | 3 | 17 | 46 | 38 | 0,7 | 0,9 | 49 | 10,8 | 3,5 |
| T2 (25%) | 4,3 | 10 | 48 | 29 | 1,3 | 9 | 3 | 13 | 43 | 33 | 1,6 | 0,6 | 43 | 11,3 | 4,4 |
| T3 (50%) | 4,4 | 8 | 52 | 25 | 1,5 | 12 | 4 | 17 | 42 | 41 | 1,8 | 0,7 | 36 | 9,7 | 3,0 |
| T4 (100%) | 4,1 | 9 | 69 | 36 | 1,6 | 10 | 4 | 15 | 51 | 30 | 2,2 | 0,6 | 43 | 11,5 | 4,4 |
| T5 (200%) | 4,1 | 8 | 58 | 31 | 2,1 | 10 | 2 | 15 | 46 | 33 | 2,8 | 0,7 | 45 | 13,2 | 4,9 |
| Teste F | 0,3 ^{ns} | 3,2 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 4,5 [*] | 0,5 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 8,5 ^{**} | 1,3 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 1,7 ^{ns} |
| C.V. (%) | 12,4 | 11,8 | 39,3 | 26,4 | 26,9 | 0,45 | 35,6 | 34,3 | 12,6 | 34,5 | 29,0 | 30,6 | 42,5 | 28,9 | 29,4 |
| Regressão / R ² | L ^{ns} /0,49 | L*/0,53 | L ^{ns} /0,21 | L ^{ns} /0,25 | L**/0,94 | L ^{ns} /0,16 | L ^{ns} /0,23 | L ^{ns} /0,11 | L ^{ns} /0,12 | L ^{ns} /0,25 | L**/0,95 | Q**/0,82 | Q ^{ns} /0,77 | L ^{ns} /0,38 | L ^{ns} /0,34 |

(*): 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 5. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Valência, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2008/2009.

| Tratamento | pH | M.O. g dm ⁻³ | P _{resina} mg dm ⁻³ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V % | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|----------------------------|----------|----------------------------|--|----------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. 0-20 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 6,2 | 10 | 74 | 13 | 0,9 | 31 | 12 | 44 | 57 | 75 | 0,4 | 2,0 | 42,0 | 4,1 | 4,9 |
| T2 (25%) | 5,6 | 10 | 87 | 18 | 1,2 | 31 | 11 | 43 | 60 | 70 | 0,6 | 2,3 | 69,1 | 5,7 | 11,8 |
| T3 (50%) | 4,9 | 11 | 55 | 22 | 1,4 | 17 | 8 | 26 | 49 | 54 | 0,7 | 2,1 | 84,9 | 21,2 | 11,0 |
| T4 (100%) | 4,7 | 10 | 94 | 24 | 1,4 | 24 | 6 | 32 | 56 | 56 | 0,8 | 2,1 | 73,3 | 10,6 | 10,3 |
| T5 (200%) | 4,4 | 11 | 78 | 29 | 1,3 | 16 | 7 | 29 | 53 | 45 | 0,8 | 1,9 | 82,0 | 7,4 | 7,7 |
| Teste F | 13,2** | 0,6 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 16,9** | 2,0 ^{ns} | 3,0 ^{ns} | 2,7 ^{ns} | 3,1 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 6,9** | 2,7 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 2,6 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 1,0 ^{ns} |
| C.V. (%) | 7,7 | 10,6 | 35,9 | 13,8 | 23,3 | 33,9 | 35,5 | 30,4 | 15,7 | 16,2 | 29,7 | 16,9 | 40,6 | 120,4 | 60,4 |
| Regressão / R ² | L**/0,74 | L ^{ns} /0,45 | L ^{ns} /0,03 | L**/0,87 | Q*/0,84 | L*/0,56 | L*/0,58 | L*/0,61 | L ^{ns} /0,11 | L**/0,77 | L*/0,84 | Q ^{ns} /0,43 | L ^{ns} /0,37 | Q ^{ns} /0,40 | Q ^{ns} /0,55 |
| Prof. 20-40 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,1 | 8 | 60 | 18 | 0,5 | 17 | 7 | 25 | 43 | 57 | 0,5 | 1,1 | 49,4 | 4,9 | 3,1 |
| T2 (25%) | 4,6 | 9 | 79 | 25 | 0,8 | 16 | 7 | 23 | 48 | 47 | 0,8 | 1,4 | 82,9 | 6,6 | 6,8 |
| T3 (50%) | 4,5 | 9 | 76 | 29 | 0,9 | 9 | 4 | 13 | 42 | 31 | 0,9 | 1,2 | 79,9 | 9,4 | 6,9 |
| T4 (100%) | 4,0 | 10 | 79 | 30 | 1,2 | 8 | 4 | 13 | 43 | 30 | 0,9 | 1,4 | 82,1 | 10,9 | 8,3 |
| T5 (200%) | 4,0 | 9 | 116 | 31 | 1,1 | 13 | 5 | 19 | 50 | 38 | 0,9 | 1,5 | 96,7 | 10,9 | 10,1 |
| Teste F | 10,8** | 2,9 ^{ns} | 2,7 ^{ns} | 7,6** | 9,6** | 4,2* | 4,7* | 4,7* | 3,8* | 6,1** | 11,6** | 1,2 ^{ns} | 3,2 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 2,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 6,9 | 7,9 | 30,1 | 13,3 | 18,9 | 30,9 | 29,1 | 26,5 | 8,2 | 22,6 | 12,9 | 21,1 | 24,8 | 42,2 | 49,6 |
| Regressão / R ² | L**/0,76 | Q*/0,74 | L**/0,88 | L**/0,60 | Q**/0,99 | Q**/0,85 | Q**/0,85 | Q**/0,84 | L ^{ns} /0,29 | Q**/0,91 | Q**/0,78 | L ^{ns} /0,54 | L*/0,61 | L*/0,69 | L*/0,79 |
| Prof. 40-60 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,6 | 8 | 44 | 21 | 0,5 | 9 | 5 | 15 | 36 | 40 | 0,6 | 0,9 | 52,6 | 6,0 | 2,6 |
| T2 (25%) | 4,5 | 8 | 66 | 25 | 0,5 | 11 | 7 | 19 | 43 | 42 | 1,1 | 1,1 | 67,3 | 7,6 | 6,1 |
| T3 (50%) | 3,9 | 10 | 70 | 31 | 0,5 | 6 | 4 | 10 | 40 | 24 | 1,0 | 1,0 | 75,1 | 8,1 | 5,6 |
| T4 (100%) | 3,9 | 9 | 65 | 31 | 0,7 | 7 | 4 | 11 | 42 | 26 | 1,1 | 1,0 | 75,2 | 11,0 | 6,8 |
| T5 (200%) | 3,8 | 9 | 92 | 33 | 1,0 | 7 | 4 | 13 | 45 | 28 | 1,1 | 1,1 | 86,1 | 8,7 | 6,9 |
| Teste F | 6,2** | 2,7 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 7,1** | 7,8** | 1,6 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 3,2* | 9,7* | 1,5 ^{ns} | 3,9* | 0,6 ^{ns} | 5,3* |
| C.V. (%) | 7,9 | 11,8 | 36,4 | 12,9 | 26,9 | 43,8 | 43,4 | 40,4 | 12,6 | 29,1 | 12,0 | 14,5 | 17,4 | 53,1 | 26,9 |
| Regressão / R ² | L**/0,65 | Q ^{ns} /0,61 | L*/0,78 | L**/0,68 | L**/0,96 | Q ^{ns} /0,42 | L ^{ns} /0,19 | Q ^{ns} /0,38 | L ^{ns} /0,56 | L ^{ns} /0,36 | Q**/0,62 | L ^{ns} /0,37 | L**/0,78 | Q ^{ns} /0,93 | L**/0,50 |

(**) 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 6. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Hamlin, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, safra 2008/2009.

| Tratamento | pH CaCl ₂ | M.O. g dm ⁻³ | P _{resina} mg dm ⁻³ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V % | mg dm ⁻³ | | | | |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--|-------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Prof. 0-20 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,8 | 9 | 81 | 15 | 1,2 | 29 | 13 | 43 | 58 | 73 | 0,4 | 1,7 | 29,5 | 6,7 | 5,5 |
| T2 (25%) | 5,4 | 8 | 62 | 18 | 1,2 | 17 | 9 | 26 | 44 | 59 | 0,6 | 1,6 | 37,0 | 8,2 | 10,1 |
| T3 (50%) | 5,4 | 8 | 95 | 19 | 1,5 | 25 | 11 | 40 | 57 | 61 | 0,6 | 1,6 | 42,9 | 7,7 | 5,9 |
| T4 (100%) | 5,2 | 9 | 96 | 21 | 1,9 | 19 | 8 | 30 | 50 | 58 | 0,7 | 2,1 | 44,8 | 9,0 | 7,4 |
| T5 (200%) | 4,4 | 9 | 98 | 24 | 2,0 | 13 | 6 | 22 | 45 | 46 | 0,7 | 2,2 | 57,9 | 8,7 | 6,8 |
| Teste F | 5,1 * | 0,7 ^{ns} | 3,7 * | 3,0 ^{ns} | 8,0 ** | 2,1 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 2,1 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 2,3 ^{ns} | 6,0 ** | 3,1 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 1,0 ^{ns} |
| C.V. (%) | 8,5 | 6,7 | 18,3 | 19,3 | 16,8 | 42,3 | 37,5 | 37,4 | 18,0 | 21,1 | 15,7 | 16,0 | 35,4 | 29,0 | 51,2 |
| Regressão / R ² | L **/0,93 | Q ^{ns} /0,30 | L */0,41 | L **/0,95 | L **/0,88 | L ^{ns} /0,54 | L */0,69 | L ^{ns} /0,56 | L ^{ns} /0,27 | L */0,84 | L **/0,45 | L */0,73 | L ^{ns} /0,94 | L ^{ns} /0,51 | Q ^{ns} /0,04 |
| Prof. 20-40 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,5 | 8 | 39 | 16 | 0,7 | 18 | 11 | 30 | 46 | 64 | 0,6 | 1,1 | 32,1 | 8,4 | 3,0 |
| T2 (25%) | 4,9 | 8 | 84 | 22 | 0,7 | 15 | 8 | 23 | 45 | 50 | 0,8 | 1,1 | 50,2 | 8,5 | 6,9 |
| T3 (50%) | 4,9 | 9 | 111 | 23 | 1,4 | 18 | 8 | 28 | 50 | 47 | 0,8 | 1,3 | 48,0 | 10,1 | 6,7 |
| T4 (100%) | 4,9 | 9 | 86 | 23 | 1,2 | 17 | 9 | 27 | 50 | 60 | 0,9 | 1,0 | 56,5 | 8,1 | 5,9 |
| T5 (200%) | 4,3 | 8 | 105 | 27 | 2,2 | 13 | 5 | 21 | 48 | 41 | 1,0 | 1,2 | 54,6 | 10,9 | 7,1 |
| Teste F | 5,0 * | 0,8 ^{ns} | 7,7 ** | 6,1 ** | 10,1 ** | 0,3 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 4,1 * | 0,6 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 2,3 ^{ns} |
| C.V. (%) | 7,5 | 7,6 | 24,0 | 14,8 | 30,7 | 53,0 | 38,9 | 42,9 | 17,5 | 23,8 | 19,2 | 25,3 | 28,6 | 21,3 | 36,7 |
| Regressão / R ² | L **/0,82 | Q ^{ns} /0,90 | L **/0,36 | L **/0,80 | L **/0,83 | L ^{ns} /0,54 | L ^{ns} /0,56 | L ^{ns} /0,52 | Q ^{ns} /0,58 | L ^{ns} /0,59 | L **/0,94 | L ^{ns} /0,02 | L ^{ns} /0,48 | L ^{ns} /0,46 | L ^{ns} /0,30 |
| Prof. 40-60 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,6 | 9 | 59 | 16 | 0,6 | 21 | 11 | 33 | 49 | 66 | 0,6 | 0,9 | 31,4 | 8,7 | 2,3 |
| T2 (25%) | 4,9 | 9 | 41 | 20 | 0,6 | 9 | 7 | 16 | 36 | 45 | 1,0 | 0,8 | 42,2 | 10,6 | 5,7 |
| T3 (50%) | 4,9 | 9 | 66 | 23 | 1,1 | 15 | 8 | 24 | 46 | 48 | 1,1 | 1,0 | 47,7 | 11,3 | 6,4 |
| T4 (100%) | 4,7 | 9 | 57 | 24 | 1,5 | 17 | 5 | 24 | 48 | 48 | 1,1 | 0,9 | 66,6 | 9,8 | 5,1 |
| T5 (200%) | 4,2 | 9 | 62 | 28 | 1,4 | 11 | 3 | 15 | 43 | 34 | 1,1 | 0,9 | 54,6 | 12,1 | 5,8 |
| Teste F | 2,2 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 12,0 ** | 1,5 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 2,5 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 11,7 ** | 0,2 ^{ns} | 1,2 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 2,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 13,1 | 11,3 | 35,1 | 26,5 | 23,4 | 54,6 | 65,8 | 53,7 | 14,7 | 37,7 | 11,1 | 25,9 | 48,2 | 34,0 | 43,6 |
| Regressão / R ² | L */0,83 | Q ^{ns} /0,82 | L ^{ns} /0,11 | L */0,90 | Q **/0,89 | L ^{ns} /0,17 | L */0,83 | L ^{ns} /0,38 | Q ^{ns} /0,02 | L ^{ns} /0,69 | Q **/0,78 | Q ^{ns} /0,27 | Q ^{ns} /0,96 | L ^{ns} /0,51 | Q ^{ns} /0,49 |

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

4.2. Análise da solução do solo

4.2.1. Comportamento dos nutrientes em função dos tratamentos

Os resultados da análise da solução do solo, para as duas variedades de copa estudadas e nas diferentes profundidades analisadas, estão presentes nas Tabelas 7 e 8. Os valores são referentes às médias dos 11 meses de amostragem: novembro de 2007, janeiro, fevereiro, março, abril, outubro e dezembro de 2008 e janeiro, março, abril e maio de 2009.

Para a variedade de copa Valência, o Teste F apenas não foi significativo para o teor de S, em função dos tratamentos, na profundidade de 30 cm. O Teste F também não apresentou resultado significativo para a concentração de Fe na profundidade de 30 cm e de P na profundidade de 60 cm, na variedade de copa Hamlin. Em ambas as variedades de copa estudadas o resultado do Teste F, em função das épocas de amostragem, foi significativo para todas as variáveis e nas duas profundidades amostradas (Tabelas 7 e 8).

Conforme se observa nas Tabelas 7 e 8, o pH da solução do solo diminui com o aumento da dose de nutrientes. Essa variação ocorre, de maneira bastante similar, nas duas profundidades amostradas, 30 e 60 cm e para as duas variedades de copa estudadas. Segundo Malavolta (1997), variações nos valores de pH afetam direta ou indiretamente a maioria dos nutrientes e sua disponibilidade para as plantas.

Como a fertirrigação foi feita via irrigação por gotejo, desta forma, o fertilizante fica concentrado na zona de molhamento que é um volume de solo restrito, e como as fontes de nitrogênio e fósforo utilizadas possuem caráter ácido (VILLAS BÔAS, et al., 1999), quanto maior a dose destas fontes aplicadas, maior foi o efeito acidificante observado na solução do solo. Souza (2006), trabalhando com a técnica de fertirrigação na cultura da laranja, observou queda nos valores de pH da solução do solo nos tratamentos fertirrigados em relação aos tratamentos que receberam adubação sólida convencional ou foram somente irrigados e adubados de forma convencional.

Os valores de condutividade elétrica da solução do solo aumentaram conforme o aumento da dose de nutrientes (Tabelas 7 e 8). A medida da condutividade elétrica de uma solução é função direta da quantidade de íons presentes nesta solução. Esse aumento

ocorre de modo muito similar tanto a 30 como a 60 cm de profundidade e para ambas as variedades de copa.

Valores de condutividade elétrica acima do limiar da cultura afetam sua produção. As fontes de nitrogênio e potássio utilizadas, respectivamente, nitrato de amônio e cloreto de potássio, possuem alto índice salino (LORENZ & MAYNARD, 1988), o aumento da dose aplicada destes fertilizantes, associado a uma aplicação localizada, pode promover danos salinos as plantas.

O valor de condutividade elétrica limiar para a cultura do citros é de $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ (HOLANDA & AMORIN, 1997). Este valor só foi alcançado no tratamento T5, na profundidade de 30 cm, para a variedade de copa Valência (Tabela 7), porém todos os valores de condutividade elétrica observados no tratamento T5 ficaram sempre muito próximos do limiar. Pires et al. (2005) comentam que valores de condutividade elétrica acima de $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ afetam muito a produção dos citros.

O aumento do teor de amônio na solução do solo, nos tratamentos T4 e T5, tanto a 30 como a 60 cm de profundidade e em ambas as variedades de copa estudadas, ocorreu, provavelmente, pela acidificação da solução observada nestes tratamentos, o que interferiu diretamente no processo de nitrificação.

A nitrificação é um processo em geral rápido em solos bem drenados, ocorrendo em poucas semanas. Valores de pH baixos e má aeração desfavorecem o processo, pois os microorganismos responsáveis pela nitrificação são sensíveis a valores baixos de pH, e requerem este na faixa da neutralidade para atingirem seu crescimento ideal (TSAI et al., 1992).

Pelas Tabelas 7 e 8, se observa que a quantidade de nitrato e de potássio na solução do solo apresenta aumento conforme os tratamentos, sendo mais expressivo para os tratamentos T4 e T5 que receberam as maiores doses de nitrato de amônio e cloreto de potássio.

Muito pouco tem sido feito para se compreender a dinâmica das formas minerais de nitrogênio, em diferentes situações de manejo de solo e de condições climáticas. Para Raij (1991), as pesquisas com nitrogênio são difíceis, pois deveriam ser realizadas no campo e para isso exigem amostragens constantes e uma boa infraestrutura.

Como o nitrogênio é um elemento afetado por uma dinâmica complexa, o manejo adequado da adubação nitrogenada é dos mais difíceis.

Por este ensaio ter sido realizado no campo e a determinação de nitrogênio mineral (NH_4 e NO_3) através solução do solo ter mostrado resultados coerentes com os tratamentos aplicados, esta metodologia de análise poderá auxiliar na melhora do manejo da adubação nitrogenada, principalmente em sistemas de fertirrigação.

Apesar do tratamento T1 não receber fósforo, contém valores deste nutriente, muitas vezes maiores do que os observados nos tratamentos que receberam 25 e 50% de P (T2 e T3). É também no tratamento T1 que ocorreram os maiores valores de pH. O fósforo adsorvido à superfície dos óxidos hidratados de ferro e alumínio se tornam mais solúveis com o aumento do pH da solução (RAIJ & QUAGGIO, 1990). Isso poderia explicar os altos valores de P observados no tratamento T1 na folha (Tabela 9) e na seiva (Tabela 10).

Segundo Rajj (1991), os teores de P na solução do solo são baixos, em torno de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, sendo muitas vezes inferior a este valor. Neste trabalho, em todos os tratamentos e em ambas as variedades de copa estudadas, se observam na solução do solo concentrações, quase sempre, superiores a citada pelo autor, mesmo a 60 cm de profundidade. Isso ocorre, pois na fertirrigação os fertilizantes são aplicados de forma localizada, em uma menor superfície do solo, e os sítios de fixação de fósforo são preenchidos mais rapidamente, proporcionando aumentos da concentração deste nutriente na solução do solo. Souza (2006) também observou maiores teores de P na solução do solo em sistema de fertirrigação, quando comparado ao sistema de adubação sólida convencional.

Arenas et al. (1996), em um trabalho utilizando extratores de cápsula de cerâmica porosa para coletar a solução do solo, observaram que era possível monitorar a concentração dos íons nitrato, potássio, cálcio, magnésio, sódio e cloreto na solução, porém, esta metodologia para fósforo não era aceitável. Diferente destes autores, neste ensaio a concentração de P na solução de solo sempre se correlacionou de forma significativa aos tratamentos aplicados, principalmente na profundidade de 30 cm, apresentando sempre altos valores de coeficiente de determinação (R^2), exceto para a profundidade de 60 cm, na variedade de copa Hamlin (Tabela 8).

A disponibilidade de K no solo é afetada pelo teor de água no solo e por sua relação com os elementos cálcio e magnésio (RAIJ, 1991). Diferente da análise do

solo, a concentração de potássio na solução do solo é maior que a concentração de Ca e Mg, refletindo melhor os tratamentos aplicados (Tabelas 7 e 8).

A concentração de Ca na solução do solo aumentou conforme os tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, nas duas profundidades amostradas (Tabela 8). Para a variedade Valência os teores de Ca aumentaram até o tratamento T4 e depois apresentaram queda no tratamento T5, sendo esta, mais expressiva para a profundidade de 30 cm (Tabela 7). Tanto o Ca como o Mg foram fornecidos apenas via calagem e em quantidades iguais para todos os tratamentos.

A concentração de enxofre na solução do solo, apesar de variar conforme os tratamentos, exceto na profundidade de 30 cm, para a variedade de copa Valência (Tabela 7), não apresentou comportamento coerente com os tratamentos aplicados.

Os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco apresentam sua disponibilidade afetada pelo pH; em valores de pH baixos estes elementos se tornam mais disponíveis (FONTES et al., 2001). A queda nos valores de pH que ocorreu em função das doses de N, P e K aplicadas, aumentou de forma significativa os valores, principalmente de B, Mn e Zn, na solução do solo, em ambas as profundidades estudadas e variedades, sendo que estes micronutrientes foram aplicados em doses iguais para todos os tratamentos.

Os teores Cu e Fe na solução do solo, apesar de terem apresentado diferença significativa para os tratamentos aplicados, exceto o Fe na variedade de copa Hamlin e na profundidade de 30 cm (Tabela 8), ficaram sempre muito próximos, mostrando pouca alteração em função da queda de pH. Estes dois micronutrientes também foram observados em baixíssimas concentrações na solução do solo, independente dos tratamentos e variedade de copa, em torno de 0,2 e 0,02 mg L⁻¹, respectivamente para Cu e Fe. Enquanto que no solo foram observadas altas concentrações destes nutrientes, principalmente de Fe (Tabelas 3 a 6).

4.2.2. Perdas de nutrientes por lixiviação e diferenças entre áreas de produção

Para observar se ocorreram perdas por lixiviação e comparar a concentração de nutrientes na solução do solo entre variedades, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Maiores concentrações de Ca, P e Zn, na variedade de copa Valência e

maiores teores de NH_4 e P, na variedade de copa Hamlin, foram observados na superfície, 30 cm de profundidade. Para todas as outras variáveis analisadas na solução do solo, não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades amostradas (Tabelas 7 e 8).

Como a profundidade efetiva do sistema radicular da laranja é de 60 cm (PIRES et al., 2005), neste ensaio, considerando a média das variáveis analisadas durante os 11 meses de amostragem, não foram observadas perdas de nutrientes por lixiviação na solução do solo (Tabelas 7 e 8).

A concentração de fósforo na solução do solo foi sempre maior a 30 cm de profundidade, em ambas as variedades estudadas (Tabelas 7 e 8). Isso ocorre devido à forte interação que existe deste nutriente com o solo, que apresenta baixa mobilidade.

Segundo Rajj (1991), as perdas mais importantes de nutrientes, em regiões úmidas, acontecem por lixiviação, problema difícil de ser evitado, podendo-se, quando muito, parcelar as adubações a fim de suprir os nutrientes em épocas de maior demanda pela planta, principalmente no caso do nitrato, que acompanha a água de percolação. Nas Tabelas 7 e 8 se observam que as concentrações de NO_3 na solução do solo ficaram semelhantes a 30 e a 60 cm de profundidade, em relação à média dos 11 meses de amostragem para ambas as variedades. Isso ocorreu, provavelmente, pelo grande parcelamento da adubação, sendo esta uma das grandes vantagens do sistema de fertirrigação.

Villas Bôas et al. (1999) recomendam que os micronutrientes devem ser aplicados em pequenas doses na irrigação localizada, pois o volume de solo explorado é pequeno e as doses convencionais podem ser fitotóxicas. No caso do boro, em função da facilidade de lixiviação que este nutriente apresenta, o parcelamento é a prática mais recomendada. Rajj (1991) também comenta que o boro é o mais móvel dos micronutrientes, exceto cloro, e pode ser lixiviado no solo, principalmente naqueles arenosos.

A maior concentração de B foi encontrada na superfície, 30 cm de profundidade (Tabelas 7 e 8), portanto, para a média dos 11 meses de amostragem não foram observados problemas de perda por lixiviação de B, provavelmente por ter sido parcelado em muitas vezes.

Valores similares, como os de K, NO_3 e B, entre as profundidades de 30 e 60 cm, geram preocupação, pois demonstram alto potencial de perda destes nutrientes por lixiviação, principalmente nos meses mais chuvosos do ano.

Precipitações elevadas como as que ocorreram nos meses de janeiro de 2008, janeiro e fevereiro de 2009, respectivamente, 268, 253 e 208 mm (Figuras 8 e 9), promoveram diluição na concentração de íons presentes na solução e geraram perdas por lixiviação. Isso pode ser observado nas Figuras de 11 a 13, que mostram as concentrações de NO_3 , K e B na solução do solo em relação aos meses de amostragem, para as duas variedades de copa estudadas e nas safras 2007/2008 e 2008/2009. Nos períodos mais chuvosos se observam maiores concentrações destes nutrientes na profundidade de 60 cm.

Na constituição das Figuras de 11 a 13, o mês de dezembro de 2007 foi obtido pela média dos meses de novembro de 2007 e janeiro de 2008; o mês de novembro de 2008 pela média dos meses outubro e dezembro de 2008 e o mês de fevereiro de 2009 pela média dos meses de janeiro e março de 2009. Nestas figuras também foi mostrada a diferença mínima significativa obtida no teste de Tukey a 5% de probabilidade ($\text{DMS Tukey}_{(5\%)}$).

Quando se compara as duas variedades de copa estudadas, foram observados na profundidade de 30 cm, maiores teores de Ca, Mg, S, B, Mn e Zn, menores valores de pH, P e Cu e concentrações semelhantes de CE, NH_4 , NO_3 , K e Fe, na solução do solo da variedade de copa Valência em relação a variedade de copa Hamlin. Na profundidade de 60 cm, maiores teores de NH_4 , NO_3 , K, S e Zn, menores valores de pH e valores similares de CE, Ca, Mg, P, B, Cu, Fe e Mn, foram encontrados na solução do solo da variedade de copa Valência em relação a variedade de copa Hamlin (Tabelas 7 e 8).

As concentrações de íons na solução do solo revelam grandes diferenças para um dado elemento, dependendo do solo e do método pelo qual a solução foi obtida (SEMETHURST, 2000). Mesmo as raízes de uma mesma planta podem encontrar grandes diferenças em seu ambiente iônico, tanto em relação ao espaço quanto ao tempo, sendo este meio, portanto, altamente heterogêneo (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Segundo Raij (1991), a solução do solo se encontra irregularmente distribuída, sujeita a variações de concentração, mesmo a curtas distâncias. Para Silva (2002), a solução do solo tem composição bastante variável no tempo e no espaço, devido a uma série de processos dinâmicos entre as fases sólidas e líquidas do solo e a absorção seletiva de nutrientes pelas raízes.

Como a solução do solo foi obtida no campo, onde pode sofrer influência de diversos fatores, o monitoramento desta solução utilizando extratores de cápsula

porosa mostrou-se uma técnica promissora para a cultura da laranja, podendo ser considerada uma ferramenta auxiliar no monitoramento da fertirrigação, pois neste trabalho as variáveis analisadas se correlacionaram de forma significativa com os tratamentos aplicados.

A solução do solo desde a primeira coleta, novembro de 2007, se mostrou uma metodologia de análise sensível, pois já discriminava, para muitas das variáveis analisadas, os tratamentos aplicados, enquanto que a análise do solo passou a discriminar melhor os tratamentos aplicados na análise realizada em maio de 2009 (safra 2008/2009).

Tabela 7. Resultado da análise da solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência, referente à média dos 11 meses de amostragem.

| Tratamento | pH | CE | N-NH ₄ | N-NO ₃ | K | Ca | Mg | P | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|--------------------------------|----------|----------|-------------------|-------------------|----------|----------|---------|---------|-------------------|---------|---------|----------|---------|---------|
| ----- mg L ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| ----- dS m ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. 30 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,7 | 0,2 | 7,5 | 6,9 | 9,1 | 8,2 | 3,0 | 1,3 | 12,4 | 0,5 | 0,1 | 0,02 | 1,0 | 1,6 |
| T2 (25%) | 5,2 | 0,4 | 7,1 | 13,6 | 13,5 | 18,2 | 7,3 | 1,2 | 17,8 | 1,8 | 0,1 | 0,02 | 1,9 | 2,5 |
| T3 (50%) | 3,8 | 0,7 | 7,7 | 34,9 | 40,5 | 28,0 | 8,2 | 1,1 | 19,7 | 2,9 | 0,2 | 0,02 | 5,2 | 5,5 |
| T4 (100%) | 3,6 | 1,0 | 26,9 | 78,5 | 62,8 | 31,6 | 9,3 | 2,6 | 18,4 | 3,6 | 0,3 | 0,02 | 6,8 | 6,6 |
| T5 (200%) | 3,3 | 1,6 | 67,3 | 102,9 | 122,0 | 22,0 | 6,8 | 8,5 | 15,5 | 3,5 | 0,2 | 0,03 | 7,0 | 7,6 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 117,9 ** | 106,0 ** | 40,4 ** | 78,2 ** | 97,3 ** | 15,4 ** | 7,1 ** | 36,3 ** | 1,0 ^{ns} | 27,5 ** | 7,6 ** | 5,4 ** | 34,3 ** | 24,3 ** |
| Época | 7,3 ** | 11,3 ** | 8,2 ** | 8,6 ** | 11,9 ** | 26,7 ** | 12,7 ** | 3,7 ** | 28,8 ** | 39,3 ** | 6,4 ** | 11,2 ** | 9,0 ** | 8,1 ** |
| Regressão | Q ** | L ** | L ** | Q ** | L ** | Q ** | Q ** | Q ** | Q ^{ns} | Q ** | Q ** | L ** | Q ** | Q ** |
| R ² | 0,93 | 0,99 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 0,97 | 0,91 | 0,99 | 0,74 | 0,99 | 0,81 | 0,71 | 0,96 | 0,95 |
| Tukey (Prof./Var.) | 4,3 a/B | 0,8 a/A | 23,3 a/A | 47,4 a/A | 49,6 a/A | 21,6 a/A | 6,9 a/A | 2,9 a/B | 16,8 a/A | 2,5 a/A | 0,2 a/B | 0,02 a/A | 4,4 a/A | 4,8 a/A |
| Prof. 60 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,6 | 0,1 | 7,1 | 10,1 | 11,2 | 3,3 | 1,6 | 0,4 | 5,3 | 0,5 | 0,1 | 0,02 | 0,9 | 1,1 |
| T2 (25%) | 5,0 | 0,3 | 6,8 | 16,3 | 13,4 | 13,7 | 4,9 | 0,1 | 13,3 | 1,7 | 0,2 | 0,02 | 2,8 | 3,2 |
| T3 (50%) | 3,8 | 0,6 | 6,7 | 43,3 | 41,3 | 17,0 | 6,4 | 0,3 | 11,0 | 2,1 | 0,2 | 0,01 | 4,0 | 3,8 |
| T4 (100%) | 3,4 | 1,0 | 19,2 | 63,7 | 50,7 | 18,8 | 7,9 | 2,3 | 19,4 | 3,1 | 0,2 | 0,03 | 5,8 | 5,0 |
| T5 (200%) | 3,5 | 1,5 | 50,8 | 145,5 | 122,1 | 18,7 | 8,8 | 2,0 | 12,8 | 2,1 | 0,1 | 0,02 | 7,4 | 6,2 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 202,4 ** | 149,1 ** | 40,3 ** | 45,5 ** | 101,9 ** | 16,0 ** | 12,7 ** | 8,1 ** | 3,4 * | 39,0 ** | 5,8 ** | 7,7 ** | 27,2 ** | 20,4 ** |
| Época | 18,4 ** | 14,7 ** | 7,0 ** | 4,1 ** | 13,4 ** | 17,7 ** | 8,6 ** | 9,7 ** | 7,3 ** | 21,1 ** | 4,3 ** | 8,4 ** | 13,3 ** | 15,2 ** |
| Regressão | Q ** | L ** | L ** | L ** | L ** | Q ** | Q ** | L ** | Q ** | Q ** | Q ** | L ** | Q ** | Q ** |
| R ² | 0,97 | 0,97 | 0,93 | 0,99 | 0,97 | 0,89 | 0,96 | 0,63 | 0,81 | 0,98 | 0,83 | 0,30 | 0,99 | 0,97 |
| Tukey (Prof./Var.) | 4,2 a/B | 0,7 a/A | 18,1 a/A | 55,8 a/A | 47,4 a/A | 14,3 b/A | 5,9 a/A | 1,0 b/A | 12,3 a/A | 1,9 a/A | 0,2 a/A | 0,02 a/A | 4,2 a/A | 3,9 b/A |

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (^{ns}) não significativo, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical (entre profundidades) e média seguidas por letras iguais maiúsculas na mesma profundidade entre as Tabelas 7 e 8 (entre áreas de produção - variedades), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade, Prof. - Profundidade e Var. - Variedade.

Tabela 8. Resultado da análise da solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, referente à média dos 11 meses de amostragem.

| Tratamento | pH | mg L ⁻¹ | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|--------------------|-------------------|-------------------|----------|----------|---------|-------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| | | CE | N-NH ₄ | N-NO ₃ | K | Ca | Mg | P | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Prof. 30 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 6,1 | 0,1 | 6,4 | 11,5 | 7,6 | 5,5 | 1,3 | 2,3 | 3,8 | 0,7 | 0,1 | 0,02 | 0,5 | 1,5 |
| T2 (25%) | 5,2 | 0,4 | 8,5 | 22,6 | 20,1 | 15,0 | 5,9 | 1,8 | 5,0 | 2,0 | 0,2 | 0,02 | 2,5 | 2,6 |
| T3 (50%) | 4,6 | 0,6 | 7,7 | 31,1 | 28,4 | 18,0 | 7,5 | 2,6 | 4,5 | 2,1 | 0,2 | 0,02 | 4,2 | 4,1 |
| T4 (100%) | 4,0 | 0,9 | 23,3 | 52,9 | 58,1 | 20,4 | 5,5 | 8,6 | 4,0 | 2,3 | 0,2 | 0,02 | 4,5 | 3,5 |
| T5 (200%) | 3,6 | 1,5 | 59,8 | 97,4 | 85,7 | 28,1 | 5,2 | 13,4 | 10,2 | 2,2 | 0,2 | 0,02 | 4,9 | 5,0 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 90,3 ** | 91,7 ** | 46,1 ** | 52,9 ** | 40,0 ** | 22,5 ** | 16,6 ** | 22,5 ** | 12,7 ** | 12,0 ** | 2,9 * | 1,5 ^{ns} | 19,6 ** | 9,8 ** |
| Época | 14,9 ** | 8,8 ** | 8,9 ** | 8,2 ** | 11,5 ** | 19,8 ** | 10,4 ** | 5,7 ** | 8,3 ** | 38,3 ** | 4,9 ** | 25,3 ** | 6,4 ** | 6,8 ** |
| Regressão | Q ** | L ** | L ** | L ** | L ** | L ** | Q ** | L ** | Q ** | Q ** | L * | L ^{ns} | Q ** | L ** |
| R ² | 0,99 | 0,99 | 0,94 | 0,99 | 0,97 | 0,86 | 0,54 | 0,93 | 0,93 | 0,77 | 0,42 | 0,20 | 0,93 | 0,75 |
| Tukey (Prof./Var.) | 4,7 a/A | 0,7 a/A | 21,2 a/A | 43,1 a/A | 40,0 a/A | 17,4 a/B | 5,1 a/B | 5,6 a/A | 5,5 a/B | 1,9 a/B | 0,2 a/A | 0,02 a/A | 3,3 a/B | 3,4 a/B |
| Prof. 60 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 6,3 | 0,1 | 9,4 | 10,1 | 10,1 | 3,4 | 0,8 | 0,7 | 7,3 | 0,6 | 0,1 | 0,02 | 0,4 | 0,9 |
| T2 (25%) | 5,3 | 0,3 | 8,3 | 23,6 | 18,4 | 14,7 | 6,2 | 0,7 | 7,2 | 2,6 | 0,1 | 0,03 | 3,2 | 2,3 |
| T3 (50%) | 5,1 | 0,4 | 7,4 | 25,6 | 18,7 | 18,5 | 4,4 | 0,6 | 4,7 | 1,5 | 0,1 | 0,02 | 3,8 | 2,7 |
| T4 (100%) | 4,2 | 1,0 | 16,9 | 61,4 | 48,6 | 21,6 | 9,3 | 0,8 | 4,3 | 1,7 | 0,4 | 0,03 | 5,1 | 4,3 |
| T5 (200%) | 3,7 | 1,4 | 31,2 | 91,6 | 86,1 | 27,9 | 10,6 | 0,9 | 5,3 | 1,4 | 0,2 | 0,02 | 5,7 | 4,6 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 115,9 ** | 82,2 ** | 17,1 ** | 65,1 ** | 46,0 ** | 25,2 ** | 14,7 ** | 0,5 ^{ns} | 2,5 * | 11,4 ** | 21,1 ** | 4,4 ** | 18,0 ** | 11,5 ** |
| Época | 19,6 ** | 6,9 ** | 6,1 ** | 10,4 ** | 4,8 ** | 13,1 ** | 3,2 ** | 24,1 ** | 9,3 ** | 12,1 ** | 2,8 ** | 24,9 ** | 3,4 ** | 4,6 ** |
| Regressão | Q ** | L ** | L ** | L ** | L ** | Q ** | L ** | L ^{ns} | Q * | Q ** | Q ** | Q * | Q ** | Q ** |
| R ² | 0,98 | 0,96 | 0,91 | 0,97 | 0,98 | 0,93 | 0,76 | 0,52 | 0,84 | 0,29 | 0,68 | 0,30 | 0,94 | 0,99 |
| Tukey (Prof./Var.) | 4,9 a/A | 0,7 a/A | 14,6 b/B | 42,5 a/B | 36,4 a/B | 17,2 a/A | 6,3 a/A | 0,7 b/A | 5,8 a/B | 1,6 a/A | 0,2 a/A | 0,02 a/A | 3,6 a/A | 3,0 a/B |

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5% e (^{ns}) não significativo, L - ajuste quadrático, Q - ajuste linear, Q - médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical (entre profundidades) e média seguidas por letras iguais maiúsculas na mesma profundidade entre as Tabelas 7 e 8 (entre áreas de produção - variedades), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade, Prof. - Profundidade e Var. - Variedade.

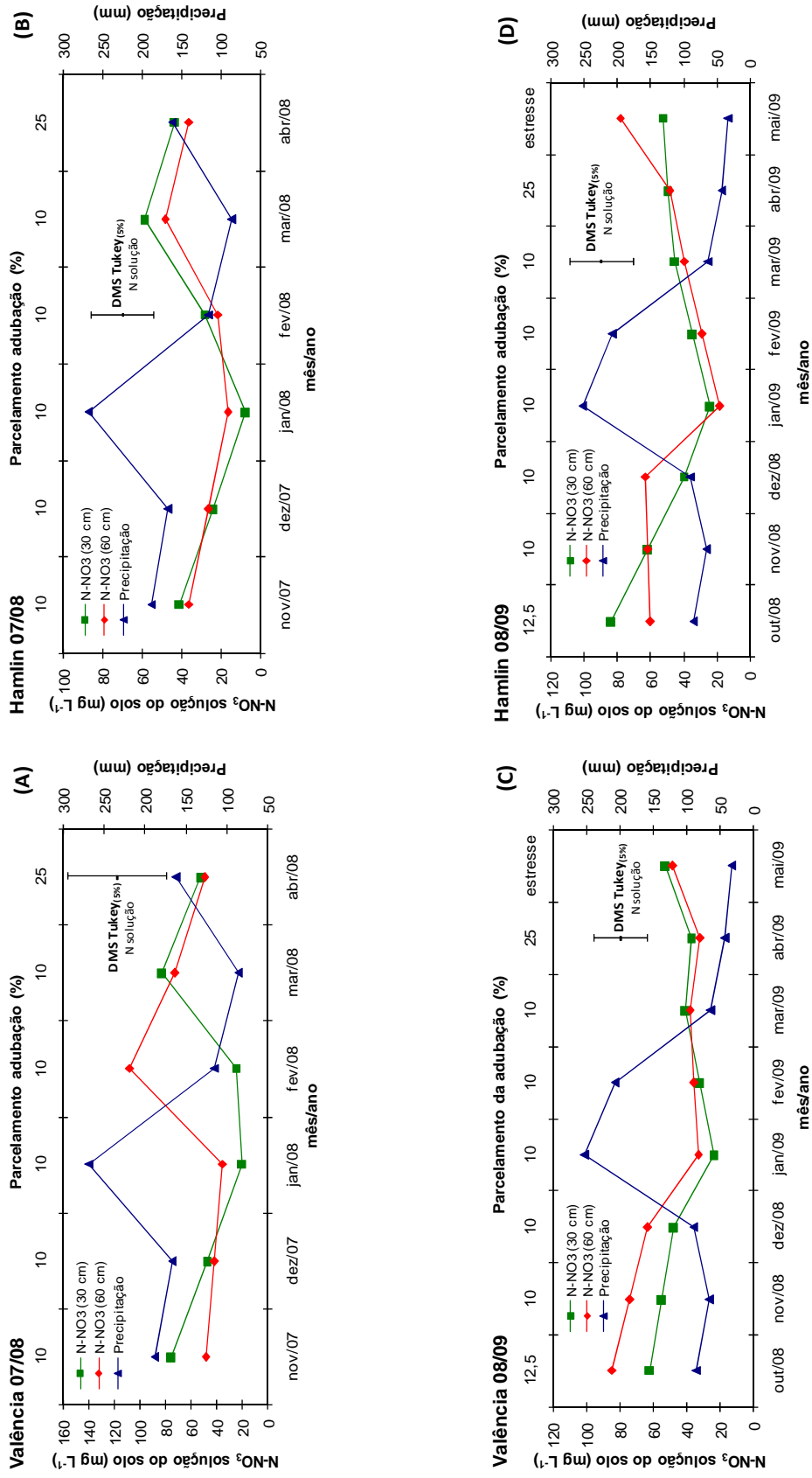


Figura 11. Concentração de nitrato na solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, e valores de precipitação, para os diferentes meses de amostragem: (A) Valência safra 2007/2008, (B) Hamlin safra 2007/2008, (C) Valência safra 2008/2009 e (D) Hamlin safra 2008/2009.

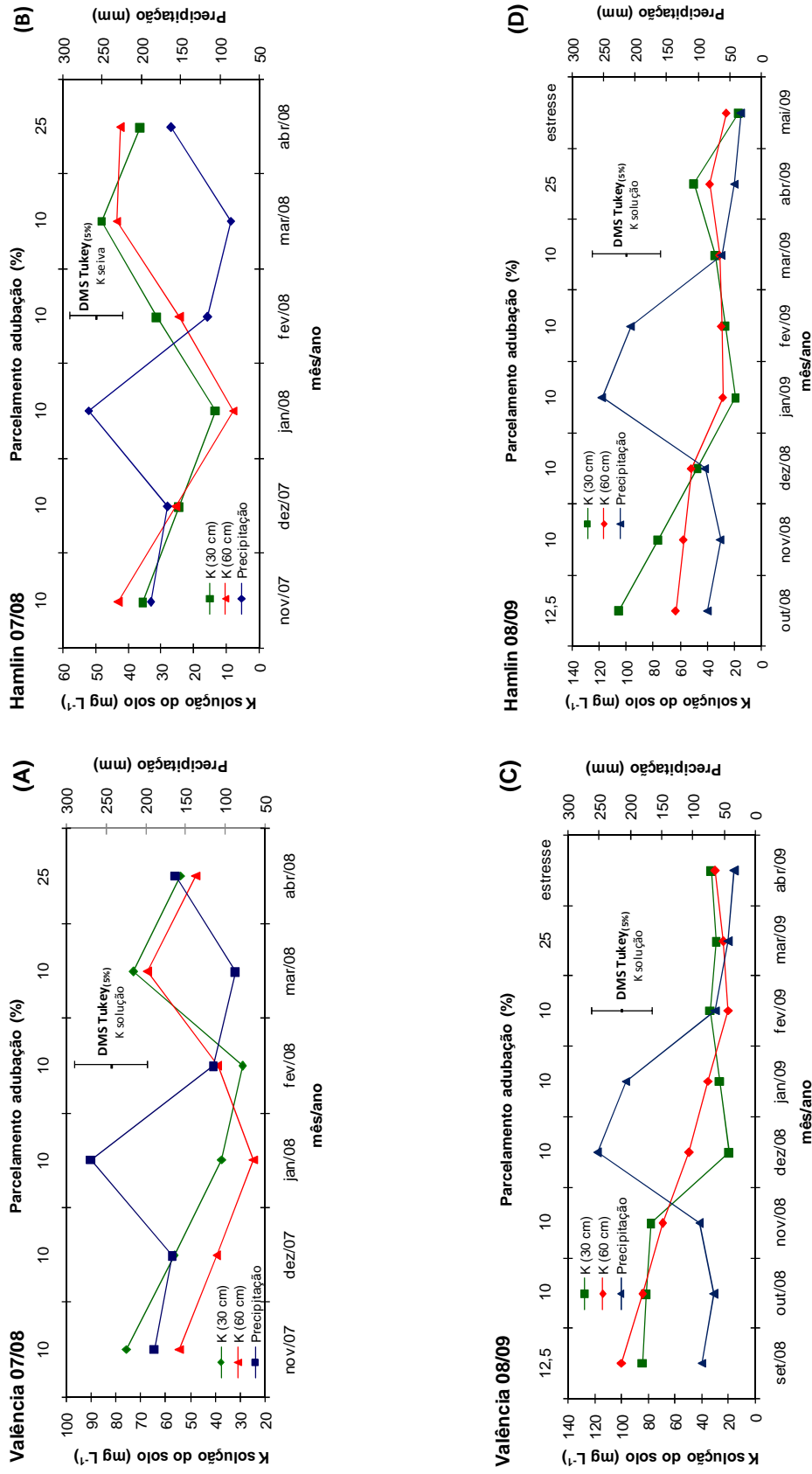


Figura 12. Concentração de potássio na solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, e valores de precipitação, para os diferentes meses de amostragem: (A) Valência safra 2007/2008, (B) Hamlin safra 2007/2008, (C) Valência safra 2008/2009 e (D) Hamlin safra 2008/2009.

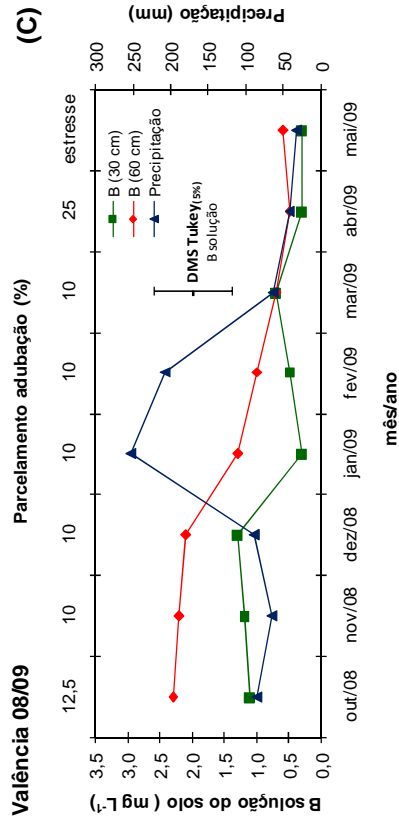
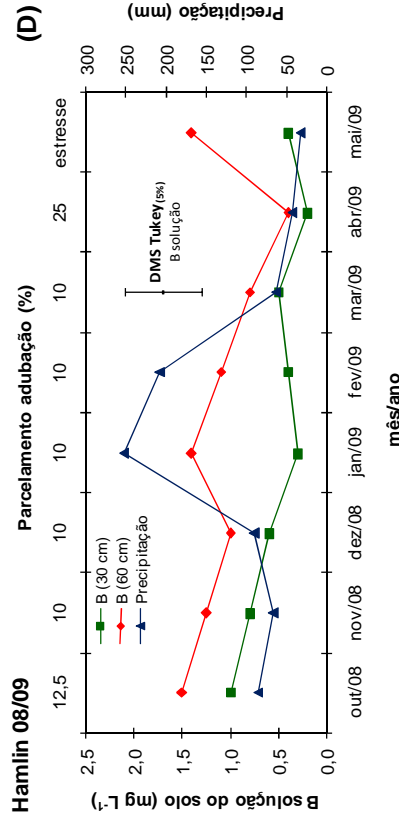
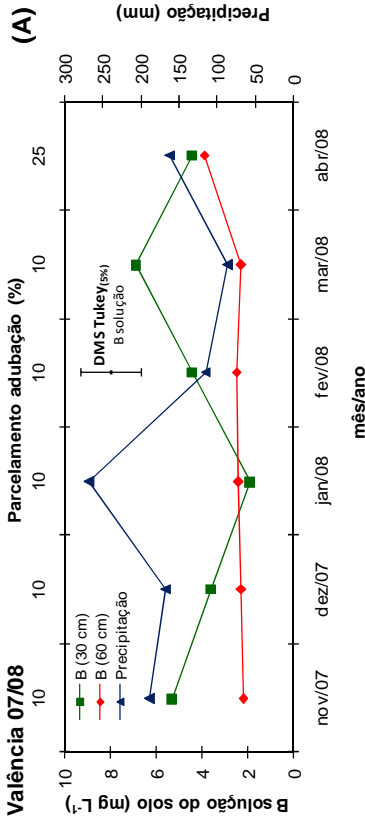
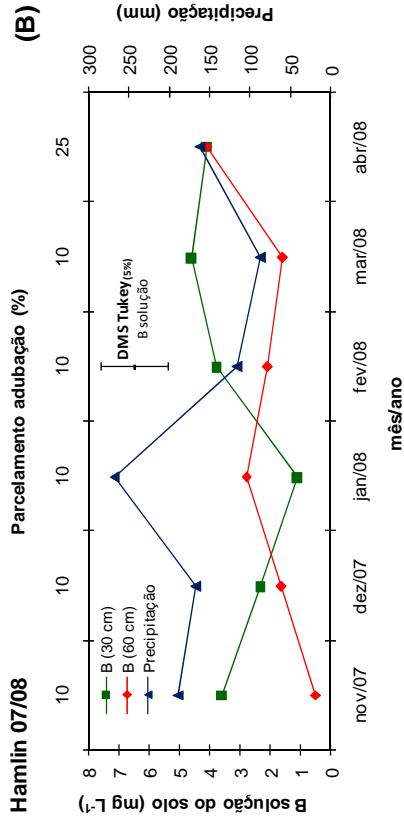


Figura 13. Concentração de boro na solução do solo, nas profundidades de 30 e 60 cm, e valores de precipitação, para os diferentes meses de amostragem: (A) Valência safra 2007/2008, (B) Hamlin safra 2007/2008, (C) Valência safra 2008/2009 e (D) Hamlin safra 2008/2009.

4.3. Análise foliar

Na Tabela 9 estão presentes os resultados da análise foliar, para as variedades de copa Valência e Hamlin. Os valores são referentes à média dos 22 meses de amostragem, de setembro a dezembro de 2007, janeiro a dezembro de 2008 e janeiro a agosto de 2009, apenas nos meses de outubro de 2007 e fevereiro de 2009, não foram feitas análises.

O resultado do teste F para a análise foliar foi significativo para a maioria dos parâmetros avaliados, apenas os nutrientes S e Cu para a variedade de copa Valência e P, S e Fe para a variedade de copa Hamlin, não apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos. Quanto às épocas, todos os nutrientes avaliados apresentaram diferença significativa (Tabela 9).

Considerando a faixa adequada de nutrientes na cultura do citros (QUAGGIO et al., 1997), neste ensaio os teores de N nas folhas vão do ideal, nos tratamentos que receberam as menores doses de nutrientes, ao acima do adequado nos tratamentos T4 e T5. A concentração de P e Mg em todos os tratamentos se encontram dentro da faixa considerada adequada para a cultura da laranja, o que também pode ser observado para o S na variedade de copa Valência. Para a laranja Hamlin o teor de S ficou um pouco acima do adequado para a cultura. Na variedade de copa Valência, o K apresentou valores conforme o recomendado para a cultura da laranja, e na variedade Hamlin, do tratamento T2 ao tratamento T5 os valores de K se encontram acima do adequado (Tabela 9).

Segundo Mattos Junior et al. (2005), umas das peculiaridades das plantas cítricas é o fato de a concentração de Ca nas folhas ser superior a de qualquer outro nutriente, incluindo o N. Isso pode ser observado nos resultados obtidos neste ensaio, onde o teor de Ca na folha foi maior em relação a todos os outros nutrientes analisados, para as duas variedades de laranja estudadas. Os teores de Ca nas folhas das duas variedades de copa estudadas se encontram entre a falta e o limite inferior do considerado adequado para a cultura da laranja (QUAGGIO et al., 1997).

Os valores de B, Cu e Fe são elevados, independentes dos tratamentos. Em função disso não foram mais realizadas aplicações de B na safra 2008/2009. Para os micronutrientes Mn e Zn, as concentrações foliares observadas em todos os tratamentos e para

as duas variedades de laranja estudadas estão dentro da faixa considerada adequada (QUAGGIO et al., 1997).

Maiores teores de N, K, Mn e Zn, menores concentrações de Ca e Mg e valores similares de P, S, Cu e Fe ocorreram nas folhas, em função das doses de N, P e K aplicadas via fertirrigação, para as duas variedades de copa. Estes resultados, de forma geral, foram reflexos das concentrações e interações dos nutrientes presentes na solução do solo (Tabelas 7 e 8).

O aumento do teor de N, K, Mn e Zn observado na solução do solo, em função dos tratamentos, independente da profundidade e variedade (Tabelas 7 e 8), refletiram de forma direta na concentração destes nutrientes na planta (Tabela 9, Figuras 14 e 15). Dasberg et al. (1988) observaram que o teor de N na folha variou com o teor de N aplicado via fertirrigação. Laurindo (2005) observou maior teor de N nas folhas nos tratamentos fertirrigados em relação ao tratamento não irrigado com adubação sólida, devido ao melhor aproveitamento de N na fertirrigação em função do parcelamento.

No caso do Ca e do Mg, enquanto na solução do solo a tendência foi de aumento destes nutrientes, em função dos tratamentos, com exceção do tratamento T5 na variedade de copa Valência (Tabelas 7 e 8), nas folhas o comportamento, de forma geral, foi o inverso, apresentando tendência de queda em função dos tratamentos (Figuras 14 e 15). Isso pode ter ocorrido devido a relação do K com o Ca e o Mg e seu efeito na absorção de nutrientes, pois altas concentrações de K podem inibir de forma competitiva a absorção de Ca e Mg (MALAVOLTA et al., 1999).

Em relação ao teor adequado de nutrientes nas folhas da cultura da laranja, um resultado interessante de se observar são os níveis de N, K e Ca encontrados nas folhas. Os teores de N e K vão do adequado ao acima do adequado, enquanto os teores de Ca variam da falta ao limite mínimo do considerado adequado para a cultura. Isso mostra novamente que ocorreram problemas na absorção de Ca pelas plantas, pois no solo (Tabelas de 3 a 6) foram observadas altas concentrações de Ca, quase sempre superiores a $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^3$, valor considerado alto segundo Raij et al. (1997).

Souza (2006) observou maiores concentrações de Mg nas folhas de laranja Natal, em detrimento do teor de K, independente dos tratamentos. Legaz et al. (1997), em um ensaio de fertirrigação por gotejo com diferentes fontes e doses de Mg, com o objetivo

de estudar a relação de Mg e K nas folhas e no bulbo úmido, para laranja, concluíram que doses crescentes de sulfato ou quelato de Mg, mantendo constante a dose de K, reduziu a relação K/Mg nas folhas.

Duenhas et al. (2002), trabalhando com laranja fertirrigada, observaram que os teores obtidos nas folhas para Ca, Mg e K seguiam uma tendência na maioria dos tratamentos, quando ocorriam maiores valores de K nas folhas, os teores de Ca e Mg eram baixos. Laurindo (2005) também observou aumento nos teores de Ca e Mg nas folhas de laranja Valência com diminuição do teor de K nos tratamentos fertirrigados. Rêgo (1997) obteve resultado inverso, com redução no teor de Ca nas folhas e aumento do teor de K

A presença de maior quantidade de NH_4 na solução do solo, devido a acidificação, observada principalmente nos tratamentos T4 e T5 que receberam as maiores doses de N, P e K (Tabelas 7 e 8), também pode ter interferido no processo de absorção do Ca e do Mg. Isso fica mais evidente na análise de seiva, pois nesta foi determinada a concentração de NH_4 (Tabela 10).

Os teores de S e P nas folhas pouco variam em função dos tratamentos. Provavelmente, as altas doses de fósforo, foram compensadas pelos maiores valores de pH, observados na solução do solo, nos tratamentos que receberam baixas doses de P (Tabelas 7 e 8), e também devido ao alto teor de P encontrado no solo desde o início do projeto (Tabela 1), todos estes fatores associados fizeram com que o teor de P nas folhas não variasse de forma significativa.

Os valores de Cu e Fe foram altos na folha, independente da variedade, diferente da solução do solo, onde foram encontradas baixas concentrações (Tabelas 7 e 8), porém, no solo, estes dois elementos também foram observados em altas concentrações, quase sempre superiores a 0,8 e 12 mg dm^{-3} , respectivamente, valores considerados elevados de acordo com Rajj et al., (1997) (Tabelas 3 a 6). Isso mostra que a metodologia de análise da solução do solo talvez não deva ser recomendada para a avaliação da disponibilidade destes nutrientes.

Em diferentes ensaios comparando aplicação de fertilizantes de forma convencional e via sistema de fertirrigação na cultura da laranja, Souza (2006), Rago & Büll (2000) e Duenhas et al. (2002) observaram teores excessivos de Cu nas folhas, independente dos tratamentos, e atribuíram este efeito a resíduos de pulverizações.

Segundo Gimenez et al. (1992), a constante aplicação de fungicidas à base de cobre para o controle de doenças em plantas, pode alterar a disponibilidade desse elemento. Dependendo da quantidade e do tipo do produto, da frequência e do modo de aplicação, o teor de cobre da camada superficial do solo pode ser elevado a valores bastante altos, causando toxicidade.

A concentração de nutrientes na folha entre as duas variedades de copa estudadas foi avaliada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e para a média dos tratamentos. O teor de N, P, K, B, Fe e Zn foram significativamente maiores para a variedade de copa Hamlin, enquanto que os valores de Ca, Mg e Cu foram observados em maiores concentrações na variedade de copa Valência; os valores de S e Mn foram semelhantes entre as duas variedades. Portanto, a exigência nutricional entre as variedades de laranja foi distinta.

Tabela 9. Resultado da análise foliar, em relação aos tratamentos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, referente à média dos 22 meses de amostragem.

| Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | mg kg ⁻¹ | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|-------------------|---------|---------|---------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|----------|---------|---------------------|--|--|---------------------|--|--|---------------------|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | g kg ⁻¹ | | | mg kg ⁻¹ | | | mg kg ⁻¹ | | | |
| Valência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 26 | 1,3 | 13 | 36 | 3,8 | 3,0 | 120 | 33 | 188 | 79 | 41 | | | | | | | | | | |
| T2 (25%) | 26 | 1,3 | 13 | 36 | 3,7 | 3,0 | 173 | 34 | 174 | 113 | 44 | | | | | | | | | | |
| T3 (50%) | 27 | 1,3 | 14 | 34 | 3,6 | 3,0 | 178 | 33 | 166 | 143 | 51 | | | | | | | | | | |
| T4 (100%) | 28 | 1,4 | 15 | 34 | 3,4 | 3,0 | 176 | 33 | 183 | 206 | 50 | | | | | | | | | | |
| T5 (200%) | 28 | 1,3 | 14 | 35 | 3,4 | 3,0 | 162 | 33 | 180 | 238 | 45 | | | | | | | | | | |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 49,9 ** | 2,5 * | 15,5 ** | 9,1 ** | 22,6 ** | 0,7 ^{ns} | 54,1 ** | 0,6 ^{ns} | 16,4 ** | 151,7 ** | 2,9 * | | | | | | | | | | |
| Época | 26,0 ** | 156,5 ** | 39,4 ** | 38,4 ** | 55,7 ** | 117,0 ** | 38,3 ** | 212,7 ** | 67,6 ** | 3,7 ** | 6,8 ** | | | | | | | | | | |
| Regressão | Q ** | Q * | Q ** | Q ** | Q ** | L ^{ns} | Q ** | L ^{ns} | Q ** | Q ** | Q ** | | | | | | | | | | |
| R ² | 0,98 | 0,63 | 0,94 | 0,67 | 0,99 | 0,31 | 0,71 | 0,54 | 0,19 | 0,99 | 0,76 | | | | | | | | | | |
| Tukey (Var.) | 27 b | 1,3 b | 14 b | 35 a | 3,6 a | 3,0 a | 162 b | 33 a | 178 b | 156 a | 46 b | | | | | | | | | | |
| Hamlin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 26 | 1,4 | 15 | 34 | 3,3 | 3,1 | 125 | 32 | 194 | 93 | 45 | | | | | | | | | | |
| T2 (25%) | 27 | 1,4 | 16 | 34 | 3,2 | 3,0 | 208 | 30 | 200 | 94 | 49 | | | | | | | | | | |
| T3 (50%) | 27 | 1,4 | 16 | 34 | 3,2 | 3,1 | 203 | 29 | 192 | 137 | 51 | | | | | | | | | | |
| T4 (100%) | 28 | 1,4 | 16 | 35 | 3,3 | 3,1 | 209 | 28 | 199 | 184 | 53 | | | | | | | | | | |
| T5 (200%) | 30 | 1,4 | 17 | 33 | 2,8 | 3,1 | 190 | 30 | 196 | 223 | 56 | | | | | | | | | | |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 134,4 ** | 2,3 ^{ns} | 14,9 ** | 11,7 ** | 30,7 ** | 2,3 ^{ns} | 122,4 ** | 4,1 ** | 1,9 ^{ns} | 101,8 ** | 19,1 ** | | | | | | | | | | |
| Época | 47,6 ** | 171,9 ** | 32,5 ** | 54,8 ** | 32,9 ** | 87,1 ** | 50,9 ** | 173,6 | 64,9 ** | 10,2 ** | 38,7 ** | | | | | | | | | | |
| Regressão | Q ** | Q ^{ns} | L ** | Q ** | Q ** | Q * | Q ** | Q ** | Q ^{ns} | Q ** | Q ** | | | | | | | | | | |
| R ² | 0,99 | 0,09 | 0,83 | 0,80 | 0,91 | 0,61 | 0,66 | 0,90 | 0,05 | 0,97 | 0,98 | | | | | | | | | | |
| Tukey (Var.) | 28 a | 1,4 a | 16 a | 34 b | 3,1 b | 3,1 a | 187 a | 30 b | 196 a | 146 a | 51 a | | | | | | | | | | |

(**) significativo a 1%, (*) significativo a 5%, (^{ns}) não significativo, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático, médias seguidas por letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade e Var. - Variedade.

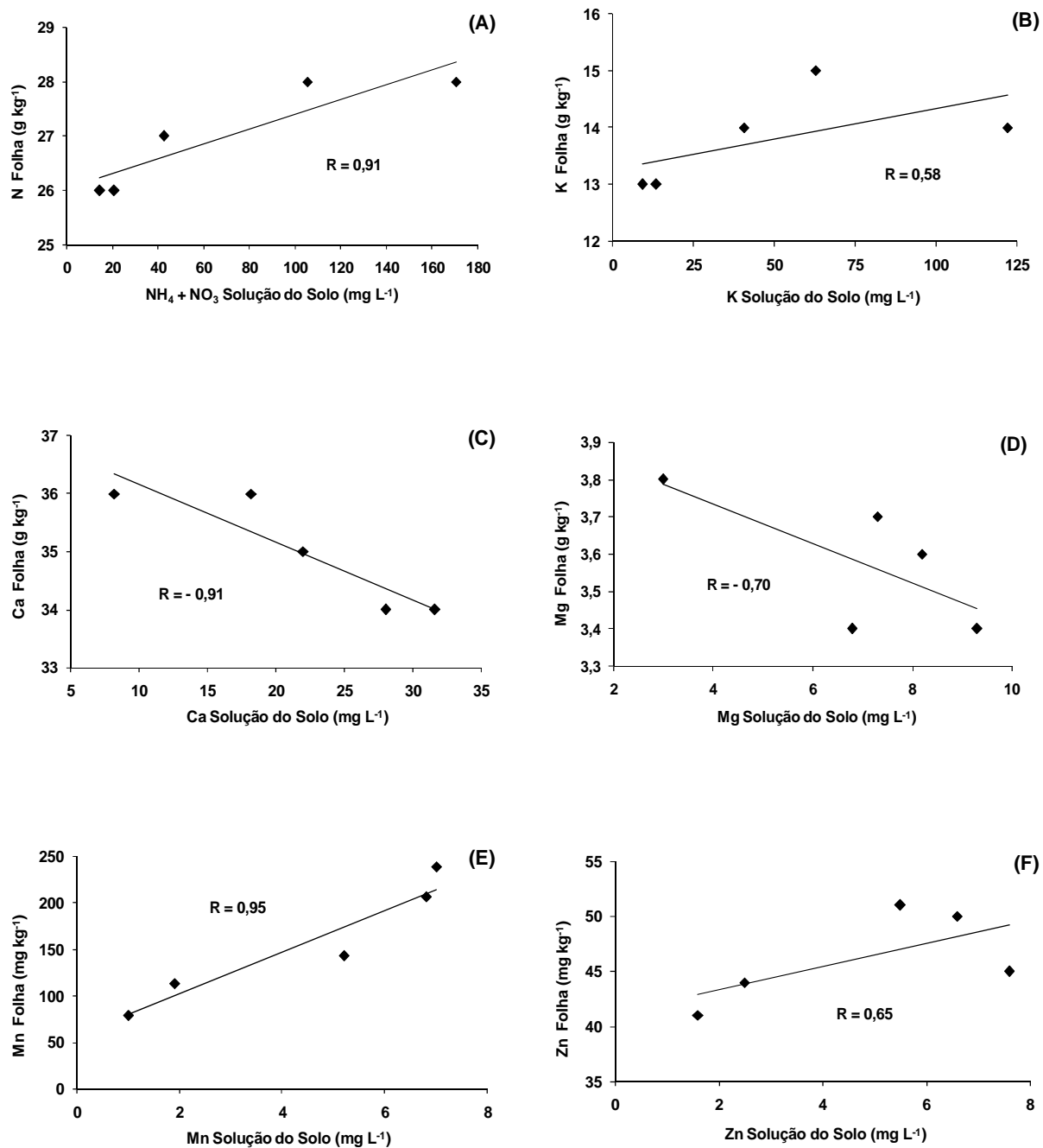


Figura 14. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na folha, para a variedade de copa Valência: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco.

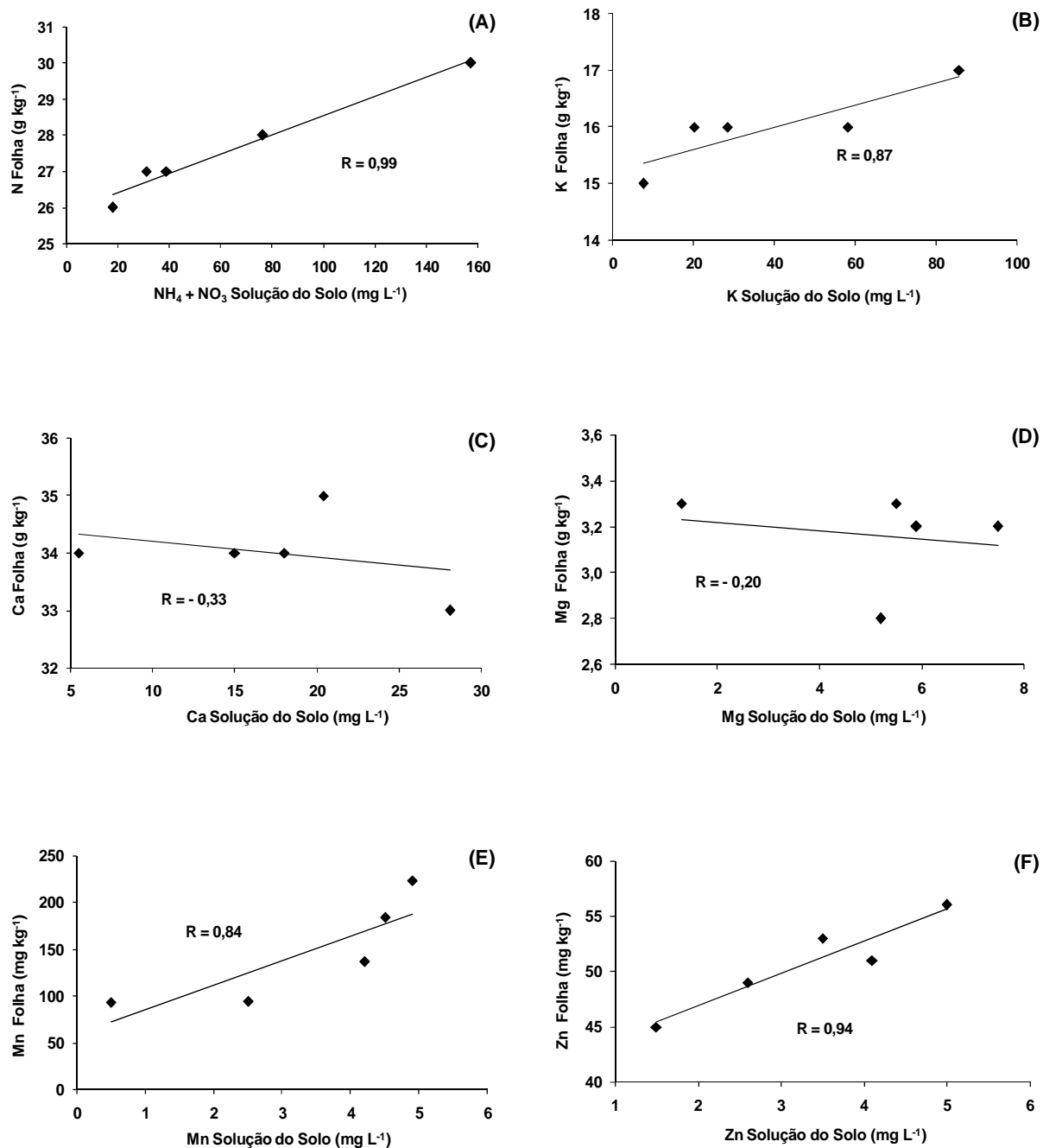


Figura 15. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na folha, para a variedade de copa Hamlin: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco.

4.4. Determinação indireta da clorofila

As mesmas folhas coletadas para realização da análise foliar foram utilizadas na determinação da medida indireta da clorofila. As Figuras 16 e 17 mostram a relação entre as leituras SPAD (Soil and Plant Analysis Development - unidade adotada pela MINOLTA), obtidas pelo clorofilômetro, e o teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, os valores correspondem à média dos resultados obtidos nos 22 meses de análise, os mesmos descritos para a análise foliar.

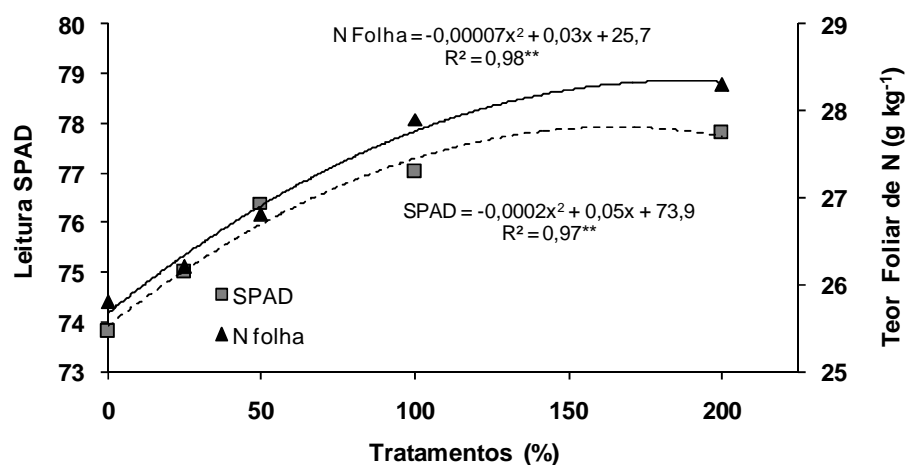


Figura 16. Valores de leitura SPAD e teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, para a variedade de copa Valência.

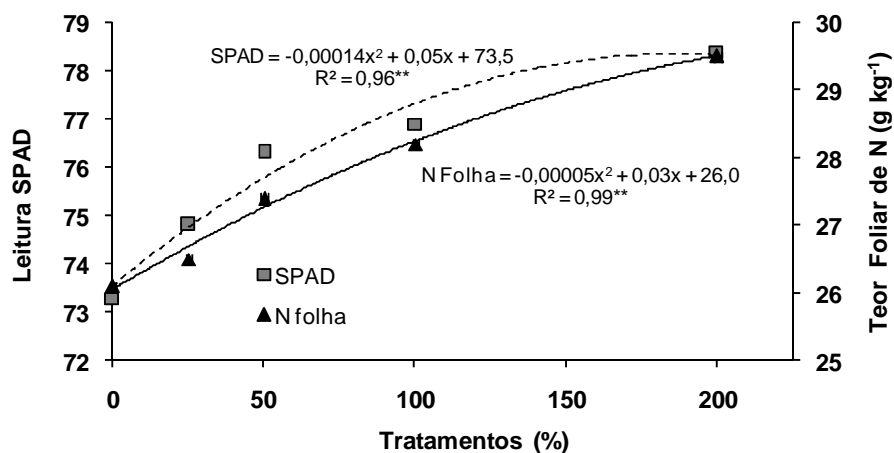


Figura 17. Valores de leitura SPAD e teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin.

Os valores de leitura SPAD, determinada pelo clorofilômetro e a análise foliar de nitrogênio, apresentaram alta correlação com tratamentos aplicados, com valores de R^2 , respectivamente, de 0,97 e 0,98 para a variedade de copa Valência (Figura 16) e 0,96 e 0,99 para a variedade de copa Hamlin (Figura 17). Quando foram correlacionadas às leituras do medidor de clorofila com a concentração de N foliar, ocorreu uma associação positiva de 0,92 e 0,94, respectivamente, para as variedades de copa Valência e Hamlin, conforme pode ser visto na Figura 18.

Essa correlação positiva, entre o teor de clorofila da folha e as doses de nitrogênio aplicadas (tratamentos), é atribuída, principalmente, ao fato de 50 a 70% do N total da folha ser integrante de enzimas (CHAPMAN & BARRETO, 1997) que estão associadas ao cloroplasto (STOCHING & ONGUN, 1962).

Diversos autores observaram relação direta entre os valores de medida indireta da clorofila e a concentração de nitrogênio nas folhas em distintas culturas, como café (GODOY et al., 2008), capim-marandu (COSTA et al., 2008), alho (BACKES et al., 2008), milho (GODOY et al., 2007), pimentão (GODOY et al., 2003), feijão (SILVEIRA et al., 2003), milho (ARGENTA et al., 2002), batata (GIL et al., 2002), cereais (ARGENTA et al., 2001), tomate (GUIMARÃES et al., 1999), manga, goiaba, tangerina e uva (SHAAHAN et al., 1999), e outras.

Quiñones et al. (2007b), em ensaio com tangerina Clementina de Nules, enxertada sobre citrange Carrizo (sensível a salinidade) e tangerina Cleópatra (resistente a salinidade) que receberam duas doses de nitrogênio (fontes: nitrato de cálcio e nitrato de potássio) e três de cloreto de sódio, para avaliar a interação entre os ânions nitrato e cloro, realizaram, também, medidas de leitura SPAD. Os autores observaram que o maior valor de leitura SPAD (69,4) foi encontrado sobre o porta-enxerto tangerina Cleópatra, na maior dose de N combinada com a menor dose de cloreto de sódio, e o menor valor de Leitura SPAD (43,9) foi observado para o porta-enxerto citrange Carrizo, na maior dose de cloreto de sódio, independente da dose de nitrogênio.

Tanto os valores de leitura SPAD quanto o teor de N na folha apresentaram alta correlação com as doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, independente da variedade de laranja estudada (Figuras 16 e 17). Porém, deve-se considerar as diversas vantagens da medição do teor de clorofila em relação à diagnose foliar. Com o auxílio

do clorofilômetro, a leitura do estado nutricional da planta pode ser realizada em poucos minutos, possibilitando rápido diagnóstico da situação da lavoura; o aparelho tem custos mínimos de manutenção, ao contrário de outros testes que exigem a compra sistemática de produtos químicos (PIEKIELEK & FOX, 1992); não existe a necessidade de envio de amostras para laboratório, com economia de tempo e dinheiro, e o agricultor pode realizar quantas amostras desejar, sem destruição das folhas (MALAVOLTA et al., 1997).

Outra vantagem do medidor de clorofila é a baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N pelas plantas, que é atribuída à forma como esse nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, acumula-se como nitrato, e nesta forma, o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER, 1995).

A faixa considerada adequada de N na folha da laranja varia entre 23 a 27 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2005). O teor de N nas folhas apresentou variação de 26 a 28 g kg⁻¹, para a variedade de copa Valência e de 26 a 30 g kg⁻¹, para a variedade de copa Hamlin (Tabela 9). Portanto, a concentração de N se encontra entre a faixa adequada e acima desta. A leitura SPAD ainda não detectou este possível excesso, pois sempre aumentou conforme as doses de nitrogênio aplicadas.

Considerando as equações lineares observadas na Figura 18 e a faixa de valores adequada de N na folha da laranja, os valores de leitura SPAD variaram de 70,3 a 76,0, para a variedade de copa Valência e de 69,5 a 75,1 para a variedade de copa Hamlin. Portanto, estes seriam os valores adequados de leitura SPAD nas folhas encontrados nas condições em que foi desenvolvido este ensaio.

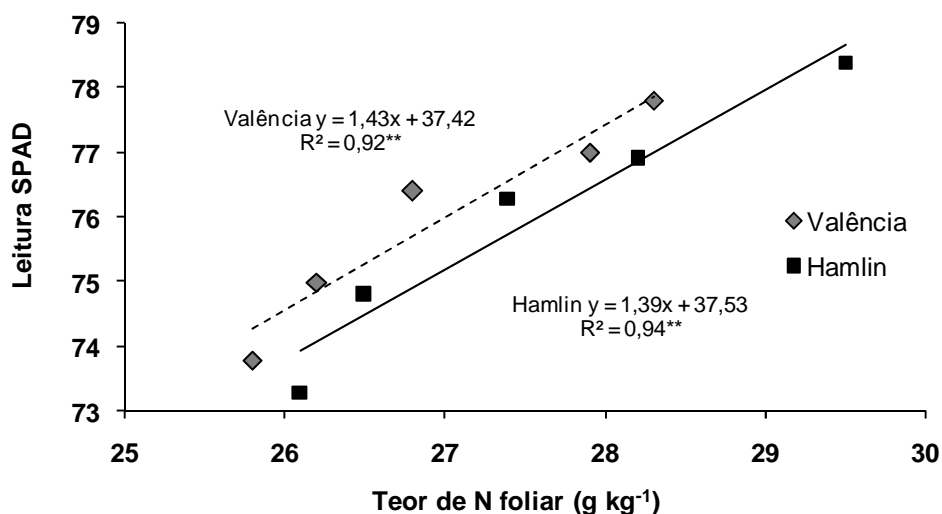


Figura 18. Relação entre leitura SPAD e teor de N nas folhas.

4.5. Análise da seiva

A média dos resultados da análise de seiva, para as duas variedades de laranja estudadas, nas 22 épocas de amostragem, as mesmas descritas para análise foliar, podem ser observadas na Tabela 10.

O resultado do teste F na análise da seiva não foi significativo, em relação aos tratamentos, para os valores de pH, S e Cu na variedade de copa Valência e pH, K, P, Ca e Fe na variedade de copa Hamlin. Em ambas as variedades estudadas e para todas as demais variáveis analisadas, o teste F apresentou diferença significativa em função das épocas.

Os valores de pH na seiva se mantiveram, respectivamente, em 5,4 e 5,5 para as variedades de copa Valência e Hamlin, independente dos tratamentos (Tabela 10). Isso provavelmente reflete um equilíbrio no interior das plantas. Segundo Taiz & Zeiger (2004) em células vegetais maduras o vacúolo ocupa geralmente 90% ou mais do volume celular e o pH da maioria dos vacúolos vegetais é moderadamente ácido, cerca de 5,5, semelhante aos valores de pH observados na seiva, neste ensaio.

A manutenção do equilíbrio elétrico celular, gerada pelo transporte de ânions, possibilita a H⁺-ATPase (bomba de ATP) vacuolar formar um gradiente de concentração de prótons (pH) ao longo do tonoplasto. Este gradiente explica o fato de o pH

vacuolar ser tipicamente 5,5, ao passo que o pH citoplasmático varia de 7,0 a 7,5 (TAIZ & ZEIGER, 2004).

De forma geral a concentração de N, K, Mn e Zn na seiva aumentaram conforme as doses de N, P e K aplicadas (Tabela 10) e se correlacionaram de forma positiva com os teores, respectivamente, de N, K, Mn e Zn encontrados na solução do solo em ambas as variedades de copa estudadas (Figuras 19 e 20).

Existe alta concentração de K na seiva, sendo esta maior que todos os outros nutrientes analisados. Isso ocorre devido à função deste nutriente, que é classificado como ativador enzimático e permanece na planta, predominantemente, na forma iônica (MALAVOLTA et al., 1997). O teor de K na seiva apenas apresentou diferença significativa, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência (Tabela 10). Cadahía et al. (2005) observaram também que a análise de K na seiva foi sensível para detectar as variações deste nutriente, e refletiu melhor os resultados de produção e qualidade da uva em relação a análise foliar.

O alto teor de P observado na seiva, em todos os tratamentos e variedades, se deve, provavelmente, ao alto teor de P encontrado no solo (Tabelas 3 a 6) e na solução do solo (Tabelas 7 e 8). O P somente apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos para a variedade de copa Valência. Nesta variedade e na variedade de copa Hamlin, foram observados altos teores de P no tratamento T1 (Tabela 10), mostrando novamente o aumento da disponibilidade de fósforo devido aos valores de pH observados no solo e na solução do solo. O comportamento do P na folha (Tabela 9) também foi semelhante ao observado na seiva. Segundo Rajj (1991) culturas perenes lenhosas, uma vez estabelecidas, tendem a responder pouco ao fósforo.

O teor de nitrato e amônio aumentou de acordo com a dose de N, P e K aplicada, apresentando variação significativa entre os tratamentos e para as duas variedades de copas estudadas (Tabela 10). O teor de nitrogênio nas folhas apresentou a mesma variação observada na seiva (Tabela 9).

Maiores teores de NH_4 foram encontrados nos tratamentos T3, T4 e T5. Isso provavelmente ocorreu devido a acidificação observada no solo (Tabelas de 3 a 6) e na solução do solo (Tabelas 7 e 8) nestes tratamentos, que inibiu o processo de nitrificação, promovendo acúmulo de amônio no solo e na solução do solo e, conseqüentemente, na planta.

Altos níveis de amônio são tóxicos tanto para plantas como para animais, porque o amônio pode dissipar os gradientes de prótons trans-membrana requerido tanto para o transporte elétrico fotossintético quanto respiratório e para o isolamento de metabólitos nos vacúolos (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

No vacúolo o pH é sempre mantido menor que o pH do citoplasma. Neste compartimento, o NH_4^+ absorvido pelas plantas reage com OH^- para formar NH_3 , esta é permeável a membrana do tonoplasto e se difunde de acordo com seu gradiente de concentração. Dentro do vacúolo a NH_3 reage com H^+ para formar NH_4^+ novamente, desequilibrando assim os valores de pH na célula (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Segundo Dou et al. (1999), a forma absorvida, amônio ou nitrato, pode influenciar a resposta dos citros. Em um ensaio com solução nutritiva, demonstraram que o fornecimento contínuo de amônio causou redução do crescimento de mudas de citrumelo Swingle e tangerina Cleópatra, comparado ao fornecimento de nitrato. Estes autores verificaram sintomas de toxicidade de amônio a concentrações maiores que 15 mg L^{-1} na solução, que foram associados à injúrias na estrutura dos cloroplastos e acúmulo de amido e fitoferritina, causando prejuízos ao sistema fotossintético. Neste projeto, o tratamento T5, que sofreu mais com a acidificação, apresentou concentrações de amônio na solução do solo que chegaram a 67 mg L^{-1} (Tabelas 7 e 8).

As altas concentrações de K e NH_4 encontradas na solução do solo podem ter interferido no processo de absorção de outros cátions, como o Ca e o Mg, conforme foi comentado para os resultados de análise foliar (item 4.3). Esta competição entre cátions durante o processo de absorção pode ser muito prejudicial para a cultura da laranja, pois uma das particularidades das plantas cítricas é o fato de a concentração de Ca nas folhas ser superior à de outros nutrientes, incluindo o nitrogênio em todos os tecidos, com exceção dos frutos; esta característica não é comum a outras culturas (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

A concentração de Ca e Mg na seiva da variedade de copa Valência diminuiu do tratamento T1 para o T4 e aumentou no tratamento T5 (Tabela 10); comportamento oposto foi observado para o teores destes nutrientes na solução do solo, que se elevaram do tratamento T1 para o T4 e caíram no tratamento T5, na profundidade de 30 cm (Tabela 7 e Figura 19). Para a variedade de copa Hamlin, as menores concentrações de Ca e Mg na seiva foram observadas no tratamento T5 (Tabela 10), porém, na solução do solo, o Ca

nas profundidades de 30 e 60 cm e o Mg na profundidade de 60 cm, foram observados em maiores concentrações no tratamento T5 (Tabela 8 e Figura 20).

A concentração dos micronutrientes Mn e Zn na seiva, para as duas variedades de copa estudadas, aumentaram conforme as doses de nutrientes aplicadas (Tabela 10). A disponibilidade destes nutrientes aumenta na medida em que ocorre queda nos valores de pH. A acidificação observada no solo (Tabelas 3 a 6), e na solução do solo (Tabelas 7 e 8), proporcionou maior disponibilidade destes nutrientes e conseqüentemente, os mesmos foram absorvidos em maiores quantidades pelas plantas (Figuras 19 e 20), comportamento semelhante foi encontrado para os resultados da análise foliar (Tabela 9, Figuras 14 e 15).

Segura & Cadahía (2000), após alguns trabalhos com a cultura do tomate fertirrigada, definiram as seguintes concentrações ideais de NO_3 , Ca e Mg na seiva extraída do pecíolo, respectivamente, 5.374, 646 e 449 mg L^{-1} , durante a formação dos frutos e 5.337, 794 e 532 mg L^{-1} , na colheita. Valor muito diferente do observado por esses autores foi encontrado para nitrato na seiva da laranja, em torno de 91 mg L^{-1} , enquanto que os valores de Ca e Mg ficaram mais próximos, respectivamente, 577 e 441 mg L^{-1} .

Em plantas lenhosas o N na seiva esta, principalmente, na forma de proteína e aminoácidos (CADAHÍA & LUCENA, 2005), já em hortaliças a concentração de N na seiva, na forma de nitrato, é maior. Segundo Moreno & García-Martínez (1983) em um ensaio com laranja, variedade Washington Navel, observaram que do total de N presente na seiva, 92 a 97% estava na forma de aminoácidos livres, principalmente prolina e asparagina, e o restante do N na seiva, 3 a 8%, se encontrava na forma de nitrato.

O valores de S, B, Cu e Fe na seiva, apesar de terem apresentado diferenças significativas para o teste F em relação aos tratamentos aplicados, exceto o Cu na variedade de copa Valência e o Fe na variedade de copa Hamlin, não variam de forma coerente com os tratamentos (Tabela 10). No caso do B, Cu e Fe, altas concentrações destes nutrientes foram observadas no solo (Tabelas 3 a 6), independente dos tratamentos, isso pode ter interferido na concentração de nutrientes na seiva.

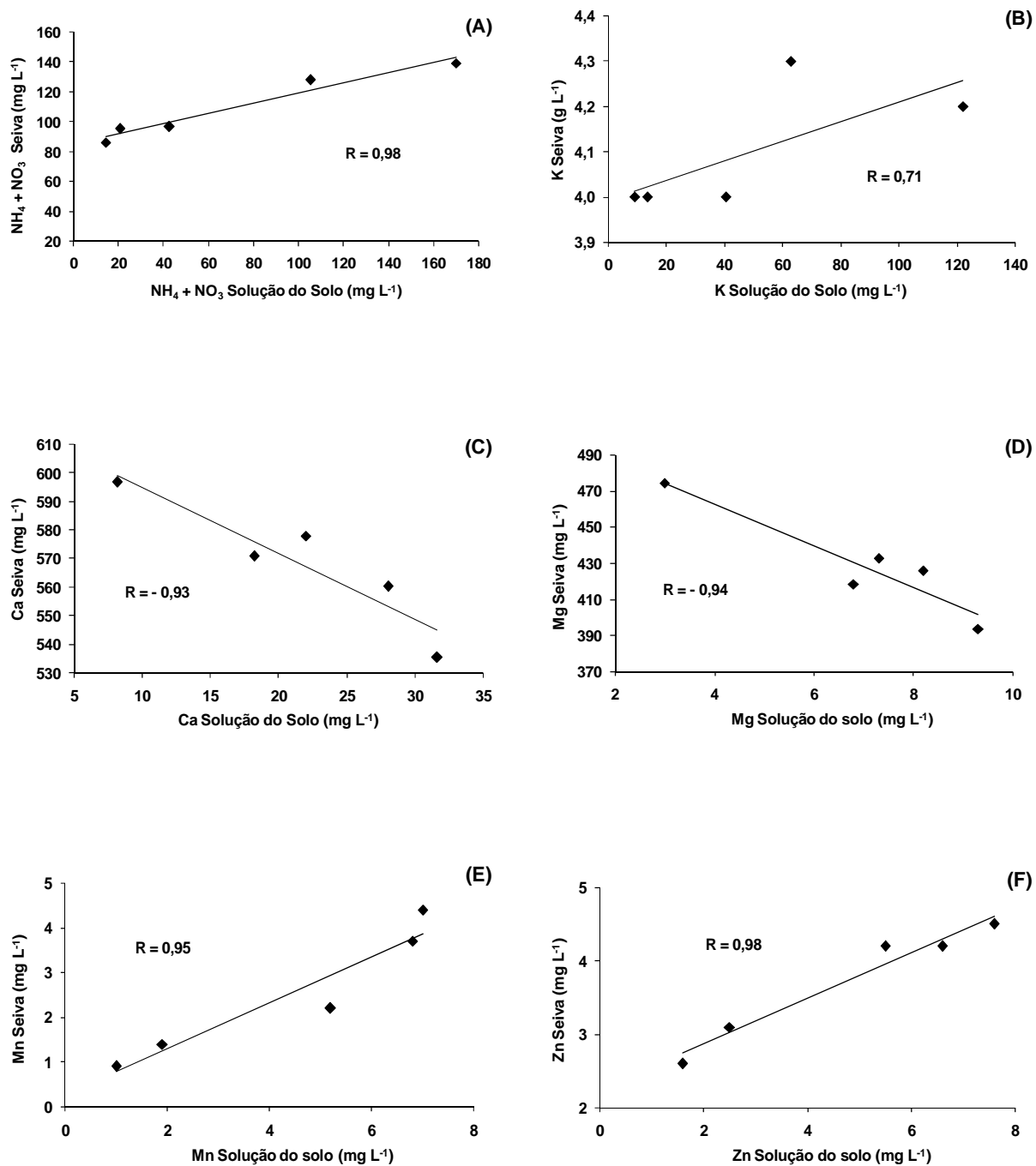


Figura 19. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na seiva, para a variedade de copa Valência: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco.

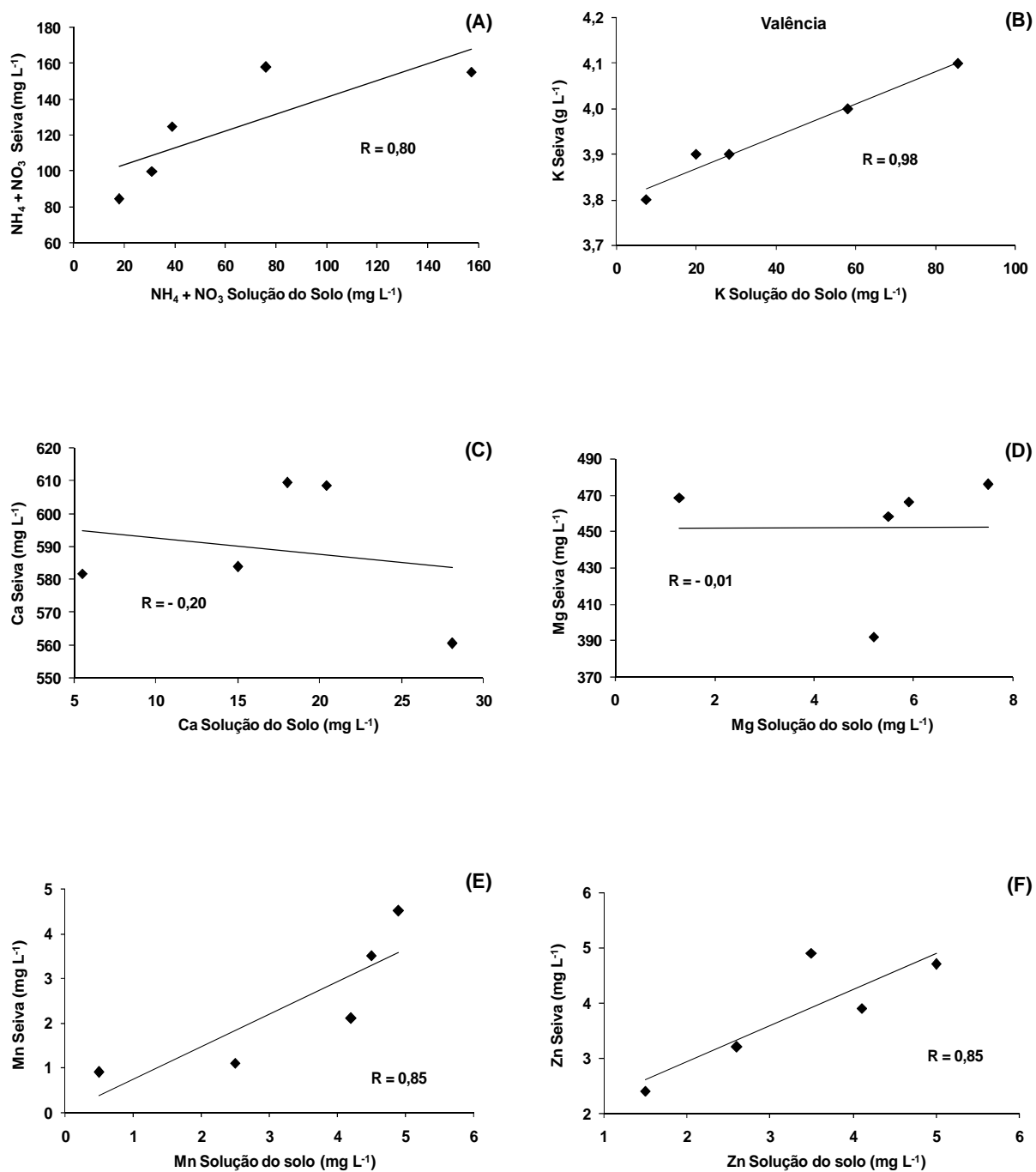


Figura 20. Correlação entre a concentração de nutrientes na solução do solo (30 cm de profundidade) e na seiva, para a variedade de copa Hamlin: (A) nitrogênio, (B) potássio, (C) cálcio, (D) magnésio, (E) manganês e (F) zinco.

Tabela 10. Resultado da análise de seiva, em relação aos tratamentos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, referente à média dos 22 meses de amostragem.

| Tratamento | pH | K | P | N-NH ₄ | N-NO ₃ | NT | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| ----- g L ⁻¹ ----- mg L ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| Valência | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,4 | 4,0 | 3,6 | 23,6 | 62,8 | 86,4 | 596,8 | 474,4 | 156,8 | 4,0 | 2,1 | 1,7 | 0,9 | 2,6 |
| T2 (25%) | 5,4 | 4,0 | 3,4 | 23,2 | 72,1 | 95,3 | 570,9 | 433,0 | 139,9 | 4,9 | 1,9 | 1,6 | 1,4 | 3,1 |
| T3 (50%) | 5,4 | 4,0 | 3,5 | 24,0 | 72,7 | 96,7 | 560,3 | 425,9 | 138,9 | 5,0 | 2,0 | 1,3 | 2,2 | 4,2 |
| T4 (100%) | 5,4 | 4,3 | 3,5 | 27,8 | 100,3 | 128,1 | 535,5 | 393,7 | 150,7 | 4,6 | 2,0 | 1,4 | 3,7 | 4,2 |
| T5 (200%) | 5,4 | 4,2 | 3,3 | 31,3 | 108,0 | 139,3 | 577,9 | 418,4 | 154,2 | 5,1 | 2,2 | 1,4 | 4,4 | 4,5 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 0,7 ^{ns} | 3,6 ^{**} | 2,5 [*] | 12,6 ^{**} | 49,4 ^{**} | 57,4 ^{**} | 2,4 [*] | 5,7 ^{**} | 2,2 ^{ns} | 8,4 ^{**} | 1,9 ^{ns} | 3,7 ^{**} | 114,0 ^{**} | 22,2 ^{**} |
| Época | 217,8 ^{**} | 149,8 ^{**} | 158,0 ^{**} | 79,9 ^{**} | 98,0 ^{**} | 113,7 ^{**} | 80,0 ^{**} | 95,2 ^{**} | 68,2 ^{**} | 53,4 ^{**} | 53,8 ^{**} | 27,2 ^{**} | 26,4 ^{**} | 54,7 ^{**} |
| Regressão | L ^{ns} | L ^{ns} | L [*] | L ^{**} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{ns} | L ^{**} | L ^{ns} | Q [*] | Q ^{**} | Q ^{**} |
| R ² | 0,59 | 0,48 | 0,64 | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,99 | 0,96 | 0,35 | 0,50 | 0,45 | 0,83 | 0,99 | 0,90 |
| Tukey (Var.) | 5,4 b | 4,0 a | 3,5 a | 26,0 a | 83,2 b | 109,2 b | 565,6 a | 429,1 a | 148,1 a | 4,8 a | 2,0 b | 1,5 a | 2,5 a | 3,7 a |
| Hamlin | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,5 | 3,8 | 3,5 | 22,8 | 61,6 | 84,4 | 581,8 | 468,5 | 139,4 | 3,6 | 2,1 | 1,3 | 0,9 | 2,4 |
| T2 (25%) | 5,5 | 3,9 | 3,6 | 24,4 | 75,4 | 99,8 | 583,9 | 466,4 | 140,3 | 5,3 | 2,2 | 1,3 | 1,1 | 3,2 |
| T3 (50%) | 5,5 | 3,9 | 3,6 | 25,5 | 99,5 | 125,0 | 609,4 | 475,8 | 155,7 | 5,3 | 2,5 | 1,3 | 2,1 | 3,9 |
| T4 (100%) | 5,5 | 4,0 | 3,6 | 26,0 | 131,8 | 157,8 | 608,7 | 458,2 | 175,7 | 5,6 | 2,4 | 1,3 | 3,5 | 4,9 |
| T5 (200%) | 5,5 | 4,1 | 3,3 | 25,1 | 130,0 | 155,1 | 560,5 | 391,8 | 167,7 | 5,3 | 2,4 | 1,3 | 4,5 | 4,7 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 0,8 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 5,4 ^{**} | 71,9 ^{**} | 73,0 ^{**} | 2,2 ^{ns} | 8,7 ^{**} | 6,2 ^{**} | 22,5 ^{**} | 5,4 ^{**} | 0,3 ^{ns} | 132,3 ^{**} | 38,5 ^{**} |
| Época | 289,2 ^{**} | 133,6 ^{**} | 160,4 ^{**} | 213,2 ^{**} | 67,0 ^{**} | 87,1 ^{**} | 86,2 ^{**} | 106,5 ^{**} | 100,1 ^{**} | 79,5 ^{**} | 275,7 ^{**} | 49,6 ^{**} | 19,3 ^{**} | 36,3 ^{**} |
| Regressão | L ^{ns} | L ^{**} | Q ^{ns} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q [*] | Q [*] | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{ns} | Q ^{**} | Q ^{**} |
| R ² | 0,12 | 0,82 | 0,98 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,92 | 0,99 | 0,91 | 0,76 | 0,72 | 0,75 | 0,98 | 0,99 |
| Tukey (Var.) | 5,5 a | 3,9 a | 3,5 a | 24,8 a | 99,6 a | 124,4 a | 588,9 a | 452,1 a | 155,8 a | 5,0 a | 2,3 a | 1,3 b | 2,4 a | 3,8 a |

NT = nitrogênio total (NH₄ + NO₃), (***) significativo a 1%, (**) significativo a 5%, (*) não significativo, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático, médias seguidas por letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade e Var. - Variedade.

Quando se comparam as duas variedades estudadas, maiores valores de pH, NO_3 e Cu foram observados na seiva da variedade de copa Hamlin e maior teor de Fe foi encontrado na variedade Valência, para todas as outras variáveis analisadas na seiva, o teste de Tukey a 5% de probabilidade não apresentou diferença significativa (Tabela 10).

Coltman (1987 e 1988) verificou que diferentes cultivares de tomate apresentaram comportamentos distintos quanto aos níveis de N- NO_3 na seiva. Em ensaio com o objetivo de determinar o teor adequado de N- NO_3 na seiva do pecíolo do tomateiro ‘Tropic’ e ‘Caruso’, obteve respectivamente um nível mínimo de 800 e 1105 mg L^{-1} de N- NO_3 na seiva para a obtenção da máxima produção comercial.

Neste ensaio também foram observadas concentrações distintas de N- NO_3 na seiva das duas variedades de laranja estudadas, maiores concentrações deste nutriente foram encontradas na variedade de copa Hamlin, em torno de 100 mg L^{-1} , enquanto que para a variedade de copa Valência a concentração de N- NO_3 ficou, na média, em torno de 83 mg L^{-1} . Pozzan & Tribone (2005) comentaram que após a abertura das flores e a queda das pétalas, a velocidade de transformações bioquímicas dos frutos é maior nas cultivares precoce. Isso mostra que variedades diferentes de laranja requerem quantidades distintas de nutrientes. Na análise foliar este comportamento entre variedades também foi observado (Tabela 9).

Estreita correlação foi observada entre a média dos 22 meses de resultado de N na seiva e a média correspondente a concentração de N foliar; esta correlação apresentou altos valores de R^2 , respectivamente, 0,96 e 0,86 para as variedades de copa Valência e Hamlin, conforme pode ser visto na Figura 21. O mesmo ocorreu para a concentração de K na seiva e K foliar, que se correlacionaram de forma positiva e apresentaram valores de R^2 iguais a 0,87 em ambas as variedades de copa estudadas (Figura 22). Os valores de P na seiva não se correlacionaram de forma positiva com os valores de P foliar.

De acordo com a faixa adequada de N na folha, que varia de 23 a 27 g kg^{-1} (QUAGGIO et al., 2005), e as equações obtidas na Figura 21, a faixa adequada de N na seiva, observada neste ensaio, variou de 24,6 a 108,6 mg L^{-1} para a variedade de copa Valência e de 24,1 a 112,9 mg L^{-1} para a laranja Hamlin.

Para definir a faixa adequada de K na seiva, foram utilizadas as equações obtidas na Figura 22 e a faixa adequada de K na folha, que varia de 10 a 15 g kg^{-1}

(QUAGGIO et al., 2005). Portanto, para as condições em que este ensaio foi desenvolvido, a faixa adequada de K na seiva variou de 3,3 a 4,5 g L⁻¹ para a variedade de copa Valência e de 2,9 a 3,8 g L⁻¹ para a variedade de copa Hamlin.

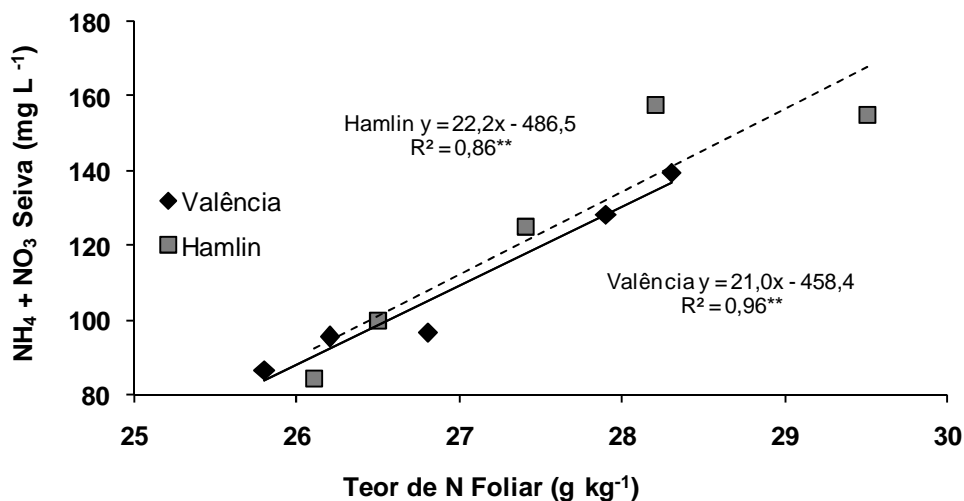


Figura 21. Relação entre a concentração de N na seiva e o teor foliar de N.

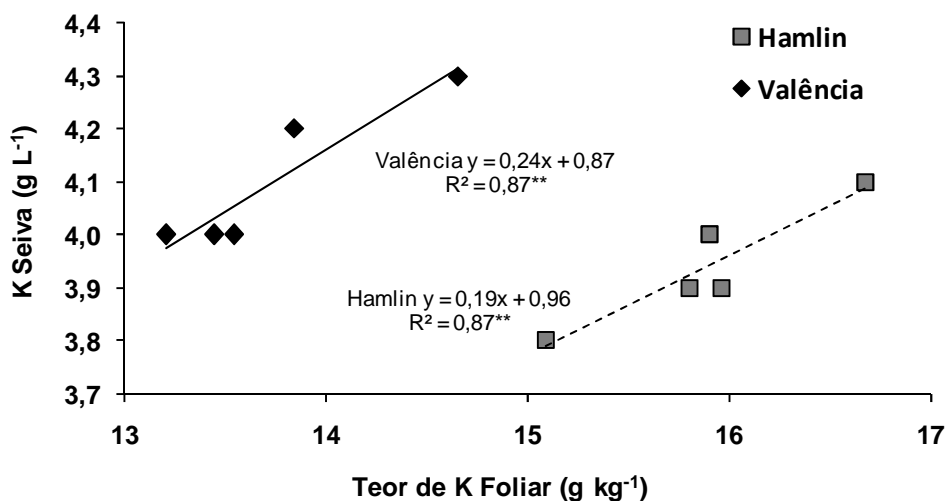


Figura 22. Relação entre a concentração de K na seiva e o teor foliar de K.

4.6. Concentração de N, P e K na planta, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura

Para estudar o comportamento dos nutrientes, N, P e K na seiva e na folha, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, foram preparadas as Tabelas de 11 a 22 e organizadas de acordo com o nutriente, variedade e safra.

O tratamento T1, que não recebeu adubo, se comportou de forma semelhante, em relação aos diferentes meses de amostragem, aos tratamentos que receberam nutrientes, considerando as respectivas proporções. Isto pode ser observado nas Figuras de 23 a 25, para os teores de N, P e K na seiva, nas duas variedades e safras. Para o nitrogênio (Figura 23), se observou uma distinta variação entre os tratamentos, isto não ficou tão evidente para o P e para o K (Figuras 24 e 25). O mês de outubro de 2007 foi obtido pela média dos meses de setembro e novembro de 2007 e o mês de fevereiro de 2009 foi calculado pela média dos meses de janeiro e março de 2009.

Devido ao comportamento similar dos tratamentos, em função dos meses, observado em todas as variáveis analisadas e nas duas safras estudadas, para a comparação das diferenças que ocorreram entre meses (estádios de desenvolvimento da cultura), foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a média dos tratamentos em cada mês (Tabelas 11 a 22).

De forma geral a análise de seiva foi mais sensível em mostrar as variações feitas no parcelamento da adubação; esta técnica de análise também foi a mais influenciada por parâmetros climáticos como precipitação e temperatura (Figuras de 26 a 28). Nas Figuras de 23 a 29 foi mostrada a diferença mínima significativa obtida no teste de Tukey a 5% de probabilidade ($DMS_{Tukey(5\%)}$).

4.6.1. Safra 2007/2008

Nas Tabelas de 11 a 16 estão os teores de nitrogênio, potássio e fósforo na seiva e na folha e os valores de leitura SPAD, para as duas variedades de copa estudadas,

em relação aos tratamentos e aos estágios de desenvolvimento da cultura (meses), no período de setembro de 2007 a agosto de 2008, que corresponde à safra 2007/2008.

4.6.1.1. Nitrogênio

O teste F, para a variedade de copa Valência (Tabela 11), não apresentou diferença significativa, em relação aos tratamentos, nos meses de março e abril de 2008, para a leitura SPAD, nos meses de fevereiro, março, maio, junho e julho de 2008 para a concentração de N na seiva e nos meses de fevereiro e junho de 2008 para o teor de N foliar. Para a variedade de copa Hamlin (Tabela 12), os tratamentos também não apresentaram diferença significativa nos meses de setembro de 2007 e maio de 2008, para a leitura SPAD e nos meses de janeiro, março, maio e junho de 2008, para a concentração de N na seiva, o teor de N foliar apresentou em todos os meses resultados significativos para o teste F. O mês de maio de 2008, para a variedade de copa Valência (Tabela 11), foi obtido pela média entre os meses de abril de junho e 2008.

Entre os meses de setembro e outubro as plantas de laranja se encontram em pleno florescimento, ocorre a antese e tem início a formação dos frutos; é também quando emitem seu principal surto de crescimento de ramos vegetativos (MEDINA et al., 2005). Neste período, o aumento em tamanho do fruto é pequeno, mas a atividade metabólica é intensa, nesta fase se formam todas as células do fruto, seu tamanho final é resultado do crescimento dessas células (DAVIES & ALBRIGO, 1994), também tem início a diferenciação de tecidos (exocarpo, mesocarpo e endocarpo). Esta fase dura de 1 a 1,5 mês e se estende até o período de queda fisiológica dos frutos (queda de chumbinho) em novembro (MEDINA et al., 2005).

Para as duas variedades, altos valores de leitura SPAD foram observados em setembro e, conseqüentemente, ocorreu queda nestes valores no mês de novembro. O mesmo foi observado para o teor foliar de N na variedade Valência (Tabela 11). Para a variedade de copa Hamlin, entre os meses de setembro e novembro, a concentração de N nas folhas não apresentou alteração de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

(Tabela 12). Esta queda no mês de novembro pode estar relacionada à translocação de reservas da folha para os órgãos em formação como folhas novas, flores e frutos. Para a concentração de N na seiva, em ambas as variedades estudadas, ocorreu o inverso, entre os meses de setembro a novembro o teor de nitrogênio na seiva aumentou (Tabelas 11 e 12).

Como no mês de outubro foi aplicado 25% da dose de N, a análise de seiva, por ser uma medida mais sensível, demonstrou primeiro este aumento em relação ao teor de N na folha e a leitura SPAD que demonstraram esta variação na sequência, no mês de dezembro (Tabelas 11 e 12). Cadahia & Lucena (2005) comentam que na análise de seiva obtém-se informações mais precisas da variação na concentração de nutrientes absorvidos durante o desenvolvimento da cultura, em relação à análise foliar.

Nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro o fruto se encontra em crescimento. Neste período aumenta a demanda por carboidratos e nutrientes, durante esta fase o volume celular pode aumentar até mil vezes (DAVIES & ALBRIGO, 1994). A espessura da casca diminui e o albedo (mesocarpo) se torna mais fino, devido ao aumento do endocarpo, que comprime a casca, estendendo-a, também ocorre aumento no teor de sólidos solúveis. O volume de suco atinge seu máximo no final desta fase, que ocorre em março (MEDINA et al., 2005). Neste período os valores de leitura SPAD aumentaram, em relação ao mês de novembro, o mesmo foi observado para o teor de nitrogênio foliar em ambas as variedades de copa de laranja e, novamente, o inverso foi observado para a concentração de N na seiva, que possui valores iguais ou, na maioria das vezes, inferiores aos observados para o mês de novembro (Tabelas 11 e 12).

Em janeiro foram encontrados os menores teores de N na seiva, em ambas as variedades (Tabelas 11 e 12), foi também neste mês que ocorreu o maior volume de chuvas, na safra 2007/2008, que totalizou 268 mm (Figura 8). A seiva, por ser uma técnica de análise sensível, foi afetada pelos parâmetros climáticos. Portanto, no mês de janeiro, devido ao grande volume de chuvas, baixos teores de N foram observados na solução do solo (Figura 11), refletindo de forma direta na concentração de N na seiva (Figura 23 A e B). O teor de N foliar e a leitura SPAD também apresentaram queda no mês de janeiro, porém, menos expressivas.

De março a junho ocorreu o período de maturação para a variedade de copa Hamlin e de março a setembro para a variedade de copa Valência. Durante a maturação

do fruto o crescimento do endocarpo é paralisado. Três transformações são fundamentais nos frutos durante esta fase: 1) aumento do conteúdo de sólidos solúveis totais, principalmente açúcares e compostos nitrogenados, 2) redução da acidez total do suco e 3) pigmentação da casca, que se torna laranja, amarela ou permanece verde, dependendo da espécie e das condições climáticas (REUTHER, 1977). Para a variedade de copa Hamlin os valores de leitura SPAD são altos no período de maturação, assim como o teor de nitrogênio foliar em ambas as variedades (Tabelas 11 e 12). Para a variedade de copa Valência, no princípio da maturação o valores de medida indireta da clorofila são altos e depois sofrem uma ligeira queda (Tabela 11).

Os altos valores de leitura SPAD e teor de N foliar observados durante a maturação, podem ser reflexo do parcelamento da adubação de N, pois 25% da dose deste nutriente foi aplicada em abril de 2008. Para a variedade de copa Hamlin (Tabela 12), o teor de N na seiva é alto no mês de abril, porém, isso não fica tão evidente na variedade de copa Valência (Tabela 11). A concentração de N na seiva, para as duas variedades estudadas, também é elevada em agosto, quando ocorre o início da próxima safra.

Segundo Köller (1994), a absorção de nutrientes pelos citros ocorre durante o ano todo, porém, é mais intensa durante as fases de florescimento, formação de folhas e ramos novos, que correm nos meses de setembro a dezembro, e março a abril no hemisfério sul. Portanto, além do efeito do parcelamento da adubação, os altos teores encontrados de N na planta nos meses de novembro/dezembro e abril também podem ser reflexo da necessidade da cultura.

A dinâmica do nitrogênio foliar foi avaliada mensalmente, por Domínguez et al. (2005), na variedade de tangerina Clementina ‘Oronules’, sendo esta de grande importância econômica na Espanha. Estes autores observaram que os níveis de nitrogênio no inverno (janeiro, fevereiro e março no hemisfério norte) se mantiveram constantes e apresentaram queda no início da primavera (abril no hemisfério norte), atribuíram esta queda a mobilização da reservas para órgãos em formação (folhas, flores e frutos), e em outubro (maio no hemisfério norte) observaram os valores mais baixos de N na folha, que variaram de 26 a 28 g kg⁻¹. O teor de N na folha aumentou no verão e no outono e foram máximos em março e abril (outubro e novembro no hemisfério norte), quando atingiram

valores de 30 a 32 g kg⁻¹. Na entrada do inverno foi observada queda na concentração de N nas folhas devido à menor atividade metabólica neste período (estresse).

Difícil comparar os resultados obtidos em países tropicais, com os de países de clima mediterrâneo, pois no inverno, Domínguez et al. (2005) observaram baixas e constantes concentrações de N na folha, devido provavelmente, ao inverno mais rigoroso que ocorre na Espanha. Os resultados desta tese, realizada em condições de clima tropical, revelam altas concentrações de N na folha no inverno, principalmente nos meses de junho e julho, que variaram de 28 a 32 g kg⁻¹ para ambas as safras, considerando as duas variedades de laranja analisadas (Tabelas 11, 12, 17 e 18).

A amostragem de folhas para análise foliar na cultura da laranja é feita coletando-se a 3^a e 4^a folhas, a partir do fruto, geradas na primavera, com aproximadamente seis meses de idade, normalmente entre os meses de fevereiro e março em ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro (QUAGGIO et al., 2005). O valor adequado de N na folha varia de 23 a 27 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 1997), durante a safra 2007/2008 o teor de N na folha se manteve entre 24 e 32 g kg⁻¹, para as duas variedades de laranja. Nos meses de fevereiro e março, recomendados para análise das folhas, o teor deste nutriente para todos os tratamentos se encontrava entre o limite superior da faixa adequada e acima desta (Tabelas 11 e 12).

De acordo com Smith (1966) e Obreza et al. (2008), a concentração de nutrientes nas folhas de citros varia durante o ano todo, por isso é importante estabelecer o período de amostragem. Este período é definido quando ocorre, para todos os nutrientes, no decorrer do ano, um valor ótimo (máximo encontrado), e no caso do citros, este valor ótimo é observado entre os meses de fevereiro e março. Pires et al. (2005) também comentam que os níveis críticos dos nutrientes nas folhas não são constantes ao longo do ano e, amostragens tomadas mês a mês, podem representar resultados de difícil interpretação.

A idade das folhas também é afetada pela concentração de nutrientes. Da primavera ao inverno a concentração de N, P e K diminui, enquanto que a de Ca aumenta e a de Mg aumenta no verão e apresenta queda no outono/inverno (OBREZA et al., 2008). Porém, se buscou nesta tese coletar folhas recém-maduras, que já se expandiram mais de 80%, com aproximadamente seis meses de idade, sempre a partir de um dreno (brotação nova, brotação nova + flor, brotação nova + fruto pequeno e fruto); portanto, foram coletadas folhas de idade semelhantes em todos os meses.

A concentração de N na seiva apresentou, para as duas variedades, altos valores de coeficiente de variação, nos diferentes meses, enquanto que a leitura SPAD apresentou os menores, em relação ao teor de N foliar. Outro dado importante está relacionado à amplitude dos valores encontrados. Enquanto a concentração de N na seiva variou de 17,1 a 205,8 mg L⁻¹, considerando as duas variedades, o teor de N na folha variou de 24 a 32 g kg⁻¹ e a leitura SPAD de 60,8 a 84,8 (Tabelas 11 e 12).

4.6.1.2. Potássio

A concentração de potássio na seiva variou de forma significativa, em relação aos tratamentos, nos meses de setembro, novembro, dezembro de 2007, abril e agosto de 2008, para a variedade de copa Valência. Na variedade de copa Hamlin isso foi observado nos meses de setembro de 2007, abril, junho e julho de 2008. O teor de potássio foliar se revelou significativo apenas no mês de janeiro de 2008, para a variedade de copa Valência e na variedade de copa Hamlin o teste F não apresentou resultado significativo entre os tratamentos, em todos os meses analisados (Tabelas 13 e 14).

O teor de potássio nas folhas aumentou entre os meses de setembro e novembro e se manteve estável até o mês de dezembro, em seguida, se observou uma queda de janeiro a abril, uma nova alta de maio a julho, com um posterior decréscimo no mês de agosto. Isso ocorreu de forma muito semelhante para as duas variedades de laranja estudadas (Tabelas 13 e 14).

De forma geral se observa, pelo teor de K nas folhas, dois momentos na planta de elevada concentração deste nutriente, no final da formação e no início do crescimento do fruto, meses de novembro e dezembro, e durante a maturação do fruto entre os meses de maio a julho. Este comportamento pode ter sido afetado pelo parcelamento da adubação de potássio, pois 25% da dose de K foi aplicada no mês de outubro e mais 25% em abril.

O K na seiva se comporta de forma diferente do observado na folha. Em ambas as variedades estudadas, ocorreu aumento no teor de K de setembro para novembro e queda consecutiva até o mês de janeiro, momento em que se observaram as menores

concentrações de K na seiva, entre 0,6 e 0,9 g L⁻¹; na sequência, a concentração de K se eleva no mês de fevereiro. O baixo teor de K na seiva, observado no mês de janeiro, pode ter acontecido devido ao grande volume de chuvas ocorrido neste mês (Figura 8), que promoveu diluição dos nutrientes na solução do solo e, conseqüentemente, menor concentração de K na seiva (Tabelas 13 e 14 e Figura 24 A e B).

Para a variedade de copa Valência (Tabela 13), de fevereiro a julho, o teor de K permaneceu estável e apresentou aumento no mês de agosto. Para a laranja Hamlin (Tabela 14), o aumento observado no teor de K na seiva no mês de fevereiro se manteve estável até o mês de março, se elevou no mês de abril, apresentou queda de maio a junho e permaneceu estável entre os meses de julho e agosto.

Os maiores teores de K na seiva foram observados nos meses de novembro e dezembro, o que pode ser um reflexo do parcelamento da adubação potássica, pois, em outubro foi aplicada 25% da dose deste nutriente; o mesmo pode ter ocorrido com a variedade Hamlin no mês de abril (Tabela 14), momento em que foi aplicada 25% da dose de K. Estes também podem ter sido meses de maior exigência nutricional da cultura.

Domínguez et al. (2005) avaliaram o comportamento do K em folhas de Clementina ‘Oronules’ e observaram valores mínimos no inverno, entre 9 e 11 g kg⁻¹, aumento do teor na primavera e valores máximos no verão, de 16 a 18 g kg⁻¹; do verão ao inverno a concentração de K na folha apresentou queda contínua.

O teor adequado de K na folha da laranja varia de 10 a 15 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2005). Entre setembro de 2007 e agosto de 2008 estes valores se encontravam na faixa adequada ou acima desta, variando de 11 a 21 g kg⁻¹. Nos meses de fevereiro e março, recomendado para a realização da amostragem foliar, o K apresentou teores na folha dentro da faixa considerada adequada para a laranja Valência (Tabela 13) e valores entre o limite do recomendado e acima deste, para a variedade de copa Hamlin (Tabela 14).

Os valores de coeficiente de variação foram similares para o teor de K na seiva e na folha, nos diferentes meses e para as duas variedades. A concentração de K na seiva variou de 0,7 a 5,3 g L⁻¹, enquanto o teor foliar apresentou variação de 11,1 a 20,9 g kg⁻¹.

4.6.1.3. Fósforo

Os valores do teste F para o teor de P na seiva apresentaram resultados significativos, em relação aos tratamentos, nos meses de dezembro de 2007, janeiro e agosto de 2008, para a laranja Valência, e nos meses de dezembro de 2007, abril, junho, julho e agosto de 2008 para a laranja Hamlin. Quanto à concentração de P na folha, esta revelou resultados significativos nos meses de setembro de 2007, fevereiro, abril e maio de 2008, para a variedade de copa Valência, e nos meses de dezembro de 2007, março, junho e julho de 2008 para a variedade de copa Hamlin (Tabelas 15 e 16).

Os valores de P na seiva, para as duas variedades de laranja estudadas (Tabelas 15 e 16), são baixos e estáveis de setembro de 2007 a fevereiro de 2008, período em que ocorre grande desenvolvimento vegetativo, florescimento, antese, formação e crescimento dos frutos (MEDINA et al., 2005). Do mês de fevereiro ao mês de agosto de 2008, o teor de P na seiva aumenta consecutivamente, durante a maturação do fruto; isso pode ter ocorrido devido à aplicação de 100% da dose de P em janeiro de 2008.

A menor concentração de fósforo na folha ocorreu em setembro, fase de florescimento e início da formação do fruto; em seguida, no mês de novembro, se observou a maior concentração foliar de P, na safra 2007/2008, que atingiu o valor de $1,7 \text{ g kg}^{-1}$; isso ocorreu nas duas variedades de laranja estudadas (Tabelas 15 e 16). Para a variedade de copa Valência (Tabela 15), de dezembro a julho, o teor de fósforo na folha se manteve estável. Foram observadas apenas pequenas variações, sendo este período correspondente ao de crescimento e maturação do fruto, e em agosto a concentração de P nas folhas caiu. Na variedade de copa Hamlin (Tabela 16) os valores de P se mantiveram muito próximos de dezembro a maio, aumentaram no mês de junho e diminuíram de forma consecutiva nos meses de julho e agosto.

No mês de janeiro foi aplicada 100% da dose total de fósforo; apenas os valores de P na seiva refletiram esta aplicação, confirmando novamente a sensibilidade descrita para esta técnica de análise. Porém, no momento em que foi feita a aplicação do ácido fosfórico, janeiro de 2008, foi observado um grande aumento de P na seiva nos meses subsequentes (Figura 25 A e B). Na safra 2007/2008 a dose de P foi dividida em seis aplicações, devido a este aumento do teor de P na seiva, observado, logo após a aplicação

deste nutriente. Para a safra 2008/2009 optou-se por parcelar a dose de P em mais vezes, totalizando 24 aplicações.

Em um ensaio com tangerina Clementina 'Oronules', durante seis anos, Domínguez et al. (2005) observaram que os menores valores de P na folha ocorreram no inverno e na primavera, oscilando entre 1,8 a 1,9 g kg⁻¹; a partir do meio da primavera aumentaram continuamente até alcançarem o máximo no verão, entre 2,0 e 2,3 g kg⁻¹, e começaram a diminuir no início do outono. Para a variedade de tangerina Clemenules, Domínguez et al. (2007), após nove anos de coletas mensais das folhas, observaram que as concentrações de P foram baixas no inverno, aumentaram na primavera e se mantiveram estáveis até o final do verão, no início do outono apresentaram quedas consecutivas até a entrada do inverno.

Os teores adequados de fósforo nas folhas de laranja variam de 1,2 a 1,6 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2005), na safra 2007/2008, foram observados valores entre 1,0 e 1,8. Entre os meses de fevereiro e março, período indicado para realização da amostragem foliar na cultura da laranja, a concentração de P nas folhas estava dentro da faixa considerada adequada em todos os tratamentos.

Quanto aos coeficientes de variação, estes foram maiores para a concentração de P na seiva, em relação ao teor de P foliar, em todos os meses e para as duas variedades. O teor de P na seiva variou de 0,1 a 6,9 g L⁻¹ e a concentração de P foliar de 1,0 a 1,8 g kg⁻¹, considerando os resultados obtidos para as duas variedades estudadas (Tabelas 15 e 16).

Tabela 11. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila e teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | set - out/07 | nov/07 | dez/07 | jan/08 | fev/08 | mar/08 | abr/08 | mai/08 | jun/08 | jul/08 | ago/08 |
| T1 (0%) | 82,8 | 60,8 | 71,7 | 75,5 | 76,7 | 76,5 | 75,6 | 76,9 | 75,1 | 72,2 | 75,7 |
| T2 (25%) | 84,1 | 63,2 | 73,4 | 76,0 | 78,6 | 78,9 | 76,9 | 78,3 | 75,1 | 72,8 | 77,0 |
| T3 (50%) | 84,4 | 64,9 | 74,4 | 78,1 | 80,0 | 79,1 | 79,0 | 79,0 | 76,5 | 75,6 | 77,6 |
| T4 (100%) | 83,3 | 65,6 | 74,7 | 78,0 | 79,5 | 78,5 | 78,4 | 78,5 | 77,2 | 76,1 | 78,0 |
| T5 (200%) | 84,8 | 67,3 | 76,5 | 79,4 | 81,2 | 79,9 | 78,7 | 79,7 | 78,1 | 76,2 | 79,7 |
| Média | 83,9 a | 64,4 f | 74,1 e | 77,4 cd | 79,2 b | 78,6 bc | 77,7 bcd | 78,5 bc | 76,4 d | 74,6 e | 77,6 bcd |
| Teste F (Trat.) | 3,6 * | 4,4 * | 4,2 * | 13,9 ** | 5,9 ** | 2,9 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 3,4 * | 5,3 ** | 8,7 ** | 3,5 * |
| C.V. (%) | 1,0 | 3,6 | 2,3 | 1,1 | 1,7 | 1,9 | 2,7 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| Regressão | L * | L ** | L ** | L ** | L ** | L * | L ^{ns} | L * | L ** | Q ** | L ** |
| R ² | 0,35 | 0,82 | 0,87 | 0,82 | 0,73 | 0,53 | 0,46 | 0,68 | 0,89 | 0,91 | 0,92 |
| Concentração de N na seiva (mg L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 32,3 | 54,3 | 52,1 | 17,1 | 41,7 | 44,1 | 44,5 | 46,3 | 48,1 | 52,5 | 129,1 |
| T2 (25%) | 57,0 | 51,1 | 67,3 | 20,8 | 30,0 | 37,0 | 42,4 | 44,1 | 45,9 | 50,4 | 135,7 |
| T3 (50%) | 46,6 | 85,8 | 62,6 | 20,9 | 33,5 | 50,1 | 42,9 | 43,7 | 44,8 | 53,7 | 93,5 |
| T4 (100%) | 53,5 | 82,1 | 87,7 | 21,1 | 45,2 | 48,3 | 43,8 | 48,8 | 53,9 | 71,5 | 156,6 |
| T5 (200%) | 50,1 | 78,1 | 97,5 | 75,3 | 54,6 | 60,9 | 74,1 | 61,7 | 49,2 | 62,8 | 152,8 |
| Média | 48,0 cd | 70,3 b | 73,5 b | 31,0 d | 41,0 cd | 48,0 cd | 49,5 c | 49,0 cd | 48,4 cd | 58,2 bc | 133,5 a |
| Teste F (Trat.) | 5,6 ** | 6,1 ** | 4,4 * | 5,5 ** | 1,5 ^{ns} | 1,2 ^{ns} | 6,4 ** | 1,7 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 2,0 ^{ns} | 4,1 * |
| C.V. (%) | 16,9 | 18,8 | 24,3 | 68,1 | 39,2 | 33,5 | 22,0 | 23,3 | 34,3 | 21,2 | 18,5 |
| Regressão | Q * | Q * | L ** | L ** | L ^{ns} | L ^{ns} | L ** | L * | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} |
| R ² | 0,45 | 0,69 | 0,88 | 0,82 | 0,65 | 0,75 | 0,77 | 0,85 | 0,18 | 0,43 | 0,28 |
| Teor foliar de N (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 26 | 24 | 28 | 26 | 27 | 27 | 26 | 28 | 29 | 28 | 26 |
| T2 (25%) | 26 | 24 | 28 | 27 | 27 | 27 | 26 | 28 | 28 | 27 | 26 |
| T3 (50%) | 27 | 25 | 28 | 28 | 27 | 29 | 27 | 29 | 29 | 29 | 27 |
| T4 (100%) | 27 | 26 | 30 | 29 | 29 | 28 | 29 | 30 | 29 | 30 | 28 |
| T5 (200%) | 27 | 26 | 30 | 27 | 29 | 29 | 30 | 31 | 29 | 30 | 29 |
| Média | 26 c | 25 d | 29 a | 27 bc | 28 ab | 28 ab | 28 abc | 29 a | 29 a | 29 a | 27 bc |
| Teste F (Trat.) | 6,1 ** | 4,4 * | 5,9 ** | 3,5 * | 1,9 ^{ns} | 5,7 ** | 3,4 ** | 17,3 ** | 0,6 ^{ns} | 3,6 * | 4,2 * |
| C.V. (%) | 2,3 | 3,9 | 3,3 | 3,5 | 5,1 | 3,1 | 7,2 | 2,1 | 6,1 | 3,7 | 4,8 |
| Regressão | L ** | L ** | L ** | Q ** | L * | L ** | L ** | L ** | L ^{ns} | L ** | L ** |
| R ² | 0,56 | 0,89 | 0,80 | 0,95 | 0,81 | 0,73 | 0,86 | 0,96 | 0,49 | 0,68 | 0,91 |
| Adução N ⁽²⁾ | 25% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 25% | estresse | estresse | estresse | água |

⁽¹⁾Leitura SPAD (Soil and Plant Analysis Development - unidade adotada pela MINOLTA), (a) florescimento/antese/formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação, (c) maturação, (cd) maturação e período de estresse (da) final maturação e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (**) - significativo a 5%, (*) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste quadrático e (2) parcelamento da adubação de N.

Tabela 12. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila, teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | set - out/07 | nov/07 | dez/07 | jan/08 | fev/08 | mar/08 | abr/08 | mai/08 | jun/08 | jul/08 | ago/08 |
| T1 (0%) | 77,0 | 65,4 | 75,2 | 75,5 | 74,4 | 74,8 | 73,2 | 77,1 | 76,9 | 77,3 | 76,8 |
| T2 (25%) | 78,3 | 65,2 | 74,6 | 76,4 | 74,8 | 76,5 | 74,3 | 77,3 | 77,7 | 77,9 | 75,9 |
| T3 (50%) | 79,4 | 66,2 | 77,3 | 75,8 | 76,7 | 78,1 | 75,8 | 78,2 | 78,8 | 78,5 | 76,5 |
| T4 (100%) | 78,6 | 66,7 | 77,9 | 77,6 | 76,7 | 77,5 | 76,4 | 79,4 | 78,7 | 78,6 | 78,0 |
| T5 (200%) | 80,0 | 69,1 | 80,0 | 80,3 | 78,4 | 79,2 | 78,4 | 79,4 | 79,2 | 80,3 | 79,4 |
| Média | 78,7 a | 66,5 c | 77,0 ab | 77,1 ab | 76,2 b | 77,2 ab | 75,6 b | 78,3 a | 78,3 a | 78,5 a | 77,3 ab |
| Teste F_(Trat.) | 1,6^{ns} | 1,5^{ns} | 10,8^{**} | 3,5[*] | 3,0[*] | 6,5^{**} | 4,6[*] | 1,7^{ns} | 4,0[*] | 3,7[*] | 3,1[*] |
| C.V. (%) | 2,3 | 3,9 | 1,7 | 2,7 | 2,5 | 1,7 | 2,5 | 2,2 | 1,2 | 1,5 | 2,1 |
| Regressão | L^{ns} | L[*] | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} |
| R² | 0,66 | 0,96 | 0,88 | 0,95 | 0,87 | 0,73 | 0,94 | 0,77 | 0,68 | 0,96 | 0,87 |
| Concentração de N na seiva (mg L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 36,3 | 95,1 | 51,4 | 33,3 | 31,9 | 52,5 | 67,8 | 58,9 | 44,6 | 50,6 | 117,2 |
| T2 (25%) | 38,2 | 74,3 | 69,6 | 35,9 | 39,6 | 44,3 | 89,6 | 57,7 | 44,8 | 56,9 | 108,5 |
| T3 (50%) | 71,2 | 171,3 | 72,4 | 25,6 | 39,1 | 54,8 | 121,0 | 76,6 | 46,2 | 54,1 | 156,3 |
| T4 (100%) | 64,1 | 185,2 | 107,3 | 37,8 | 80,7 | 74,5 | 205,8 | 71,3 | 61,2 | 59,8 | 133,6 |
| T5 (200%) | 47,8 | 151,4 | 119,1 | 43,8 | 42,0 | 57,7 | 167,4 | 50,2 | 52,3 | 74,3 | 124,4 |
| Média | 51,5 cd | 135,5 a | 84,0 b | 35,3 d | 46,7 cd | 56,7 cd | 130,3 a | 63,0 bc | 49,8 cd | 59,0 bcd | 128,0 a |
| Teste F_(Trat.) | 4,6[*] | 6,9^{**} | 9,4^{**} | 1,9^{ns} | 8,3^{**} | 1,7^{ns} | 21,3^{**} | 0,7^{ns} | 1,3^{ns} | 3,6[*] | 3,6[*] |
| C.V. (%) | 28,1 | 27,3 | 21,9 | 27,1 | 28,9 | 29,6 | 18,7 | 40,1 | 25,0 | 16,2 | 15,0 |
| Regressão | Q^{**} | Q^{**} | L^{**} | L^{ns} | Q^{**} | Q^{ns} | Q^{**} | Q^{ns} | Q^{ns} | L^{**} | Q[*] |
| R² | 0,71 | 0,71 | 0,89 | 0,50 | 0,69 | 0,55 | 0,92 | 0,78 | 0,69 | 0,93 | 0,35 |
| Teor foliar de N (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 24 | 25 | 28 | 26 | 27 | 27 | 26 | 29 | 29 | 28 | 25 |
| T2 (25%) | 24 | 24 | 27 | 26 | 28 | 28 | 26 | 29 | 29 | 29 | 26 |
| T3 (50%) | 25 | 25 | 30 | 26 | 28 | 29 | 27 | 30 | 30 | 29 | 27 |
| T4 (100%) | 24 | 26 | 29 | 28 | 29 | 28 | 29 | 30 | 30 | 29 | 28 |
| T5 (200%) | 26 | 27 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 | 32 | 31 | 31 | 29 |
| Média | 25 e | 26 e | 29 ab | 27 d | 28 bc | 28 bc | 28 cd | 30 a | 30 a | 29 ab | 27 d |
| Teste F_(Trat.) | 12,4^{**} | 3,7[*] | 7,4^{**} | 5,7^{**} | 7,4^{**} | 34,1^{**} | 5,7^{**} | 2,9[*] | 1,9^{ns} | 7,1^{**} | 12,3^{**} |
| C.V. (%) | 2,6 | 4,1 | 3,9 | 4,6 | 3,4 | 1,4 | 4,7 | 4,2 | 4,8 | 2,6 | 3,4 |
| Regressão | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L^{**} | L[*] | L^{**} | L |
| R² | 0,83 | 0,83 | 0,75 | 0,98 | 0,95 | 0,77 | 0,72 | 0,97 | 0,80 | 0,95 | 0,92 |
| Adução N⁽²⁾ | 25% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 25% | estresse | Estresse | estresse | água |

⁽¹⁾Leitura SPAD (Soil and Plant Analysis Development - unidade adotada pela MINOLTA). (a) florescimento/antese/início formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação (c) maturação (cd) final da maturação e período de estresse (d) estresse (da) final de estresse e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (**) - significativo a 5%, (*) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e ⁽²⁾ parcelamento da adubação de N.

Tabela 13. Concentração de K na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | set - out/07 | nov/07 | dez/07 | jan/08 | fev/08 | mar/08 | abr/08 | mai/08 | jun/08 | jul/08 | (da) ago/08 |
| T1 (0%) | 2,5 | 4,5 | 4,2 | 0,7 | 2,1 | 2,2 | 2,7 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 4,5 |
| T2 (25%) | 2,8 | 5,0 | 4,6 | 0,7 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,3 | 3,0 | 2,7 | 4,4 |
| T3 (50%) | 2,7 | 4,8 | 3,9 | 0,6 | 2,5 | 2,5 | 1,9 | 2,0 | 2,8 | 2,6 | 3,2 |
| T4 (100%) | 3,2 | 5,1 | 4,2 | 0,7 | 2,3 | 2,8 | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 2,7 | 3,7 |
| T5 (200%) | 3,1 | 5,3 | 4,3 | 0,8 | 2,4 | 2,6 | 3,4 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 3,5 |
| Média | 2,9 c | 5,0 a | 4,3 b | 0,7 e | 2,3 d | 2,4 cd | 2,7 cd | 2,6 cd | 2,8 c | 2,7 cd | 3,9 b |
| Teste F (Trat.) | 4,5 * | 3,2 * | 4,3 * | 0,7 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 16,2 ** | 2,1 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 4,9 * |
| C.V. (%) | 10,0 | 7,0 | 5,6 | 19,4 | 19,3 | 15,3 | 10,4 | 22,8 | 15,7 | 14,1 | 13,1 |
| Regressão | L ** | L ** | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | L ** | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | L * |
| R ² | 0,55 | 0,77 | 0,09 | 0,79 | 0,64 | 0,97 | 0,53 | 0,19 | 0,55 | 0,51 | 0,40 |
| Concentração de K na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Teor foliar de K (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 12,1 | 18,9 | 17,6 | 13,4 | 13,4 | 13,1 | 11,3 | 13,5 | 12,8 | 15,1 | 12,9 |
| T2 (25%) | 11,1 | 17,3 | 17,0 | 15,1 | 13,2 | 12,0 | 11,4 | 12,6 | 13,8 | 15,4 | 13,2 |
| T3 (50%) | 12,1 | 17,0 | 18,4 | 15,4 | 13,9 | 12,2 | 11,7 | 14,0 | 14,0 | 15,4 | 13,9 |
| T4 (100%) | 12,1 | 19,8 | 18,4 | 16,8 | 14,8 | 13,2 | 13,2 | 14,6 | 15,1 | 17,3 | 15,5 |
| T5 (200%) | 11,3 | 17,6 | 18,3 | 15,3 | 13,6 | 13,0 | 12,5 | 14,2 | 13,9 | 16,2 | 13,5 |
| Média | 11,7 e | 18,1 a | 17,9 a | 15,2 cd | 13,8 d | 12,7 de | 12,0 e | 13,8 d | 13,9 d | 15,9 bc | 13,8 d |
| Teste F (Trat.) | 0,9 ^{ns} | 1,4 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 4,8 * | 0,8 ^{ns} | 1,4 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 1,5 ^{ns} |
| C.V. (%) | 9,2 | 11,0 | 8,4 | 7,2 | 9,3 | 7,6 | 8,9 | 7,7 | 11,1 | 7,5 | 12,5 |
| Regressão | Q ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{ns} | Q ** | Q ^{ns} | L ^{ns} | L * | L ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q * |
| R ² | 0,22 | 0,05 | 0,32 | 0,96 | 0,76 | 0,16 | 0,50 | 0,38 | 0,96 | 0,73 | 0,84 |
| Adução K⁽¹⁾ | 25% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 25% | estresse | Estresse | estresse | água |

(a) florescimento/antese/formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação, (c) maturação, (cd) maturação e período de estresse (da) final maturação e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e (1) parcelamento da adubação de K.

Tabela 14. Concentração de K na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | set - out/07 | nov/07 | dez/07 | jan/08 | fev/08 | mar/08 | abr/08 | mai/08 | jun/08 | jul/08 | ago/08 |
| T1 (0%) | 3,8 | 4,4 | 4,0 | 0,8 | 2,6 | 2,2 | 3,6 | 2,6 | 2,7 | 3,6 | 3,4 |
| T2 (25%) | 2,9 | 5,0 | 4,0 | 0,9 | 2,6 | 2,2 | 3,5 | 2,7 | 2,7 | 3,5 | 3,0 |
| T3 (50%) | 3,3 | 5,2 | 3,7 | 0,9 | 2,5 | 1,9 | 3,7 | 3,3 | 2,4 | 3,0 | 4,0 |
| T4 (100%) | 3,7 | 4,8 | 4,0 | 0,7 | 2,9 | 2,1 | 4,1 | 2,9 | 2,5 | 3,0 | 3,1 |
| T5 (200%) | 3,9 | 5,1 | 4,2 | 0,8 | 2,7 | 2,6 | 5,0 | 3,1 | 2,4 | 3,5 | 2,8 |
| Média | 3,5 bc | 4,9 a | 4,0 b | 0,8 g | 2,6 ef | 2,2 f | 4,0 b | 2,9 de | 2,5 ef | 3,3 cd | 3,2 cd |
| Teste F _(Trat.) | 12,7 ** | 1,5 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 1,2 ^{ns} | 2,1 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 5,4 * | 0,9 ^{ns} | 4,3 * | 3,0 * | 2,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 6,6 | 10,1 | 7,2 | 17,9 | 7,3 | 16,9 | 13,6 | 21,9 | 5,4 | 9,9 | 19,4 |
| Regressão | L ** | L ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ** | L ^{ns} | L * | Q ** | L ^{ns} |
| R ² | 0,23 | 0,28 | 0,55 | 0,29 | 0,13 | 0,46 | 0,96 | 0,26 | 0,43 | 0,90 | 0,26 |
| Concentração de K na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Teor foliar de K (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 11,3 | 18,9 | 19,1 | 17,1 | 15,6 | 15,6 | 14,9 | 16,5 | 16,3 | 16,8 | 13,8 |
| T2 (25%) | 10,7 | 17,8 | 19,1 | 17,9 | 15,8 | 15,3 | 14,9 | 16,2 | 16,8 | 17,3 | 15,7 |
| T3 (50%) | 10,9 | 20,9 | 19,7 | 16,9 | 16,0 | 14,9 | 15,3 | 16,7 | 16,7 | 17,6 | 14,1 |
| T4 (100%) | 10,6 | 19,7 | 19,1 | 19,0 | 16,0 | 14,8 | 15,1 | 15,8 | 17,4 | 17,6 | 15,6 |
| T5 (200%) | 11,1 | 19,8 | 20,0 | 17,2 | 17,6 | 14,5 | 15,7 | 17,8 | 17,8 | 18,2 | 15,1 |
| Média | 10,9 e | 19,4 a | 19,4 a | 17,6 b | 16,2 bcd | 15,0 cd | 15,2 cd | 16,6 bc | 17,0 b | 17,5 b | 14,9 d |
| Teste F _(Trat.) | 0,7 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 1,3 ^{ns} |
| C.V. (%) | 6,8 | 12,2 | 9,6 | 12,6 | 9,5 | 8,2 | 7,8 | 10,1 | 6,9 | 8,4 | 9,8 |
| Regressão | Q ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} |
| R ² | 0,67 | 0,15 | 0,55 | 0,42 | 0,89 | 0,77 | 0,79 | 0,46 | 0,92 | 0,88 | 0,32 |
| Adução K ⁽¹⁾ | 25% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 25% | estresse | Estresse | estresse | água |

(a) florescimento/antese/início formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação (c) maturação (cd) final da maturação e período de estresse (d) estresse (da) final de estresse e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (**) - significativo a 5%, (*) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e ⁽¹⁾ parcelamento da adubação de K.

Tabela 15. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | set - out/07 | nov/07 | dez/07 | jan/08 | fev/08 | mar/08 | abr/08 | mai/08 | jun/08 | jul/08 | ago/08 |
| T1 (0%) | 0,1 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 1,4 | 1,6 | 3,0 | 4,1 | 4,4 | 6,1 |
| T2 (25%) | 0,1 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 4,0 | 4,6 | 5,7 |
| T3 (50%) | 0,1 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 4,0 | 4,8 | 4,7 |
| T4 (100%) | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,1 | 1,6 | 2,4 | 4,0 | 4,7 | 4,7 |
| T5 (200%) | 0,1 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 1,4 | 1,7 | 2,6 | 4,0 | 4,7 | 4,3 |
| Média | 0,1 f | 0,4 f | 0,2 f | 0,4 f | 0,4 f | 1,3 e | 1,7 e | 2,5 d | 3,9 c | 4,6 b | 5,1 a |
| Teste F (Trat.) | 1,8 ^{ns} | 1,2 ^{ns} | 3,9* | 3,3* | 1,6 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 2,1 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 9,6** |
| C.V. (%) | 9,4 | 22,5 | 9,3 | 15,3 | 19,5 | 32,9 | 28,4 | 20,7 | 15,6 | 8,8 | 9,4 |
| Regressão | L ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q** | Q* | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} | L** |
| R ² | 0,27 | 0,71 | 0,22 | 0,94 | 0,98 | 0,73 | 0,04 | 0,54 | 0,97 | 0,70 | 0,91 |
| Concentração de P na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,2 |
| T2 (25%) | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,2 |
| T3 (50%) | 1,2 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 |
| T4 (100%) | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,2 |
| T5 (200%) | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,2 |
| Média | 1,1 h | 1,7 a | 1,4 bc | 1,3 ef | 1,4 bcde | 1,3 def | 1,3 fg | 1,3 cde | 1,4 b | 1,4 bcd | 1,2 g |
| Teste F (Trat.) | 3,6* | 1,0 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 3,9* | 2,5 ^{ns} | 4,8* | 3,5* | 0,4 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 1,3 ^{ns} |
| C.V. (%) | 1,7 | 3,0 | 3,0 | 9,2 | 4,3 | 2,2 | 3,5 | 5,4 | 2,5 | 2,8 | 2,8 |
| Regressão | L ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q* | L ^{ns} | L** | L* | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} |
| R ² | 0,16 | 0,33 | 0,46 | 0,84 | 0,86 | 0,06 | 0,95 | 0,47 | 0,31 | 0,56 | 0,51 |
| Adubação P ⁽¹⁾ | - | - | - | 100% | - | - | - | estresse | Estresse | estresse | água |

(a) florescimento/antese/formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação, (c) maturação, (cd) maturação e período de estresse (da) final maturação e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e (1) parcelamento da adubação de P.

Tabela 16. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | set - out/07 | nov/07 | dez/07 | jan/08 | fev/08 | mar/08 | abr/08 | mai/08 | jun/08 | jul/08 | ago/08 |
| T1 (0%) | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 4,0 | 2,8 | 4,2 | 6,0 | 6,4 |
| T2 (25%) | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 1,4 | 4,1 | 2,9 | 3,9 | 5,7 | 5,5 |
| T3 (50%) | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 1,0 | 4,1 | 3,9 | 3,6 | 4,9 | 6,9 |
| T4 (100%) | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 5,4 | 2,9 | 4,2 | 5,5 | 5,4 |
| T5 (200%) | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | 5,3 | 3,2 | 3,8 | 5,9 | 4,8 |
| Média | 0,1 f | 0,2 f | 0,2 f | 0,4 f | 0,3 f | 1,3 e | 4,6 b | 3,1 d | 3,9 c | 5,6 a | 5,8 a |
| Teste F (Trat.) | 0,5 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 3,6 [*] | 0,7 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 3,5 [*] | 1,6 ^{ns} | 3,0 [*] | 3,5 [*] | 4,9 [*] |
| C.V. (%) | 14,6 | 10,4 | 12,6 | 17,3 | 13,9 | 29,8 | 16,6 | 23,1 | 7,2 | 8,1 | 13,3 |
| Regressão | L ^{ns} | Q ^{**} | Q ^{**} | Q ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{**} | Q ^{ns} | L ^{ns} | Q [*] | L ^{**} |
| R ² | 0,38 | 0,70 | 0,85 | 0,81 | 0,02 | 0,03 | 0,71 | 0,10 | 0,08 | 0,54 | 0,53 |
| Concentração de P na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Teor foliar de P (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 1,1 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,8 | 1,4 | 1,3 |
| T2 (25%) | 1,0 | 1,6 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| T3 (50%) | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| T4 (100%) | 1,0 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,3 | 1,2 |
| T5 (200%) | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| Média | 1,0 f | 1,7 a | 1,4 bc | 1,3 cde | 1,4 bc | 1,3 cd | 1,3 de | 1,4 b | 1,6 a | 1,4 b | 1,2 e |
| Teste F (Trat.) | 1,3 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 4,3 [*] | 1,4 ^{ns} | 2,5 ^{ns} | 5,5 ^{**} | 0,6 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 5,1 [*] | 3,3 [*] | 0,7 ^{ns} |
| C.V. (%) | 3,8 | 5,4 | 4,3 | 11,0 | 5,0 | 2,4 | 5,6 | 3,7 | 7,0 | 3,4 | 8,9 |
| Regressão | Q ^{ns} | L ^{ns} | L ^{**} | Q ^{ns} | L [*] | Q ^{**} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{**} | L [*] | L ^{ns} |
| R ² | 0,76 | 0,18 | 0,63 | 0,51 | 0,89 | 0,74 | 0,63 | 0,42 | 0,65 | 0,53 | 0,50 |
| Adubação P ⁽¹⁾ | - | - | - | 100% | - | - | - | estresse | Estresse | estresse | estresse |

(a) florescimento/antese/início formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação (c) maturação (cd) final da maturação e período de estresse (d) estresse (da) final de estresse e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e (1) parcelamento da adubação de P.

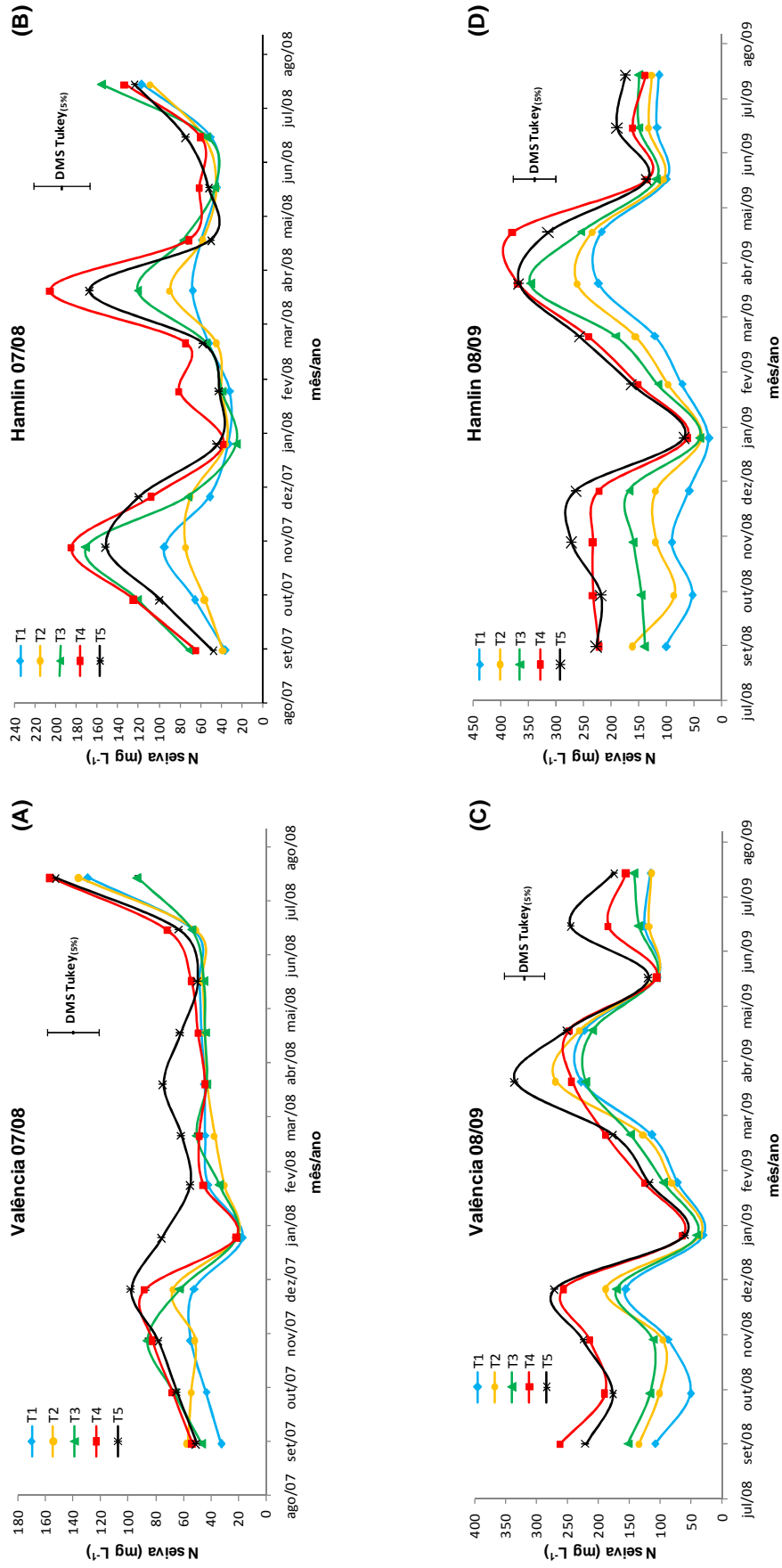


Figura 23. Comportamento do nitrogênio na seiva, em todos os tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D).

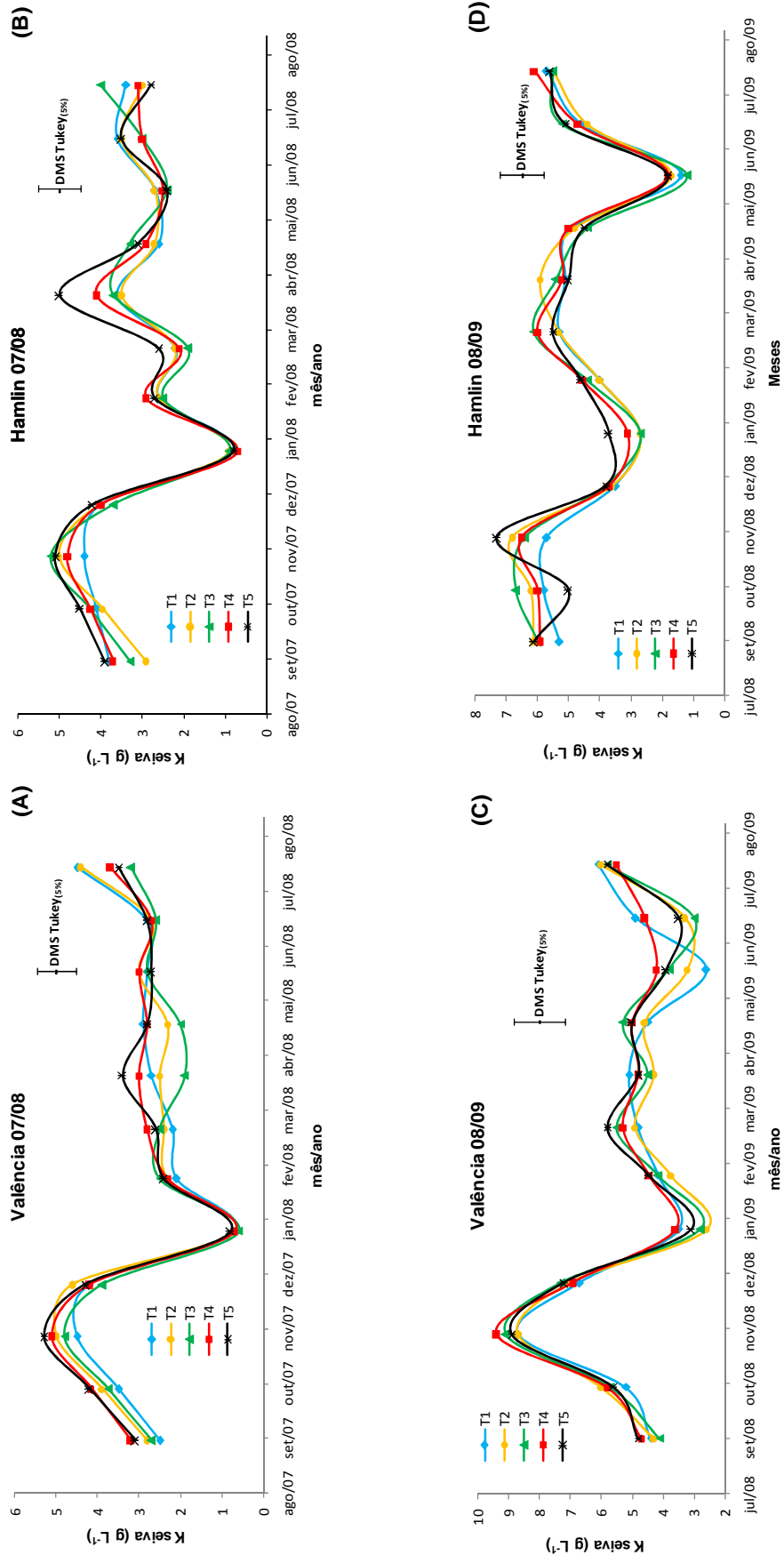


Figura 24. Comportamento do potássio na seiva, em todos os tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D).

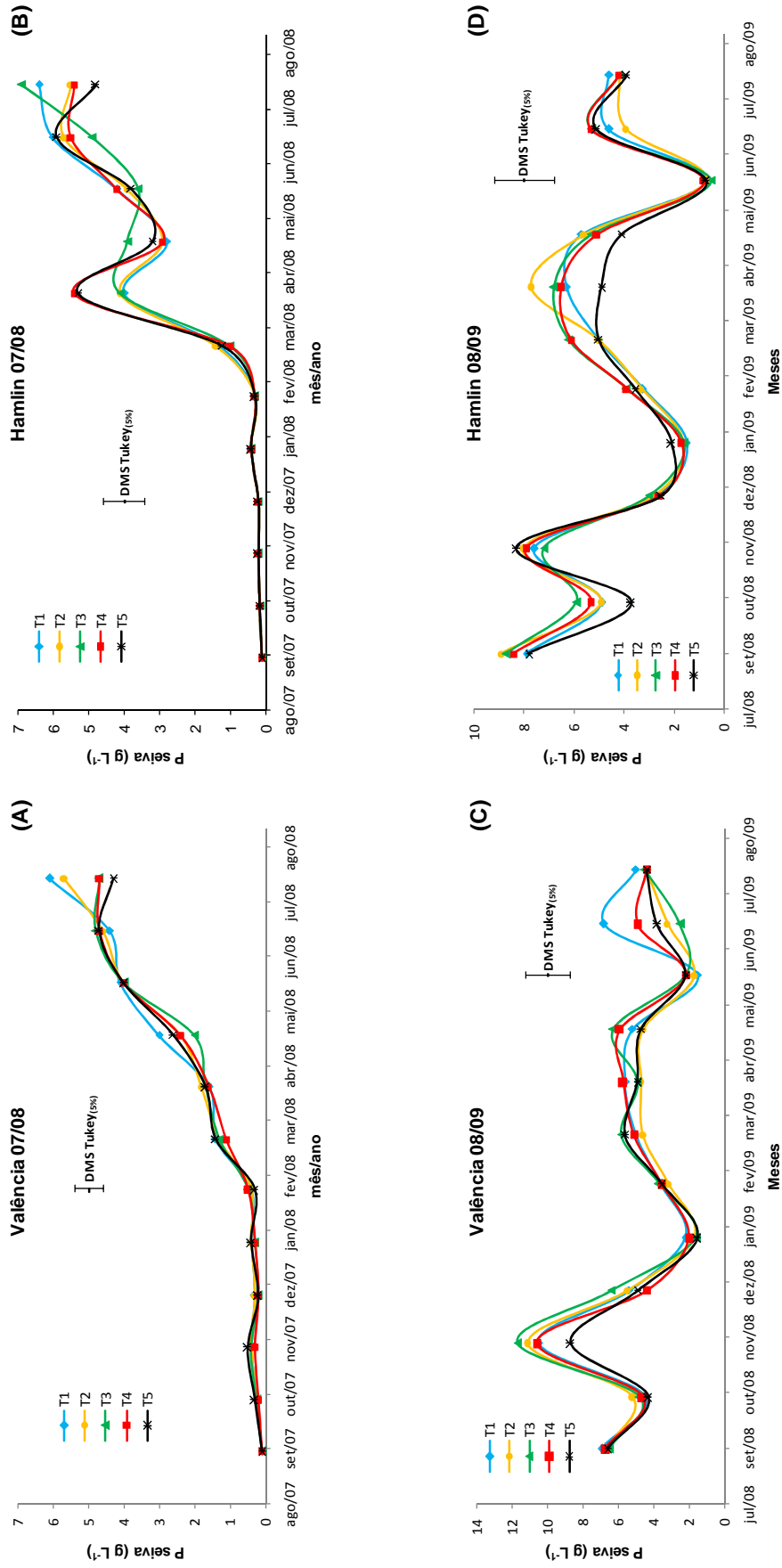


Figura 25. Comportamento do fósforo na seiva, em todos os tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D).

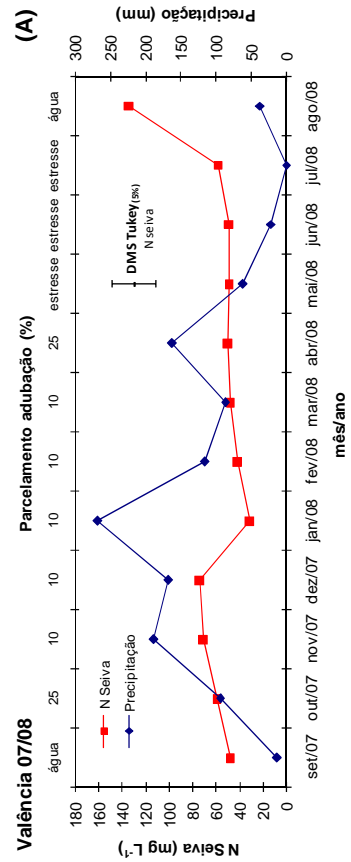
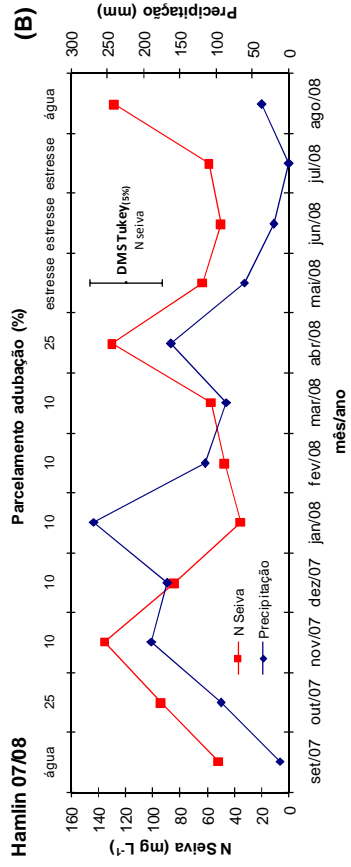


Figura 26. Comportamento de N na seiva, para a média dos tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D) de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação.

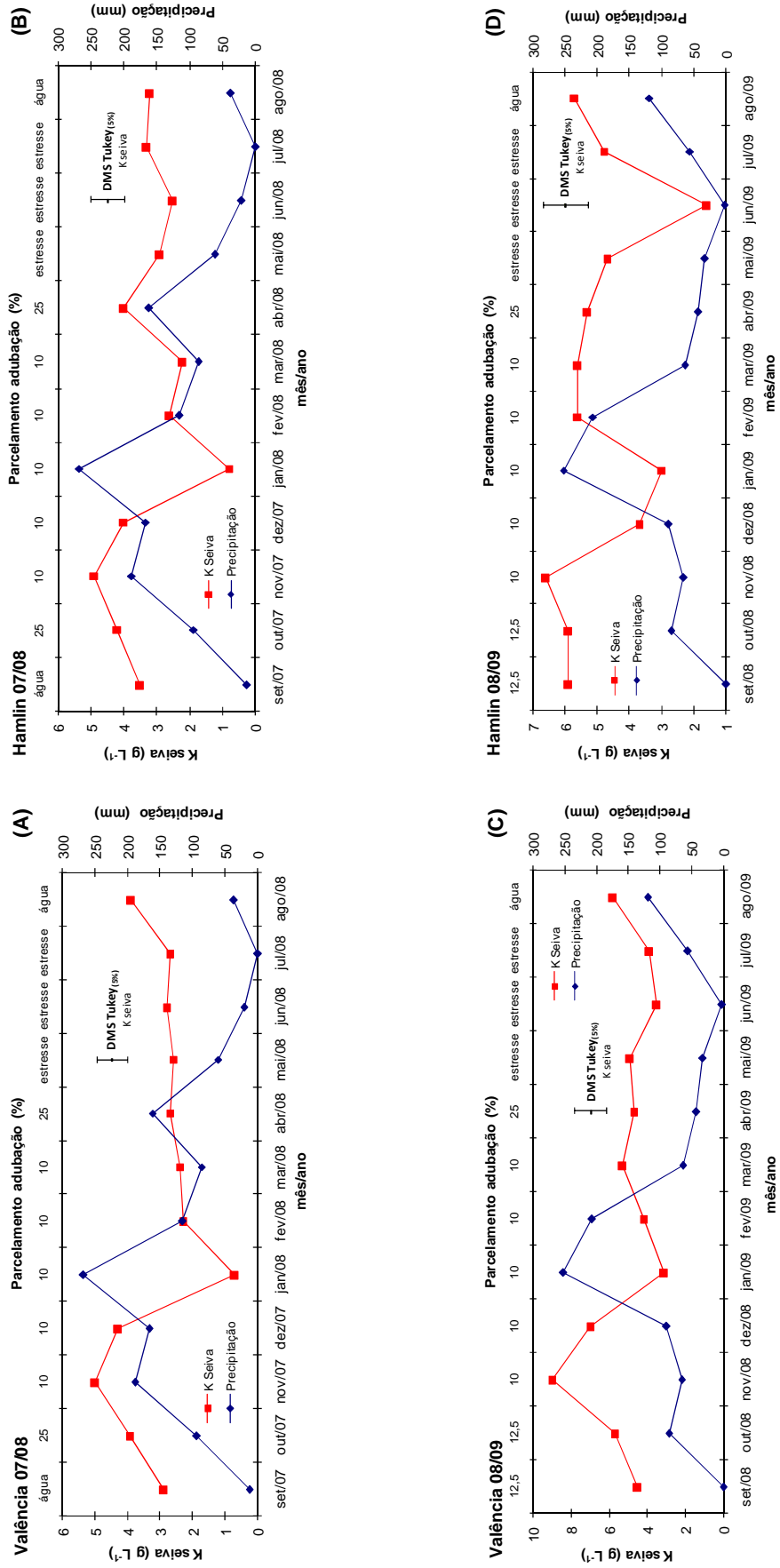


Figura 27. Comportamento de K na seiva, para a média dos tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D) de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação.

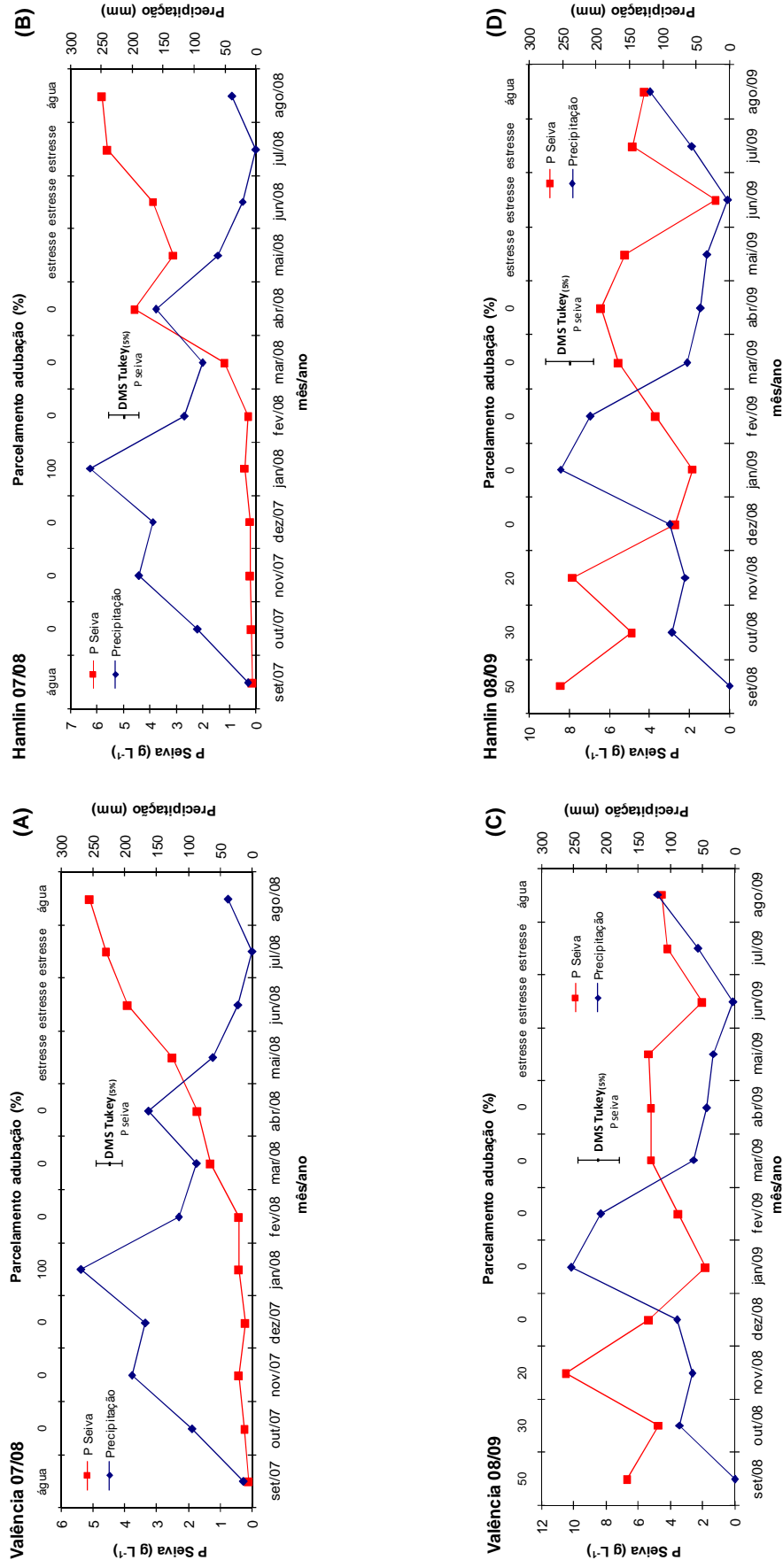


Figura 28. Comportamento de P na seiva, para a média dos tratamentos, na safra 2007/2008, para a laranja Valência (A) e Hamlin (B) e na safra 2008/2009, para a laranja Valência (C) e Hamlin (D) de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação.

4.6.2. Safra 2008/2009

Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio na seiva e na folha e, os valores de leitura SPAD, para as duas variedades de copa estudadas, em relação aos tratamentos e aos estádios de desenvolvimento da cultura (meses), no período de setembro de 2008 a agosto de 2009, que corresponde à safra 2008/2009, estão presentes nas Tabelas de 17 a 22.

4.6.2.1. Nitrogênio

Em quase todos os meses de análise o teste F revelou resultados significativos, em relação aos tratamentos, exceto nos meses de maio e junho de 2009, para a leitura SPAD nas duas variedades e, também, para a variedade de copa Hamlin no mês de julho. A concentração de N na seiva não mostrou resultados significativos no mês de maio e junho de 2009, para a variedade de copa Valência; nesta variedade, o teor de N foliar no mês de junho de 2009, também não foi significativo (Tabelas 17 e 18).

No início da safra, entre os meses de setembro e outubro, ocorreu queda na concentração de N nas plantas para todas as variáveis analisadas e nas duas variedades. Para o teor de N foliar esta queda foi até o mês de novembro e permaneceu estável até o mês de março; portanto, durante todo o período de crescimento dos frutos a concentração de N na folha foi constante e baixa, em ambas as variedades (Tabelas 17 e 18).

A concentração de N na seiva aumenta nos meses de novembro e dezembro, em relação ao mês de outubro; isso pode ser reflexo da adubação nitrogenada, pois, 25% do nitrato de amônio recomendado foi aplicado nos meses de setembro e outubro. Este aumento também pode ter ocorrido devido à necessidade da cultura, pois é um período de formação de novos órgãos. Principalmente em novembro, nas duas safras analisadas, o comportamento do N na seiva e na folha foi inverso. Ocorreu diminuição de N na folha e aumento de N na seiva, provavelmente o N da folha foi translocado para os órgãos em formação e a planta passou a absorver mais N para atender sua necessidade, ocorrendo maiores concentrações na seiva.

No mês de janeiro o conteúdo de nitrogênio na seiva diminuiu de forma brusca. Neste mês foram observados os menores valores de N na seiva, para as duas variedades amostradas, provavelmente, devido ao grande volume de chuvas que ocorreram neste período, em torno de 253 mm (Figura 9 e Figura 23 C e D). No mês de março a concentração de N na seiva volta a aumentar.

No mês de abril foi aplicada 25% da dose de N; isso refletiu em aumento na leitura SPAD e nos teores de N na seiva e na folha; porém, este aumento foi mais expressivo na seiva, pois neste mês e no seguinte, maio, foram observados os maiores valores de N na seiva, nas duas variedades de copa, que alcançaram teores maiores de 300 mg L^{-1} (Tabelas 17 e 18). Enquanto que para leitura SPAD e para o teor de N na folha, os maiores valores de N foram encontrados no mês de julho. Estes resultados indicam que a análise da seiva foi mais sensível e refletiu de forma pontual o parcelamento da adubação, em relação às outras técnicas de análise, que expressaram depois de alguns meses a fertilização.

Segundo Quaggio et al. (2005), o valor adequado de N na folha da laranja varia de 23 a 27 g kg^{-1} ; durante a safra 2008/2009 o teor de N na folha se manteve entre 22 e 33 g kg^{-1} . Nos meses de fevereiro/março, recomendados para realização da amostragem foliar, o teor deste nutriente em todos os tratamentos se encontrava dentro da faixa adequada (Tabelas 17 e 18).

Maiores valores de coeficiente de variação foram observados para a concentração de N na seiva, nas duas variedades de laranja, enquanto que a leitura SPAD apresentou os menores, em relação ao teor de N foliar. A concentração de N na seiva variou de 23,7 a $377,8 \text{ mg L}^{-1}$, o teor de N na folha variou de 22 a 33 g kg^{-1} e o valor de Leitura SPAD de 64,7 a 81,8. Na safra 2007/2008 foram observados valores mais baixos de N na seiva; estes variaram de 17,2 a $205,8 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabelas 11 e 12).

4.6.2.2. Potássio

Os valores de potássio para as variedades de copa Valência e Hamlin estão presentes, respectivamente, nas Tabelas 19 e 20, nestas são apresentadas as concentrações de K na seiva e na folha em função dos tratamentos e dos diferentes estádios de

desenvolvimento da cultura (meses). O teste F foi significativo, para o teor de K na seiva, nos meses de dezembro de 2008, março e junho de 2009, na variedade Valência, e nos meses de outubro de 2008 e março de 2009 para a variedade Hamlin. A concentração de K na folha não apresentou resultados significativos para o teste F na safra 2008/2009, para a variedade de copa Valência. O teste F se revelou significativo nos meses de novembro de 2008, janeiro, março, maio, junho e julho de 2009, para o teor de K nas folhas da laranja Hamlin.

Os valores de K na seiva aumentaram de setembro a novembro, momento em que se observaram os maiores valores na planta. Isso pode ser reflexo das adubações pois, 25% do K foi aplicado entre os meses de setembro e outubro, mas também pode ser devido a própria necessidade da cultura, pois conforme Köller (1994), esta seria uma época de grande exigência nutricional dos citros. Nos meses de dezembro e janeiro, período em que ocorreu o crescimento dos frutos, o teor de K diminuiu na seiva e em janeiro foi encontrado os valores mais baixos, devido, provavelmente, as chuvas que ocorreram neste período (Figura 9, Figura 24 C e D).

Outro momento em que foi observada baixa concentração de K na seiva ocorreu durante a maturação dos frutos, no mês de junho, a temperatura média observada neste mês foi de 17,9 °C (Figura 10), o que pode ter interferido no processo de absorção, pois na faixa de 0 a 30 °C a absorção cresce de modo linear com a elevação da temperatura (MALAVOLTA et al., 1997), portanto, baixas temperaturas afetam negativamente a taxa de absorção dos nutrientes. No mês de junho de 2009 foi observada a temperatura média mais baixa durante todo o período de desenvolvimento deste ensaio (safras 2007/2008 e 2008/2009).

Outro fator importante observado no mês de junho foi o baixo volume de chuvas, que totalizaram 2,5 mm (Figura 9). Isso ocorreu no período de estresse das plantas, momento determinante para a produção da próxima safra, pois é quando não se realizam irrigações, para promover indução floral. Portanto, a presença de pouca água no solo e as baixas temperaturas que ocorreram no mês de junho influenciaram diretamente na queda do teor de K na seiva.

Os maiores valores de K na folha foram observados no mês de janeiro, período de crescimento do fruto, para a variedade de copa Valência. Para a laranja Hamlin as maiores concentrações de K na folha ocorreram nos meses de setembro e dezembro, período

de floração, formação e crescimento do fruto. Os valores mais baixos de K na folha foram encontrados em maio para ambas as variedades e também em outubro para laranja Valência e em agosto para a variedade de copa Hamlin (Tabelas 19 e 20).

O teor adequado de K na folha da laranja varia de 10 a 15 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2005), na safra 2008/2009 foram observados valores de 11 a 19. Nos meses de fevereiro/março, recomendados para a realização da amostragem foliar, o K apresentou teores na folha dentro da faixa considerada adequada para a laranja Valência (Tabela 19) e valores entre o recomendado e acima deste, para a variedade de copa Hamlin (Tabela 20).

O teor de K na seiva apresentou na maioria das vezes os maiores valores de coeficiente de variação, em relação ao teor de K na folha, nos diferentes meses e para as duas variedades. A concentração de K na seiva variou de 1,2 a 9,4 g L⁻¹, enquanto que o teor foliar apresentou uma variação de 11 a 19 g kg⁻¹, considerando todos os tratamentos e variedades (Tabelas 19 e 20). Na safra 2007/2008 ocorreram menores teores de K na seiva, foram observados valores de 0,7 a 5,3 g L⁻¹ (Tabelas 13 e 14).

4.6.2.3. Fósforo

O teste F para o teor de fósforo na seiva foi significativo nos meses dezembro de 2008, março, junho e julho de 2009, para a laranja Valência, e apenas no mês de março de 2009 para a variedade de copa Hamlin. Quanto a concentração de P na folha, os meses de março e abril de 2009 apresentaram diferenças significativas para o teste F, em função dos tratamentos, na variedade de copa Valência, isso também foi observado nos meses de outubro de 2008, janeiro, maio e junho de 2009, para a variedade de copa Hamlin (Tabelas 21 e 22).

O comportamento do fósforo na seiva e na folha variou de forma muito semelhante entre os meses, na safra 2008/2009. De forma geral, no início da safra, mês de setembro, os valores de P foram altos, posteriormente apresentaram uma queda no mês de outubro e voltaram a aumentar no mês de novembro, quando se observaram elevadas concentrações de P na seiva e na folha, que podem ter corrido em função da adubação, pois 100% do P foi aplicado entre os meses de setembro a novembro (Tabelas 21 e 22).

Do mês de novembro ao mês de janeiro os teores de P caíram de forma consecutiva; no mês de janeiro ocorreram baixos valores de P na seiva e na folha, provavelmente, devido ao grande volume de chuvas observado neste mês (Figura 9). No mês de março o teor de P volta a aumentar e se eleva ainda mais no mês de abril para a variedade de copa Hamlin (Tabela 22), este aumento pode estar relacionado com a exigência nutricional da cultura. Para a variedade Valência o teor de P na seiva também aumentou no mês de março e continuou estável até o mês de maio.

Em junho foram observados baixos valores de P na seiva das duas variedades de laranja, da mesma forma que o K (Tabelas 19 e 20), este valor pode ter ocorrido devido às baixas temperaturas e ao baixo volume de chuvas que ocorreram em junho de 2009 (Figura 9 e 10) o teor de N na seiva, neste mês, também diminuiu (Tabelas 17 e 18). O teor de P na folha apresentou queda no mês de junho para a variedade de copa Valência, enquanto que para a laranja Hamlin a concentração de P na folha se manteve estável em relação ao mês de maio (Tabelas 21 e 22).

Teores adequados de fósforo nas folhas de laranja variam de 1,2 - 1,6 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2005), na safra 2008/2009, foram observados valores entre 0,1 e 1,9. Nos meses de fevereiro/março, período indicado para realização da amostragem foliar na cultura da laranja a concentração de P nas folhas se encontrava na faixa considerada adequada.

Quanto ao coeficiente de variação estes foram, quase sempre, maiores para a concentração de P na seiva em relação ao teor de P foliar, em todos os meses e para as duas variedades. O teor de P na seiva variou de 0,5 a 11,7 g L⁻¹ e a concentração de P foliar de 0,1 a 1,9 g kg⁻¹, considerando os resultados obtidos para as duas variedades estudadas. Muito diferente da safra 2007/2008, quando os teores de P na folha variaram menos, entre 1,0 a 1,8 g kg⁻¹.

Apesar das análises de folha e seiva, para o teor de P, terem apresentado poucos resultados significativos em função dos tratamentos, isto pode ser observado melhor, nas Tabelas 9 e 10, respectivamente para folha e seiva. Nesta última safra 2008/2009, os valores de P em ambas as técnicas de análise variaram de forma muito similar em função dos meses. Isto pode ser observado na Figura 29 A e B, mostrando que a análise de seiva foi eficiente para detectar a variação do P na planta, porém os problemas de

disponibilidade deste nutriente observados nas análises de solo e solução do solo (Tabelas 3 a 8) promoveram poucas diferenças entre os tratamentos.

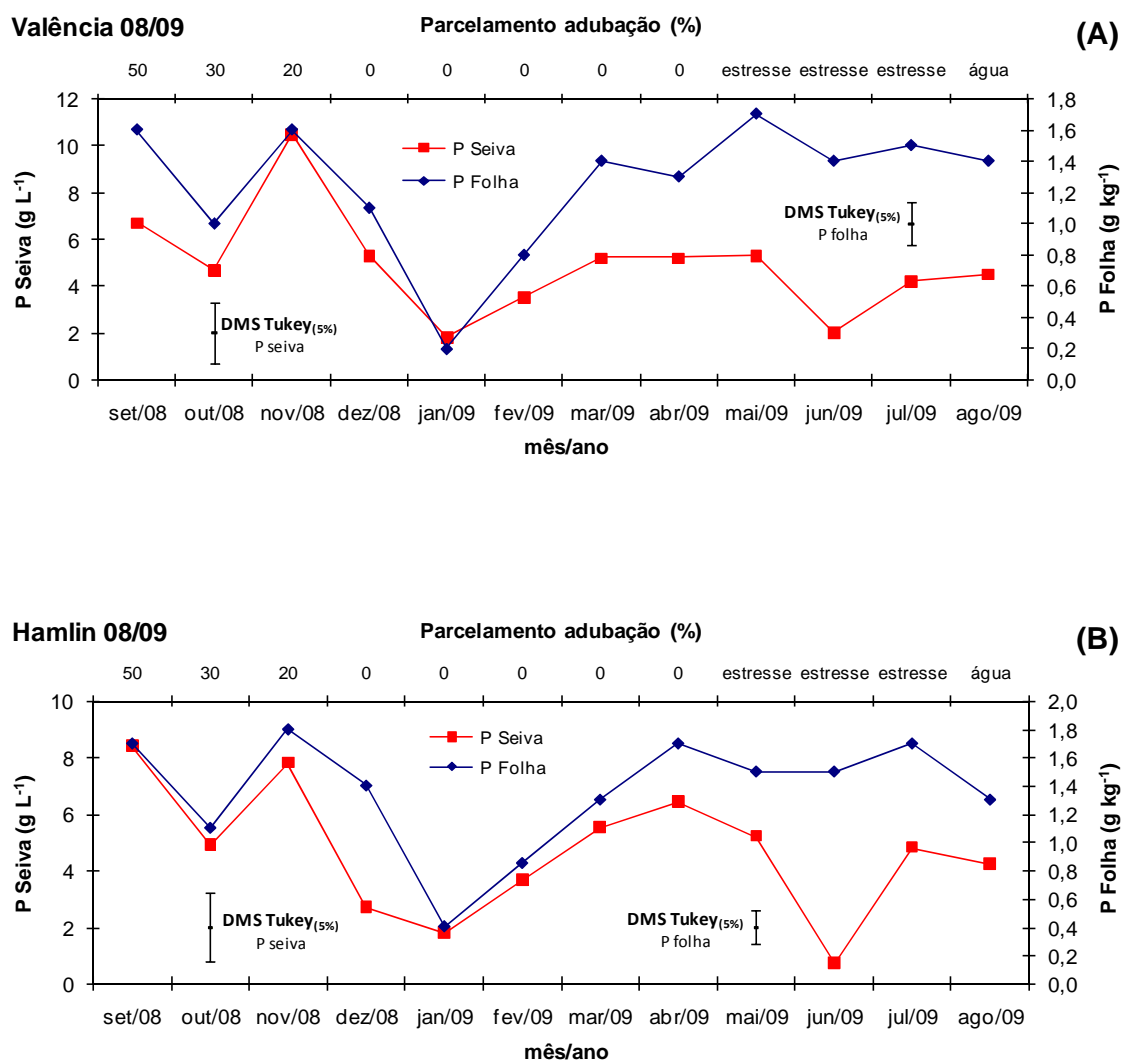


Figura 29. Comportamento do P na seiva e na folha na safra 2008/2009, para a média dos tratamentos, na variedade de copa Valência (A) e Hamlin (B).

Tabela 17. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila, teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Valência, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| | set/08 | out/08 | nov/08 | dez/08 | jan-fev/09 | mar/09 | abr/09 | mai/09 | jun/09 | jul/09 | ago/09 |
| | (a) | (a) | (ab) | (b) | (b) | (bc) | (c) | (cd) | (cd) | (cd) | (da) |
| T1 (0%) | 75,6 | 72,0 | 71,2 | 77,3 | 66,4 | 69,4 | 71,5 | 68,1 | 71,5 | 76,1 | 75,4 |
| T2 (25%) | 76,7 | 71,8 | 73,3 | 78,8 | 68,0 | 67,3 | 72,0 | 71,4 | 74,3 | 76,2 | 76,7 |
| T3 (50%) | 77,3 | 74,4 | 75,2 | 80,6 | 69,5 | 68,6 | 75,3 | 73,3 | 76,6 | 78,9 | 77,6 |
| T4 (100%) | 78,4 | 75,4 | 74,0 | 79,4 | 71,6 | 71,9 | 76,8 | 76,4 | 77,9 | 80,0 | 77,8 |
| T5 (200%) | 77,9 | 75,9 | 76,8 | 80,6 | 73,7 | 73,1 | 75,1 | 75,6 | 78,0 | 79,6 | 77,9 |
| Média | 77,2 ab | 73,9 cd | 74,1 cd | 79,3 a | 69,8 e | 70,1 e | 74,1 cd | 73,0 d | 75,7 bc | 78,2 ab | 77,1 ab |
| Teste F (Trat.) | 2,1^{ns} | 3,5 * | 5,5 ** | 8,7 ** | 8,0 ** | 2,6 ** | 4,4 * | 2,7^{ns} | 1,4^{ns} | 5,6 ** | 2,0^{ns} |
| C.V. (%) | 2,0 | 2,8 | 2,4 | 1,2 | 2,9 | 4,2 | 3,0 | 5,6 | 6,1 | 2,0 | 2,0 |
| Regressão | L * | L ** | L ** | L ** | L ** | L * | Q * | L * | L^{ns} | Q * | L * |
| R² | 0,56 | 0,74 | 0,72 | 0,50 | 0,94 | 0,74 | 0,92 | 0,64 | 0,65 | 0,89 | 0,59 |
| Leitura SPAD⁽¹⁾ | | | | | | | | | | | |
| Concentração de N na seiva (mg L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 108,4 | 50,8 | 86,5 | 155,6 | 30,4 | 113,4 | 227,1 | 221,3 | 104,3 | 125,7 | 115,8 |
| T2 (25%) | 133,6 | 100,5 | 95,0 | 187,7 | 35,8 | 127,1 | 268,2 | 229,5 | 105,9 | 118,4 | 113,4 |
| T3 (50%) | 152,1 | 116,5 | 111,4 | 169,9 | 40,5 | 147,7 | 220,4 | 208,8 | 106,4 | 134,6 | 142,3 |
| T4 (100%) | 261,2 | 188,7 | 213,3 | 256,0 | 63,1 | 187,3 | 242,4 | 246,8 | 105,5 | 184,3 | 155,2 |
| T5 (200%) | 219,9 | 176,5 | 224,5 | 269,3 | 60,0 | 175,3 | 334,7 | 249,7 | 118,1 | 245,0 | 174,9 |
| Média | 175,0 cd | 126,6 fg | 146,1 def | 207,7 bc | 46,0 h | 150,2 def | 258,6 a | 231,2 ab | 108,0 g | 161,6 de | 140,3 efg |
| Teste F (Trat.) | 11,3 * | 202,4 ** | 70,0 ** | 10,3 ** | 7,8 ** | 6,4 ** | 4,7 * | 2,0^{ns} | 1,1^{ns} | 171,0 ** | 12,4 ** |
| C.V. (%) | 21,6 | 6,3 | 11,0 | 15,5 | 23,0 | 16,5 | 16,5 | 10,4 | 10,2 | 5,0 | 10,6 |
| Regressão | Q ** | Q ** | L ** | L ** | Q * | Q * | L ** | L^{ns} | L^{ns} | L ** | L ** |
| R² | 0,88 | 0,97 | 0,83 | 0,81 | 0,92 | 0,96 | 0,66 | 0,56 | 0,82 | 0,96 | 0,89 |
| Teor foliar de N (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 25 | 23 | 23 | 23 | 22 | 23 | 25 | 25 | 27 | 29 | 26 |
| T2 (25%) | 26 | 25 | 23 | 23 | 23 | 23 | 25 | 25 | 27 | 28 | 27 |
| T3 (50%) | 27 | 25 | 24 | 25 | 25 | 24 | 26 | 25 | 27 | 30 | 28 |
| T4 (100%) | 27 | 26 | 25 | 26 | 26 | 26 | 28 | 27 | 29 | 30 | 28 |
| T5 (200%) | 27 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | 29 | 32 | 29 |
| Média | 26 b | 25 de | 24 e | 25 e | 25 e | 25 e | 26 c | 26 cd | 28 b | 30 a | 28 b |
| Teste F (Trat.) | 8,0 * | 7,0 * | 11,2 ** | 6,7 * | 27,8 ** | 14,1 ** | 3,8 * | 11,1 ** | 2,8^{ns} | 5,7 ** | 3,6 * |
| C.V. (%) | 3,0 | 3,5 | 3,5 | 4,1 | 3,4 | 4,3 | 5,1 | 3,1 | 4,3 | 3,5 | 3,1 |
| Regressão | L ** | L ** | L ** | L ** | L ** | L ** | L * | L ** | L * | L ** | L ** |
| R² | 0,77 | 0,82 | 0,91 | 0,86 | 0,93 | 0,84 | 0,60 | 0,94 | 0,71 | 0,87 | 0,79 |
| Adução N⁽²⁾ | 12,5 % | 12,5 % | 10 % | 10 % | 20 % | 10 % | 25 % | estresse | estresse | estresse | água |

⁽¹⁾Leitura SPAD (Soil and Plant Analysis Development - unidade adotada pela MINOLTA), (a) florescimento/antese/formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação, (c) maturação, (cd) maturação e período de estresse (da) final maturação e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (**) - significativo a 5%, (*) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste quadrático e (2) parcelamento da adubação de N.

Tabela 18. Resultados dos valores de medida indireta da clorofila e teor de nitrogênio na seiva e na folha, em relação aos tratamentos, para a variedade de copa Hamlin, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | set/08 | out/08 | nov/08 | dez/08 | jan-fev/09 | mar/09 | abr/09 | mai/09 | jun/09 | jul/09 | ago/09 |
| T1 (0%) | 74,6 | 66,5 | 71,0 | 64,7 | 69,0 | 69,0 | 71,6 | 71,5 | 71,2 | 79,1 | 76,9 |
| T2 (25%) | 76,0 | 69,7 | 72,8 | 68,9 | 72,0 | 72,8 | 75,0 | 74,4 | 74,8 | 80,1 | 78,6 |
| T3 (50%) | 76,4 | 72,4 | 72,9 | 69,8 | 77,5 | 77,1 | 78,5 | 76,3 | 76,5 | 80,9 | 78,0 |
| T4 (100%) | 76,7 | 73,9 | 75,0 | 71,5 | 76,0 | 78,6 | 77,5 | 76,6 | 77,0 | 80,7 | 79,8 |
| T5 (200%) | 78,1 | 75,3 | 75,7 | 73,6 | 78,5 | 79,8 | 79,5 | 78,4 | 78,3 | 81,8 | 81,1 |
| Média | 76,4 bc | 71,6 ef | 73,5 de | 69,7 f | 74,6 cd | 75,5 cd | 76,4 bc | 75,4 cd | 75,6 cd | 80,5 a | 78,9 ab |
| Teste F (Trat.) | 4,1 * | 29,2 ** | 11,8 ** | 13,1 ** | 26,0 ** | 4,0 * | 2,8 ns | 1,3 ns | 1,7 ns | 1,8 ns | 5,7 ** |
| C.V. (%) | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 2,6 | 2,1 | 5,9 | 4,9 | 6,0 | 5,5 | 1,9 | 1,7 |
| Regressão | L ** | Q ** | L ** | L ** | Q ** | L ** | L * | L ns | L * | L ** | L ** |
| R² | 0,87 | 0,97 | 0,84 | 0,80 | 0,81 | 0,71 | 0,62 | 0,77 | 0,70 | 0,82 | 0,89 |
| Leitura SPAD⁽¹⁾ | | | | | | | | | | | |
| Concentração de N na seiva (mg L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 100,5 | 53,0 | 90,5 | 59,0 | 23,7 | 120,2 | 221,9 | 217,1 | 100,1 | 117,0 | 113,7 |
| T2 (25%) | 161,1 | 85,5 | 118,9 | 118,9 | 37,0 | 155,6 | 261,1 | 234,2 | 105,6 | 132,0 | 127,0 |
| T3 (50%) | 139,5 | 145,3 | 159,8 | 167,8 | 39,5 | 191,0 | 345,8 | 254,6 | 118,2 | 149,8 | 150,2 |
| T4 (100%) | 221,5 | 232,3 | 232,6 | 221,0 | 61,0 | 240,5 | 367,5 | 377,8 | 135,3 | 161,5 | 137,6 |
| T5 (200%) | 226,2 | 218,3 | 271,4 | 263,2 | 67,9 | 257,1 | 366,1 | 313,7 | 135,5 | 188,7 | 173,4 |
| Média | 169,8 bc | 146,9 cd | 174,6 bc | 166,0 bc | 45,8 e | 192,9 b | 312,5 a | 279,5 a | 118,9 d | 149,8 cd | 140,4 cd |
| Teste F (Trat.) | 13,4 ** | 146,3 ** | 19,9 ** | 23,5 ** | 15,1 ** | 8,1 ** | 6,0 ** | 15,2 ** | 10,0 ** | 9,2 ** | 6,5 ** |
| C.V. (%) | 17,4 | 9,0 | 19,5 | 20,1 | 20,4 | 20,9 | 17,4 | 12,1 | 8,7 | 12,1 | 12,8 |
| Regressão | L ** | Q ** | L ** | L ** | L ** | L ** | Q * | Q ** | L ** | L ** | L ** |
| R² | 0,76 | 0,97 | 0,92 | 0,87 | 0,88 | 0,84 | 0,95 | 0,82 | 0,78 | 0,95 | 0,81 |
| Teor foliar de N (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 25 | 25 | 24 | 23 | 23 | 24 | 26 | 26 | 28 | 29 | 25 |
| T2 (25%) | 26 | 24 | 25 | 25 | 25 | 24 | 27 | 26 | 29 | 31 | 24 |
| T3 (50%) | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 26 | 27 | 26 | 28 | 31 | 25 |
| T4 (100%) | 28 | 27 | 28 | 27 | 28 | 27 | 29 | 27 | 30 | 31 | 25 |
| T5 (200%) | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 30 | 28 | 32 | 33 | 27 |
| Média | 27 cd | 26 d | 26 d | 26 d | 26 d | 26 d | 28 c | 27 d | 29 b | 31 a | 26 d |
| Teste F (Trat.) | 23,1 ** | 38,4 ** | 21,8 ** | 17,8 ** | 37,3 ** | 19,0 ** | 18,2 ** | 6,3 ** | 16,3 ** | 15,7 ** | 6,6 ** |
| C.V. (%) | 2,5 | 2,2 | 3,5 | 4,1 | 3,0 | 3,7 | 2,9 | 3,1 | 2,7 | 1,9 | 4,2 |
| Regressão | L ** | L ** | Q ** | L ** | Q ** | L ** | L ** | L ** | L ** | L ** | L ** |
| R² | 0,89 | 0,90 | 0,99 | 0,86 | 0,98 | 0,85 | 0,96 | 0,84 | 0,85 | 0,95 | 0,79 |
| Adução N⁽²⁾ | 12,5 % | 12,5 % | 10 % | 10 % | 20 % | 10 % | 25 % | estresse | estresse | estresse | estresse |

⁽¹⁾Leitura SPAD (Soil and Plant Analysis Development - unidade adotada pela MINOLTA). (a) florescimento/início formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação (c) maturação (cd) final da maturação e período de estresse (d) estresse (da) final de estresse e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trat. - tratamento, (**) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e ⁽²⁾ parcelamento da adubação de N.

Tabela 19. Concentração de potássio na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | set/08 | out/08 | nov/08 | dez/08 | jan - fev/09 | mar/09 | abr/09 | mai/09 | jun/09 | jul/09 | ago/09 |
| T1 (0%) | 4,4 | 5,2 | 8,7 | 6,7 | 3,5 | 4,8 | 5,1 | 4,5 | 2,6 | 4,9 | 6,1 |
| T2 (25%) | 4,3 | 6,0 | 8,7 | 7,0 | 2,6 | 4,9 | 4,3 | 4,6 | 3,2 | 3,3 | 6,0 |
| T3 (50%) | 4,1 | 5,7 | 9,1 | 7,3 | 2,8 | 5,5 | 4,5 | 5,3 | 3,8 | 3,0 | 5,8 |
| T4 (100%) | 4,7 | 5,8 | 9,4 | 6,9 | 3,6 | 5,3 | 4,8 | 5,0 | 4,2 | 4,6 | 5,5 |
| T5 (200%) | 4,8 | 5,6 | 8,9 | 7,2 | 3,1 | 5,8 | 4,8 | 5,0 | 3,9 | 3,5 | 5,8 |
| Média | 4,5 ef | 5,7 cd | 9,0 a | 7,0 b | 3,1 g | 5,3 cde | 4,7 ef | 4,9 de | 3,5 g | 3,9 fg | 5,8 c |
| Teste F (Trat.) | 1,0 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 3,9* | 1,3 ^{ns} | 17,4** | 2,1 ^{ns} | 1,2 ^{ns} | 4,4* | 2,5 ^{ns} | 1,8 ^{ns} |
| C.V. (%) | 12,1 | 16,0 | 10,4 | 3,7 | 23,5 | 3,8 | 9,5 | 12,5 | 16,9 | 29,2 | 6,2 |
| Regressão | L ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{ns} | L** | L** | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q* | L ^{ns} | Q* |
| R ² | 0,52 | 0,42 | 0,90 | 0,18 | 0,02 | 0,72 | 0,14 | 0,62 | 0,99 | 0,04 | 0,94 |
| Concentração de K na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Teor foliar de K (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 12,3 | 10,9 | 12,5 | 11,5 | 13,0 | 12,5 | 12,0 | 10,6 | 12,0 | 12,7 | 12,1 |
| T2 (25%) | 13,4 | 11,9 | 12,8 | 13,1 | 13,4 | 13,3 | 12,5 | 11,5 | 13,0 | 12,3 | 12,5 |
| T3 (50%) | 14,0 | 12,1 | 13,5 | 12,6 | 14,4 | 13,5 | 14,2 | 11,8 | 13,3 | 12,9 | 13,1 |
| T4 (100%) | 13,3 | 12,3 | 13,8 | 13,9 | 14,7 | 13,9 | 14,0 | 11,4 | 14,2 | 13,3 | 12,9 |
| T5 (200%) | 13,3 | 10,6 | 12,5 | 12,6 | 14,6 | 14,0 | 13,2 | 12,2 | 13,6 | 13,2 | 12,2 |
| Média | 13,3 bc | 11,5 c | 13,0 ab | 12,7 abc | 14,0 a | 13,4 bc | 13,2 ab | 11,5 c | 13,2 bc | 12,9 abc | 12,6 bc |
| Teste F (Trat.) | 0,6 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 2,0 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 2,0 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 12,4 | 12,3 | 11,7 | 9,6 | 10,8 | 10,5 | 10,4 | 9,9 | 11,1 | 12,0 | 18,0 |
| Regressão | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q* | L ^{ns} | L ^{ns} | Q* | L ^{ns} | Q ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} |
| R ² | 0,50 | 0,98 | 0,97 | 0,78 | 0,60 | 0,67 | 0,84 | 0,56 | 0,98 | 0,52 | 0,87 |
| Adubação K⁽¹⁾ | 12,5 % | 12,5 % | 10 % | 10 % | 20 % | 10 % | 25 % | estresse | estresse | estresse | água |

(a) florescimento/antes/formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação, (c) maturação, (cd) maturação e período de estresse (da) final maturação e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e (1) parcelamento da adubação de K.

Tabela 20. Concentração de potássio na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | set/08 | out/08 | nov/08 | dez/08 | jan - fev/09 | mar/09 | abr/09 | mai/09 | jun/09 | jul/09 | ago/09 |
| T1 (0%) | 5,3 | 5,8 | 5,7 | 3,5 | 2,7 | 5,3 | 5,1 | 4,9 | 1,4 | 4,6 | 5,7 |
| T2 (25%) | 6,1 | 6,2 | 6,8 | 3,6 | 2,7 | 5,3 | 5,9 | 4,8 | 1,7 | 4,4 | 5,5 |
| T3 (50%) | 6,0 | 6,7 | 6,4 | 3,8 | 2,7 | 6,1 | 5,4 | 4,4 | 1,2 | 5,2 | 5,5 |
| T4 (100%) | 5,9 | 6,0 | 6,5 | 3,7 | 3,1 | 6,0 | 5,2 | 5,0 | 1,8 | 4,7 | 6,1 |
| T5 (200%) | 6,1 | 5,0 | 7,3 | 3,8 | 3,7 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 1,8 | 5,1 | 5,6 |
| Média | 5,9 ab | 5,9 ab | 6,6 a | 3,7 d | 3,0 d | 5,6 b | 5,3 cd | 4,7 c | 1,6 e | 4,8 c | 5,7 b |
| Teste F _(Trat.) | 0,9 ^{ns} | 3,4* | 1,6 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 7,3** | 2,8 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,9 ^{ns} |
| C.V. (%) | 11,5 | 11,4 | 14,2 | 9,7 | 26,6 | 4,9 | 8,7 | 9,9 | 29,1 | 17,9 | 9,2 |
| Regressão | Q ^{ns} | L* | L ^{ns} | L ^{ns} | L* | Q** | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} |
| R ² | 0,45 | 0,52 | 0,62 | 0,56 | 0,95 | 0,76 | 0,34 | 0,07 | 0,32 | 0,33 | 0,20 |
| Concentração de K na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Teor foliar de K (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 15,5 | 13,0 | 15,3 | 15,3 | 12,7 | 13,7 | 13,1 | 12,3 | 14,2 | 14,5 | 12,9 |
| T2 (25%) | 16,5 | 14,2 | 15,0 | 16,6 | 14,9 | 14,6 | 15,2 | 14,0 | 16,0 | 17,1 | 14,9 |
| T3 (50%) | 16,9 | 14,9 | 16,9 | 15,3 | 15,3 | 16,8 | 15,0 | 13,6 | 15,6 | 16,5 | 13,7 |
| T4 (100%) | 17,1 | 14,9 | 17,0 | 17,5 | 15,6 | 16,0 | 15,0 | 13,1 | 15,2 | 14,9 | 13,6 |
| T5 (200%) | 17,1 | 14,9 | 17,5 | 19,1 | 16,3 | 18,6 | 16,2 | 15,4 | 18,0 | 15,3 | 13,3 |
| Média | 16,6 a | 14,4 de | 16,3 ab | 16,8 a | 15,0 bcde | 15,9 abc | 14,9 cde | 13,7 e | 15,8 abc | 15,7 abcd | 13,7 e |
| Teste F _(Trat.) | 1,3 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 3,6* | 1,9 ^{ns} | 6,6** | 23,4** | 2,7 ^{ns} | 6,1** | 5,2* | 4,1* | 3,2 ^{ns} |
| C.V. (%) | 7,2 | 7,4 | 7,4 | 13,9 | 7,0 | 5,0 | 9,3 | 6,8 | 7,8 | 6,9 | 6,2 |
| Regressão | L ^{ns} | L ^{ns} | L** | L* | L** | L** | L* | L** | L** | Q ^{ns} | Q ^{ns} |
| R ² | 0,53 | 0,47 | 0,68 | 0,84 | 0,65 | 0,82 | 0,60 | 0,64 | 0,72 | 0,09 | 0,16 |
| Adução K ⁽¹⁾ | 12,5% | 12,5% | 10% | 10% | 20% | 10% | 25% | estresse | estresse | estresse | água |

(a) florescimento/antese/início formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação (c) maturação (cd) final da maturação e período de estresse (d) estresse (da) final de estresse e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e ⁽¹⁾ parcelamento da adubação de K.

Tabela 21. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Valência, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-------------------|-----|-------------------|------|-------------------|-----|-------------------|-----|-----------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | set/08 | (a) | out/08 | (a) | nov/08 | (ab) | dez/08 | (b) | jan - fev/09 | (b) | (bc) | mar/09 | (c) | abr/09 | (c) | mai/09 | (cd) | jun/09 | (cd) | jul/09 | (cd) | ago/09 |
| T1 (0%) | 6,9 | | 4,5 | | 10,5 | | 5,4 | | 2,2 | | 5,0 | | 5,6 | | 5,2 | | 1,5 | | 6,8 | | 5,0 | |
| T2 (25%) | 6,6 | | 5,2 | | 11,1 | | 5,5 | | 1,7 | | 4,6 | | 4,7 | | 4,6 | | 1,7 | | 3,2 | | 4,4 | |
| T3 (50%) | 6,5 | | 4,8 | | 11,7 | | 6,4 | | 1,6 | | 5,8 | | 4,9 | | 6,3 | | 2,2 | | 2,5 | | 4,5 | |
| T4 (100%) | 6,7 | | 4,6 | | 10,6 | | 4,4 | | 2,0 | | 5,1 | | 5,7 | | 5,9 | | 2,2 | | 4,9 | | 4,4 | |
| T5 (200%) | 6,6 | | 4,3 | | 8,7 | | 4,9 | | 1,5 | | 5,6 | | 4,9 | | 4,7 | | 2,2 | | 3,8 | | 4,4 | |
| Média | 6,7 b | | 4,7 c | | 10,5 a | | 5,3 c | | 1,8 d | | 5,2 c | | 5,2 c | | 5,3 c | | 2,0 d | | 4,2 c | | 4,5 c | |
| Teste F _(Trat.) | 0,1 ^{ns} | | 0,3 ^{ns} | | 2,6 ^{ns} | | 5,0* | | 1,8 ^{ns} | | 3,7* | | 1,6 ^{ns} | | 1,5 ^{ns} | | 3,3* | | 3,4* | | 2,0 ^{ns} | |
| C.V. (%) | 12,8 | | 24,8 | | 13,1 | | 12,4 | | 24,7 | | 9,9 | | 14,4 | | 22,5 | | 19,3 | | 44,0 | | 8,7 | |
| Regressão | Q ^{ns} | | L ^{ns} | | L* | | L* | | L ^{ns} | | L ^{ns} | | L ^{ns} | | Q ^{ns} | | Q* | | Q ^{ns} | | L ^{ns} | |
| R ² | 0,37 | | 0,35 | | 0,65 | | 0,25 | | 0,4a | | 0,26 | | 0,02 | | 0,51 | | 0,90 | | 0,22 | | 0,41 | |
| Concentração de P na seiva (g L⁻¹) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teor foliar de P (g kg⁻¹) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 1,6 | | 1,1 | | 1,6 | | 1,1 | | 0,3 | | 1,3 | | 1,0 | | 1,7 | | 1,5 | | 1,5 | | 1,4 | |
| T2 (25%) | 1,5 | | 1,0 | | 1,6 | | 1,1 | | 0,2 | | 1,4 | | 0,9 | | 1,7 | | 1,4 | | 1,5 | | 1,4 | |
| T3 (50%) | 1,6 | | 1,0 | | 1,6 | | 1,2 | | 0,3 | | 1,4 | | 1,4 | | 1,7 | | 1,4 | | 1,5 | | 1,4 | |
| T4 (100%) | 1,6 | | 1,0 | | 1,6 | | 1,1 | | 0,3 | | 1,5 | | 1,6 | | 1,8 | | 1,4 | | 1,5 | | 1,4 | |
| T5 (200%) | 1,5 | | 1,0 | | 1,6 | | 1,1 | | 0,1 | | 1,5 | | 1,6 | | 1,7 | | 1,4 | | 1,3 | | 1,4 | |
| Média | 1,6 bc | | 1,0 f | | 1,6 ab | | 1,1 f | | 0,2 g | | 1,4 de | | 1,3 e | | 1,7 a | | 1,4 cd | | 1,5 cd | | 1,4 de | |
| Teste F _(Trat.) | 1,5 ^{ns} | | 1,1 ^{ns} | | 0,2 ^{ns} | | 0,6 ^{ns} | | 1,2 ^{ns} | | 4,9* | | 24,8** | | 1,2 ^{ns} | | 0,5 ^{ns} | | 2,1 ^{ns} | | 0,2 ^{ns} | |
| C.V. (%) | 4,6 | | 5,6 | | 5,3 | | 4,2 | | 71,7 | | 5,3 | | 11,0 | | 3,4 | | 5,9 | | 6,8 | | 3,5 | |
| Regressão | L ^{ns} | | Q ^{ns} | | Q ^{ns} | | Q ^{ns} | | L ^{ns} | | L** | | Q** | | Q ^{ns} | | Q ^{ns} | | L* | | Q ^{ns} | |
| R ² | 0,20 | | 0,84 | | 0,51 | | 0,25 | | 0,38 | | 0,92 | | 0,85 | | 0,89 | | 0,14 | | 0,82 | | 0,71 | |
| Adubação P⁽¹⁾ | 50 % | | 30 % | | 20 % | | - | | - | | - | | - | | estresse | | estresse | | estresse | | água | |

(a) florescimento/antes/formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação, (c) maturação, (cd) maturação e período de estresse (da) final maturação e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (**) - significativo a 5%, (*) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e (1) parcelamento da adubação de P.

Tabela 22. Concentração de fósforo na seiva e na folha, para a variedade de copa Hamlin, em relação aos tratamentos, no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 (safra 2008/2009).

| Tratamento (%) | Meses de coleta dos ramos da brotação nova e das folhas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----|-------------------|-----|-------------------|------|-------------------|-----|--------------------|-----|-------------------|------|-------------------|-----|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|-----|-------------------|--------|-------------------|
| | set/08 | (a) | out/08 | (a) | nov/08 | (ab) | dez/08 | (b) | jan - fev/09 | (b) | mar/09 | (bc) | abr/09 | (c) | mai/09 | (cd) | jun/09 | (cd) | jul/09 | (d) | (da) | ago/09 | |
| T1 (0%) | 7,9 | | 4,9 | | 7,6 | | 2,7 | | 1,5 | | 5,0 | | 6,3 | | 5,7 | | 0,7 | | 4,6 | | 4,6 | | 4,6 |
| T2 (25%) | 8,9 | | 4,9 | | 8,0 | | 2,8 | | 1,6 | | 5,0 | | 7,7 | | 5,6 | | 0,7 | | 3,9 | | 4,2 | | 4,2 |
| T3 (50%) | 8,7 | | 5,9 | | 7,2 | | 3,0 | | 1,6 | | 6,2 | | 6,8 | | 5,3 | | 0,5 | | 5,3 | | 4,2 | | 4,2 |
| T4 (100%) | 8,4 | | 5,3 | | 7,9 | | 2,6 | | 1,7 | | 6,1 | | 6,5 | | 5,1 | | 0,8 | | 5,3 | | 4,2 | | 4,2 |
| T5 (200%) | 7,8 | | 3,7 | | 8,3 | | 2,5 | | 2,1 | | 5,0 | | 4,9 | | 4,1 | | 0,7 | | 5,1 | | 3,9 | | 3,9 |
| Média | 8,4 a | | 4,9 cd | | 7,8 a | | 2,7 e | | 1,8 ef | | 5,5 bc | | 6,4 b | | 5,2 cd | | 0,7 f | | 4,8 cd | | 4,2 d | | 4,2 d |
| Teste F _(Trat.) | 0,3 ^{ns} | | 2,1 ^{ns} | | 0,2 ^{ns} | | 1,0 ^{ns} | | 0,8 ^{ns} | | 3,5 [*] | | 3,0 ^{ns} | | 1,4 ^{ns} | | 0,9 ^{ns} | | 0,7 ^{ns} | | 0,4 ^{ns} | | 0,4 ^{ns} |
| C.V. (%) | 23,3 | | 22,5 | | 23,6 | | 13,2 | | 33,5 | | 12,7 | | 18,5 | | 20,1 | | 28,5 | | 29,5 | | 19,7 | | 19,7 |
| Regressão | Q ^{ns} | | Q ^{ns} | | L ^{ns} | | L ^{ns} | | L ^{ns} | | Q ^{**} | | L [*] | | L [*] | | L ^{ns} | | L ^{ns} | | L ^{ns} | | L ^{ns} |
| R ² | 0,56 | | 0,89 | | 0,45 | | 0,43 | | 0,95 | | 0,81 | | 0,61 | | 0,97 | | 0,02 | | 0,28 | | 0,77 | | 0,77 |
| T1 (0%) | 1,8 | | 1,2 | | 1,8 | | 1,3 | | 0,1 | | 1,3 | | 1,7 | | 1,7 | | 1,5 | | 1,4 | | 1,4 | | 1,4 |
| T2 (25%) | 1,8 | | 1,0 | | 1,8 | | 1,4 | | 0,2 | | 1,2 | | 1,7 | | 1,6 | | 1,5 | | 1,7 | | 1,3 | | 1,3 |
| T3 (50%) | 1,7 | | 1,1 | | 1,9 | | 1,4 | | 0,4 | | 1,3 | | 1,8 | | 1,5 | | 1,5 | | 1,8 | | 1,3 | | 1,3 |
| T4 (100%) | 1,7 | | 1,0 | | 1,8 | | 1,4 | | 0,6 | | 1,3 | | 1,8 | | 1,5 | | 1,7 | | 1,7 | | 1,3 | | 1,3 |
| T5 (200%) | 1,7 | | 1,0 | | 1,8 | | 1,3 | | 0,5 | | 1,4 | | 1,7 | | 1,4 | | 1,5 | | 1,8 | | 1,3 | | 1,3 |
| Média | 1,7 ab | | 1,1 e | | 1,8 a | | 1,4 d | | 0,4 f | | 1,3 d | | 1,7 ab | | 1,5 c | | 1,5 c | | 1,7 bc | | 1,3 d | | 1,3 d |
| Teste F _(Trat.) | 1,4 ^{ns} | | 7,0 ^{**} | | 1,1 ^{ns} | | 2,6 ^{ns} | | 60,5 ^{**} | | 2,7 ^{ns} | | 2,2 ^{ns} | | 8,0 ^{**} | | 3,5 [*] | | 3,2 ^{ns} | | 2,2 ^{ns} | | 2,2 ^{ns} |
| C.V. (%) | 3,9 | | 4,9 | | 5,1 | | 5,4 | | 13,9 | | 6,5 | | 4,0 | | 5,0 | | 5,6 | | 10,7 | | 4,0 | | 4,0 |
| Regressão | L ^{ns} | | L ^{**} | | L ^{ns} | | Q [*] | | Q ^{**} | | L [*] | | Q [*] | | L ^{**} | | Q [*] | | L [*] | | Q ^{ns} | | Q ^{ns} |
| R ² | 0,64 | | 0,60 | | 0,13 | | 0,90 | | 0,99 | | 0,45 | | 0,69 | | 0,79 | | 0,40 | | 0,51 | | 0,53 | | 0,53 |
| Adubação P ⁽¹⁾ | 50 % | | 30 % | | 20 % | | - | | - | | - | | - | | estresse | | estresse | | estresse | | estresse | | estresse |

(a) florescimento/antese/início formação do fruto, (ab) queda de chumbinho (b) crescimento do fruto, (bc) final crescimento e início maturação (c) maturação (cd) final da maturação e período de estresse (d) estresse (da) final de estresse e início florescimento. Médias seguidas por letras iguais, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Trat. - Tratamento, (***) - significativo a 1%, (*) - significativo a 5%, (ns) - não significativo, C.V. - coeficiente de variação, L - ajuste linear, Q - ajuste quadrático e (1) parcelamento da adubação de P.

4.7. Quantificação da produção e qualidade dos frutos

4.7.1. Safra 2007/2008

Na Tabela 23 observam-se os resultados referentes à produção e a qualidade dos frutos, em função dos tratamentos, na safra 2007/2008 e para as duas variedades de copa estudadas; estas foram comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A produção também foi correlacionada com as técnicas utilizadas para monitorar o estado nutricional da cultura e a concentração de nutrientes na solução do solo (Figuras 30 a 33).

Os tratamentos variaram de forma significativa para o número de frutos por planta, na variedade de copa Valência, sendo que o maior valor foi observado no tratamento T5 com 301 frutos planta⁻¹. Isso refletiu nos valores de produção, porém, esta foi maior no tratamento T3, devido a massa dos frutos. Para a variedade de copa Hamlin, todas as variáveis relacionadas à produção não se mostraram significativas para o Teste F a 1% e 5%, mesmo que de forma não significativa, a maior produção também ocorreu no tratamento T3. Entre as variedades, a massa dos frutos se mostrou diferente e apresentou maiores valores para a variedade de copa Valência (Tabela 23).

Os baixos valores de produção, na safra 2007/2008, independente dos tratamentos, foram possivelmente ocasionados pela elevada pluviosidade que ocorreu durante o período de maio a julho de 2007, totalizando 225 mm. Este volume de chuva, inesperado nesta época do ano, acabou interferindo no período de estresse das plantas, provocando queda na produção, que não ultrapassou 25,6 t ha⁻¹ para a variedade de copa Valência e 24,0 t ha⁻¹ para a Hamlin, sendo a produção máxima obtida, em ambas as variedades, no tratamento T3, que recebeu 50% da dose de nutrientes.

A maior produção, observada no tratamento T3, pode ter ocorrido simplesmente pela maior eficiência do sistema de fertirrigação no fornecimento de nutrientes. Porém, segundo Mattos Junior et al. (2005), o citros armazenam grandes quantidades de nutrientes na biomassa, principalmente nas folhas, portanto, os nutrientes armazenados na planta também podem ter proporcionado a maior produção observada no tratamento T3. Como

o ensaio teve início em fevereiro de 2007 as reservas presentes nas plantas podem ter mascarado os resultados de produção. De acordo com Sanz et al. (1987) os nutrientes translocados das folhas velhas podem representar mais de 70% daqueles utilizados na formação de novos órgãos.

Koo & Reese (1976) concluíram que os maiores efeitos da nutrição na qualidade dos frutos cítricos estão relacionados, principalmente, com suprimento de nitrogênio e potássio. O nitrogênio tende a reduzir o tamanho dos frutos e a aumentar a quantidade de suco, o teor de sólidos solúveis e a acidez, enquanto que o potássio proporciona diminuição na quantidade de sólidos solúveis, aumento da acidez e do tamanho do fruto. Como os nutrientes foram aplicados em conjunto e para algumas variáveis de qualidade apresentaram efeitos contrários, a qualidade do suco, neste ensaio, foi pouco afetada pelos tratamentos.

O teste F, na variedade de copa Valência, foi significativo apenas para o valor de SST (kg ha^{-1}) e o maior valor foi observado no tratamento T5; porém esta variável está diretamente relacionada com a produção. Segundo Koo (1988), o valor de SST (kg ha^{-1}) aumenta com o suprimento de N, P e K.

A % de suco e o valor de SST (kg cx^{-1}) também se revelaram significativos para a variedade de copa Hamlin, e os maiores teores, para ambas as variáveis, foram encontrados no tratamento T5, porém o valor de SST (kg cx^{-1}) é calculado em função da % de suco e esta de acordo com Koo (1988) responde de forma positiva as adubações nitrogenadas.

A qualidade do suco da laranja Valência, que mostrou valores médios de SST em torno de 10 °Brix, ATT de 0,6%, 61% de suco, SST/cx e SST/ha iguais a 2,5 e 1326 kg, respectivamente, foram sempre superiores aos valores observados para a variedade de copa Hamlin. O valor de *ratio*, entre variedades, não apresentou diferença significativa pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Sucos com *ratio* de 14 a 16 são mais apreciados pelos consumidores (POZZAN & TRIBONE, 2005). Os valores de *ratio* na variedade de copa Valência ficaram próximos do ideal e para a laranja Hamlin foram um pouco superiores. Os frutos da variedade de copa Hamlin destinam-se, principalmente, ao mercado externo e a industrialização, por não possuírem características de qualidade que agradem ao paladar dos brasileiros (FIGUEIREDO, 1991).

4.7.2. Safra 2008/2009

Na Tabela 24 encontram-se os resultados referentes à produção e a qualidade dos frutos, em função dos tratamentos, obtidos na safra 2008/2009, para ambas as variedades de copa estudadas, que foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de frutos por planta apresentou maiores valores no tratamento T4, respectivamente 473 e 514 frutos planta⁻¹, para as variedades de copa Valência e Hamlin. O maior número de frutos refletiu de forma direta nos valores de produção, que também foram maiores, em ambas as variedades, no tratamento T4, respectivamente 39,7 e 33,5 t ha⁻¹ para a laranja Valência e Hamlin (Tabela 24).

A massa dos frutos não foi influenciada pelos tratamentos. Segundo Koo (1988), o K afeta de forma positiva a massa e o tamanho dos frutos cítricos; neste ensaio, essa característica não foi observada em ambas as safras estudadas. Porém, a variedade de copa Valência sempre apresentou maiores valores de massa de frutos em relação à variedade de copa Hamlin (Tabelas 23 e 24).

De maneira geral, os valores de produção aumentaram da safra 2007/2008 para a safra 2008/2009. Nesta última, a produção foi maior no tratamento T4 que recebeu 100% da dose de N, P e K (130, 25 e 120 kg ha⁻¹, respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O), diferente da safra anterior, quando a maior produção foi observada no tratamento T3 que recebeu 50% da adubação recomendada (75, 25 e 70 kg ha⁻¹, respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O). Isso pode ter corrido, pois passado mais um ano de ensaio, houve diminuição das reservas nas plantas que receberam as menores doses de N, P e K.

Quanto à qualidade dos frutos na safra 2008/2009, para a laranja Valência, variaram de forma significativa, em função dos tratamentos, os valores de SST (°Brix) e SST (kg ha⁻¹), sendo observados em maior quantidade, respectivamente, nos tratamentos T5 e T4. No caso do valor SST (°Brix), este pode ter sido influenciado diretamente pelas doses de N, pois segundo Koo (1988), o N aumenta o teor de sólidos solúveis. Os valores de SST (kg ha⁻¹), de acordo com Obreza et al. (2008), são afetados de forma positiva pelos nutrientes N, P e K, porém doses excessivas de N reduzem a produção e os valores de SST (kg ha⁻¹).

Os valores de SST ($^{\circ}$ Brix), ATT e SST (kg ha^{-1}), também se revelaram significativos em função dos tratamentos para a variedade de copa Hamlin. O valor de SST (kg ha^{-1}) variou de forma semelhante ao observado para a variedade de copa Valência, e se mostrou mais alto no tratamento T4. Este tratamento também apresentou os maiores valores de SST ($^{\circ}$ Brix) e ATT, na variedade de copa Hamlin.

Para as duas variedades estudadas, os parâmetros de qualidade avaliados sempre foram maiores na laranja Valência, exceto para o *ratio* que apresentou maiores valores para a variedade de copa Hamlin. Segundo Koo (1988), os valores de *ratio* são influenciados positivamente pela presença de P e foram observados maiores teores deste nutriente nas folhas da laranja Hamlin, em relação às folhas de laranja Valência (Tabela 9).

Conforme citado por Figueiredo (1991), para a variedade de copa Valência, é comum encontrar valores de SST, ATT, *ratio* e % de suco, em torno de, respectivamente, 11,8 $^{\circ}$ Brix; 1,05 %, 11,2 e 50 %. Neste ensaio, para as duas safras estudadas, foram observados menores valores de SST ($^{\circ}$ Brix) e ATT e maiores valores de *ratio* e % de suco (Tabelas 23 e 24), em relação aos dados citados por Figueiredo.

Para a variedade de copa Hamlin, Pozzan & Tribone (2005) comentam que esta variedade possui baixo volume de suco, ao redor de 50% e valores de SST em torno de 11,0 $^{\circ}$ Brix. Comparando os resultados daqueles autores com os obtidos para a laranja Hamlin na safra 2007/2008, foram encontrados menores valores de SST ($^{\circ}$ Brix) e de % de suco (Tabela 23) e para safra 2008/2009 foram observados maiores valores de SST ($^{\circ}$ Brix) e de % de suco (Tabela 24).

Nas duas safras estudadas os valores de produção da laranja Hamlin foram sempre baixos, as máximas produções, observadas no tratamento T3 na safra 2007/2008 e no tratamento T4 na safra 2008/2009, foram de respectivamente, 68,4 e 94,2 kg de frutos por planta (Tabelas 23 e 24). Tazima et al. (2009) obtiveram valores de produção para esta variedade em torno de 218,1 kg de frutos por planta no estado do Paraná. Tubelis & Salibe (1989) observaram produções de 136,9 kg planta^{-1} , na região de Botucatu/SP. Pompeu Júnior & Salibe (2002) encontraram valores de 181,7 kg de frutos por planta em Cordeirópolis/SP. Porém, em todos estes ensaios, a massa do fruto foi inferior aos observados nas safras 2007/2008 e 2008/2009.

Duenhas et al. (2002), trabalhando com três doses de N, P e K via fertirrigação, observaram que a produção de laranja Valência não apresentou resultados significativos em relação aos tratamentos, porém alcançou valores médios em torno de 55,6 t ha⁻¹ na máxima dose de N, P e K, resultado superior ao observado neste ensaio em ambas as safras estudadas.

Os baixos valores de produção, observados em ambas as variedades e safras, se devem, provavelmente, aos problemas de acidificação observados no solo e na solução do solo, gerados pelos tratamentos aplicados. Os baixos valores de pH encontrados nos tratamentos que receberam as maiores doses de N, P e K alteraram a dinâmica dos nutrientes no solo e na solução do solo (Tabelas 3 a 8) e isso refletiu de forma direta na planta (Tabelas 9 e 10) e, conseqüentemente na produção (Tabelas 23 e 24). Segundo Rajj (1991) as condições de acidez elevada não são favoráveis ao desenvolvimento da maioria das culturas.

A leitura SPAD e a concentração de N e K na folha, seiva e solução do solo apresentaram correlação positiva com a produção em ambas as safras e variedades (Figuras 30 a 33).

Tabela 23. Quantificação da produção e qualidade dos frutos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, em relação aos tratamentos, na safra 2007/2008.

| Tratamento | Número (Frutos planta ⁻¹) | Peso Fruto (g) | Produção (t ha ⁻¹) | Caixas planta ⁻¹ (caixa de 40,8 kg) | SST °Brix | ATT (%) | Ratio SST/ATT | Suco (%) | SST (kg ex ⁻¹) ^(a) | SST (kg ha ⁻¹) |
|-----------------|--|-------------------|-----------------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------------------|
| Valência | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 200 | 246,5 | 17,6 | 1,2 | 10,6 | 0,63 | 16,8 | 57,8 | 2,49 | 1075 |
| T2 (25%) | 204 | 248,0 | 18,1 | 1,2 | 10,5 | 0,63 | 17,1 | 61,1 | 2,62 | 1157 |
| T3 (50%) | 294 | 243,3 | 25,6 | 1,8 | 9,9 | 0,60 | 16,5 | 58,0 | 2,36 | 1464 |
| T4 (100%) | 248 | 236,9 | 21,1 | 1,4 | 10,2 | 0,61 | 16,8 | 59,1 | 2,46 | 1244 |
| T5 (200%) | 301 | 235,0 | 25,3 | 1,7 | 10,2 | 0,60 | 17,2 | 66,2 | 2,76 | 1688 |
| Teste F | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 5,7 ** | 1,0 ^{ns} | 3,7 * | 3,7 * | 1,9 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 2,6 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 7,8 ** |
| C.V. (%) | 16,2 | 4,7 | 18,4 | 18,4 | 3,8 | 10,4 | 10,6 | 7,2 | 3,8 | 13,5 |
| Regressão | L ** | L ^{ns} | L * | L * | Q ^{ns} | L ^{ns} | Q ^{ns} | L * | L ^{ns} | L ** |
| R ² | 0,55 | 0,84 | 0,47 | 0,47 | 0,57 | 0,64 | 0,52 | 0,69 | 0,35 | 0,72 |
| Tukey (Var.) | 250 a | 241,9 a | 21,5 a | 1,5 a | 10,3 a | 0,61 a | 16,9 a | 60,5 a | 2,54 a | 1326 a |
| Hamlin | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 214 | 232,7 | 17,8 | 1,2 | 8,4 | 0,48 | 17,4 | 43,3 | 1,48 | 636 |
| T2 (25%) | 251 | 230,7 | 20,6 | 1,4 | 8,7 | 0,49 | 17,6 | 39,4 | 1,39 | 705 |
| T3 (50%) | 302 | 226,6 | 24,0 | 1,6 | 8,9 | 0,52 | 16,9 | 43,9 | 1,60 | 973 |
| T4 (100%) | 297 | 223,0 | 23,3 | 1,6 | 9,0 | 0,51 | 17,8 | 45,1 | 1,65 | 953 |
| T5 (200%) | 265 | 230,3 | 21,7 | 1,5 | 8,7 | 0,53 | 16,5 | 47,8 | 1,70 | 903 |
| Teste F | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 1,5 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 2,4 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 6,8 ** | 4,4 * | 2,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 22,0 | 4,0 | 20,4 | 20,4 | 3,4 | 7,3 | 6,4 | 5,4 | 7,7 | 25,6 |
| Regressão | Q * | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q ^{ns} | Q * | L ^{ns} | L ^{ns} | L ** | L ** | Q ^{ns} |
| R ² | 0,88 | 0,96 | 0,84 | 0,84 | 0,98 | 0,59 | 0,41 | 0,67 | 0,68 | 0,83 |
| Tukey (Var.) | 266 a | 228,6 b | 21,5 a | 1,5 a | 8,7 b | 0,51 b | 17,3 a | 43,9 b | 1,56 b | 834 b |

C.V. - coeficiente de variação, (***) significativo a 1%, (*) significativo a 5%, (^{ns}) não significativo, L - ajuste linear e Q - ajuste quadrático. Médias seguidas por letras iguais, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Var. - Variedade, SST - sólidos solúveis totais, ATT - acidez total titulável e ^(a) caixa de 40,8 kg.

Tabela 24. Quantificação da produção e qualidade dos frutos, para as variedades de copa Valência e Hamlin, em relação aos tratamentos, na safra 2008/2009.

| Tratamento | Número (Frutos planta ⁻¹) | Peso Fruto (g) | Produção (t ha ⁻¹) | Caixas planta ⁻¹ (caixa de 40,8 kg) | SST °Brix | ATT (%) | Ratio SST/ATT | Suco (%) | SST (kg cx ⁻¹) ^(a) | SST (kg ha ⁻¹) |
|-----------------|--|-------------------|-----------------------------------|---|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------------------|
| Valência | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 268 | 223,5 | 21,2 | 1,5 | 10,9 | 0,90 | 12,2 | 59,8 | 2,67 | 1407 |
| T2 (25%) | 303 | 250,4 | 27,1 | 1,9 | 10,9 | 0,84 | 13,1 | 58,9 | 2,63 | 1744 |
| T3 (50%) | 319 | 238,2 | 27,3 | 1,9 | 10,9 | 0,87 | 12,5 | 59,4 | 2,63 | 1740 |
| T4 (100%) | 473 | 236,4 | 39,7 | 2,7 | 11,3 | 0,88 | 12,8 | 60,0 | 2,77 | 2713 |
| T5 (200%) | 395 | 233,2 | 32,7 | 2,2 | 11,4 | 0,89 | 12,8 | 59,8 | 2,79 | 2246 |
| Teste F | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 5,7 ** | 2,9 ^{ns} | 6,1 ** | 6,1 ** | 5,6 ** | 0,8 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 7,6 ** |
| C.V. (%) | 19,5 | 4,8 | 19,1 | 19,1 | 2,0 | 6,5 | 6,3 | 4,4 | 5,1 | 18,9 |
| Regressão | Q * | Q ^{ns} | Q ** | Q ** | L ** | Q ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | L ^{ns} | Q ** |
| R ² | 0,83 | 0,19 | 0,88 | 0,88 | 0,81 | 0,24 | 0,14 | 0,21 | 0,73 | 0,84 |
| Tukey (Var.) | 352 a | 236,3 a | 29,6 a | 2,1 a | 11,1 a | 0,88 a | 12,7 b | 59,6 a | 2,70 a | 1970 a |
| Hamlin | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 303 | 179,8 | 19,5 | 1,3 | 10,4 | 0,67 | 15,6 | 54,8 | 2,31 | 1112 |
| T2 (25%) | 310 | 183,3 | 20,4 | 1,4 | 10,2 | 0,66 | 15,3 | 54,2 | 2,25 | 1120 |
| T3 (50%) | 375 | 185,3 | 24,7 | 1,7 | 10,0 | 0,63 | 15,9 | 53,1 | 2,16 | 1315 |
| T4 (100%) | 514 | 183,2 | 33,5 | 2,3 | 10,7 | 0,76 | 14,1 | 55,3 | 2,42 | 1886 |
| T5 (200%) | 443 | 176,9 | 28,0 | 1,9 | 10,5 | 0,72 | 14,6 | 51,7 | 2,21 | 1521 |
| Teste F | | | | | | | | | | |
| Tratamento | 11,7 ** | 0,7 ^{ns} | 13,2 ** | 13,2 ** | 3,6 * | 4,9 * | 2,8 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 6,4 ** |
| C.V. (%) | 13,5 | 4,3 | 12,7 | 12,7 | 2,7 | 6,7 | 5,9 | 7,4 | 6,9 | 18,4 |
| Regressão | Q ** | Q ^{ns} | Q ** | Q ** | L ^{ns} | L * | L * | L ^{ns} | Q ^{ns} | Q ** |
| R ² | 0,87 | 0,90 | 0,87 | 0,87 | 0,21 | 0,35 | 0,43 | 0,44 | 0,11 | 0,80 |
| Tukey (Var.) | 389 a | 181,7 b | 25,2 a | 1,7 a | 10,4 b | 0,69 b | 15,1 a | 53,8 b | 2,27 b | 1391 b |

C.V. - coeficiente de variação, (***) significativo a 1%, (*) significativo a 5%, (^{ns}) não significativo, L - ajuste linear e Q - ajuste quadrático. Médias seguidas por letras iguais, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Var. - Variedade, SST - sólidos solúveis totais, ATT - acidez total titulável e ^(a) caixa de 40,8 kg.

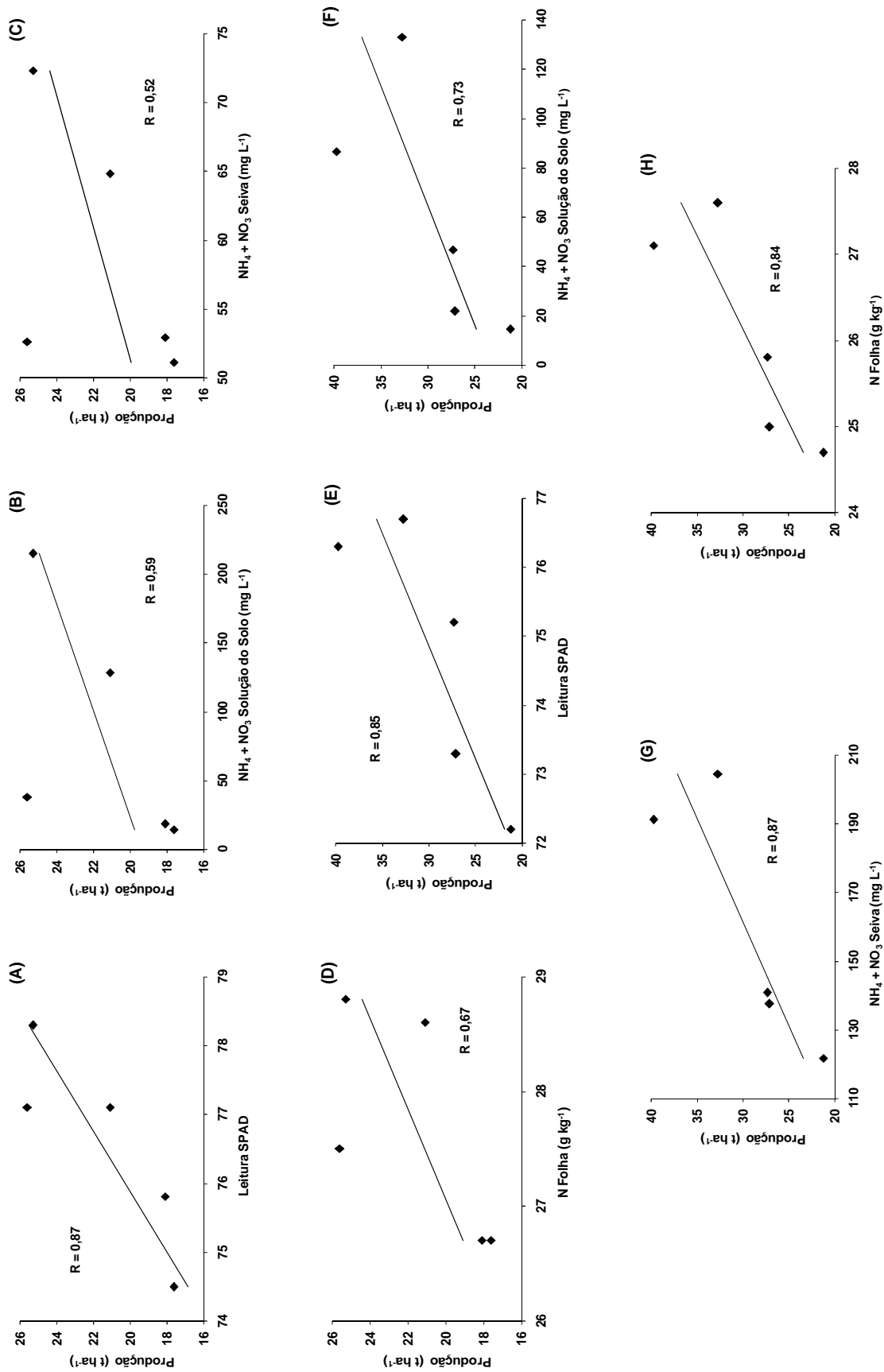


Figura 30. Correlação entre a produção e os valores de leitura SPAD (A e E), nitrogênio na solução do solo (B e F), na seiva (C e G) e na folha (D e H), para a variedade de copa Valência: (A, B, C e D) safra 2007/2008 e (E, F, G e H) safra 2008/2009.

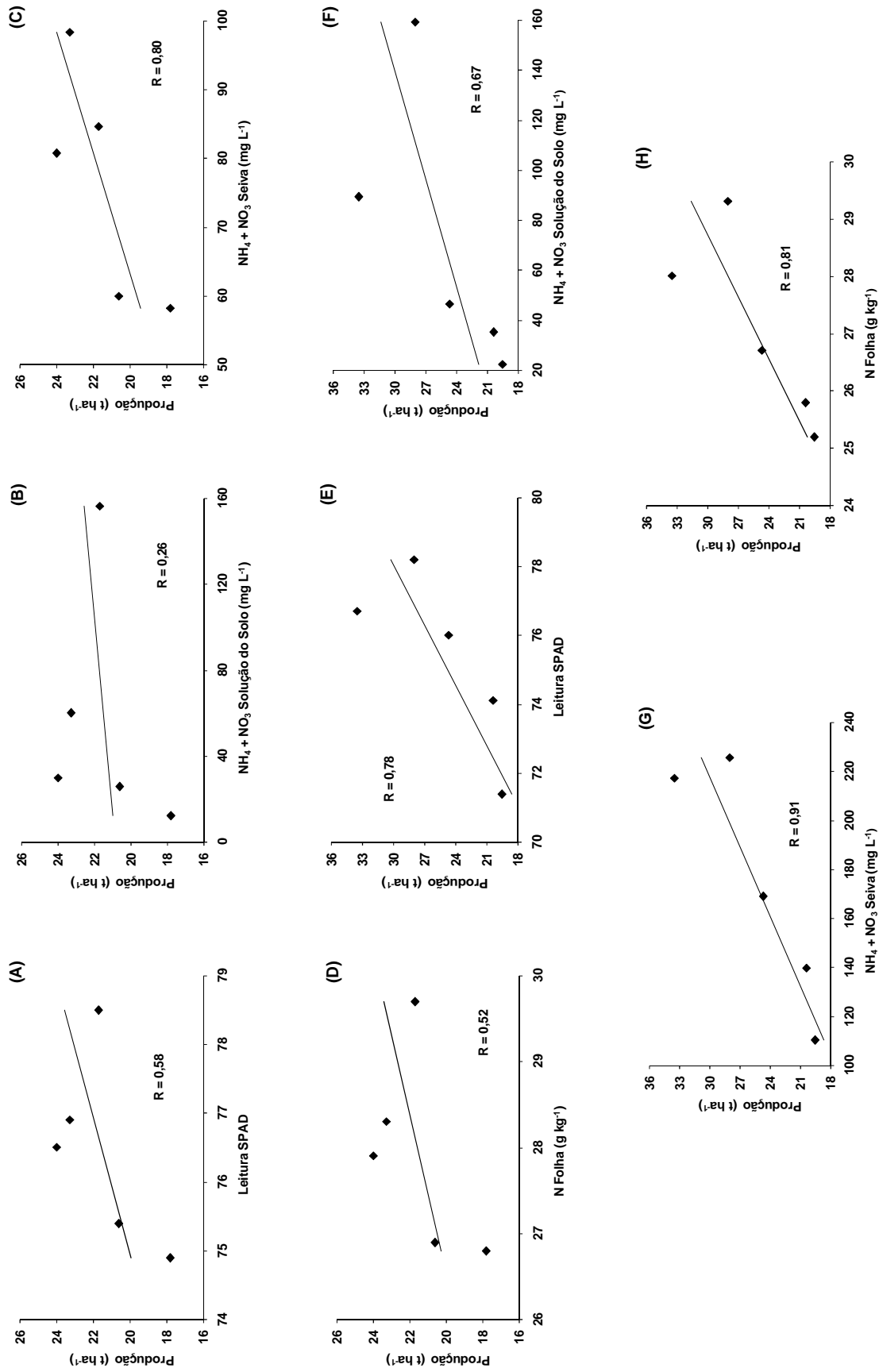


Figura 31. Correlação entre a produção e os valores de leitura SPAD (A e E), nitrogênio na solução do solo (B e F), na seiva (C e G) e na folha (D e H), para a variedade de copa Hamlin: (A, B, C e D) safra 2007/2008 e (E, F, G e H) safra 2008/2009.

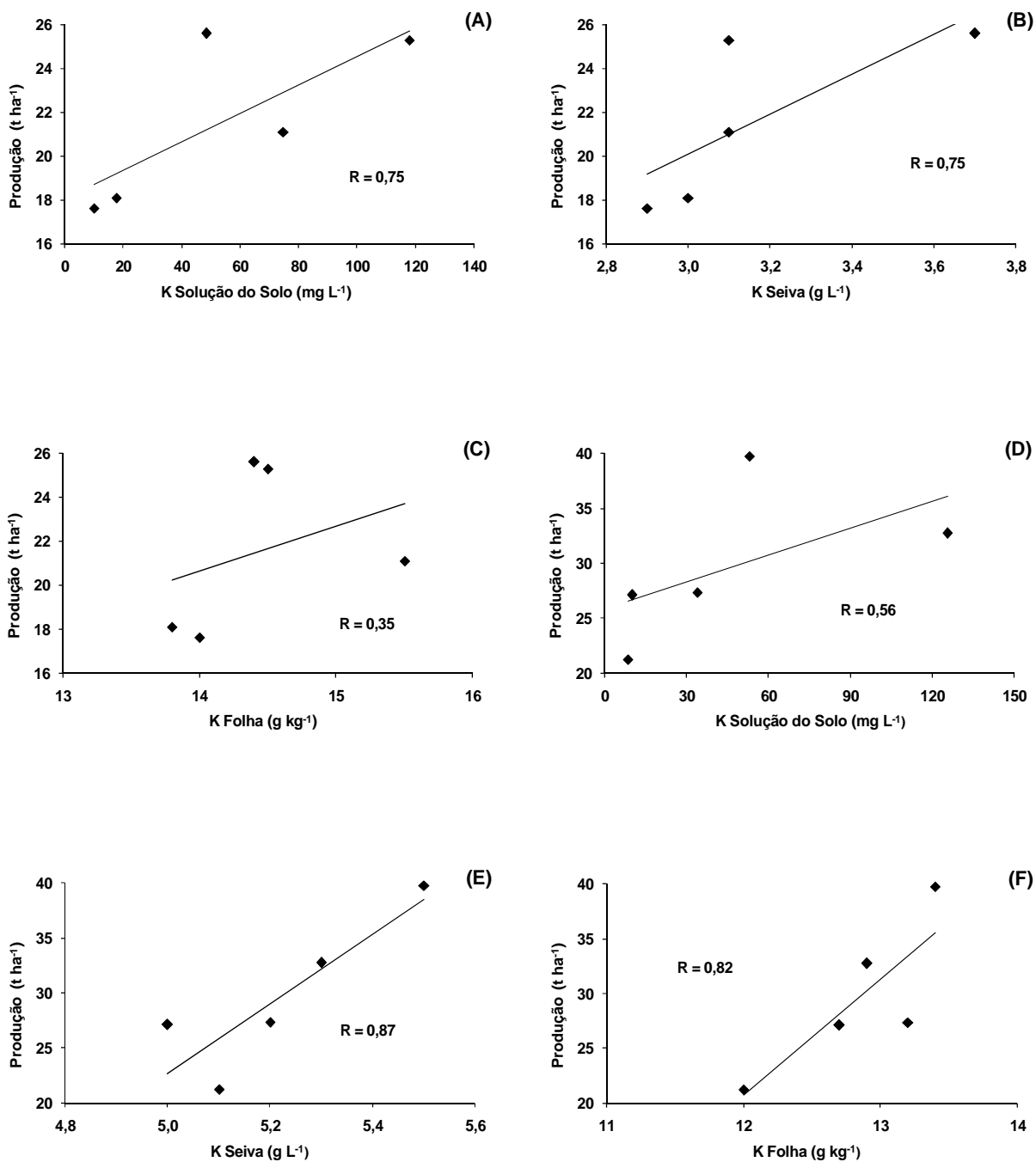


Figura 32. Correlação entre a produção e os teores de potássio na solução do solo (A e D), na seiva (B e E) e na folha (C e F), para a variedade de copa Valência: (A, B e C) safra 2007/2008 e (D, E e F) safra 2008/2009.

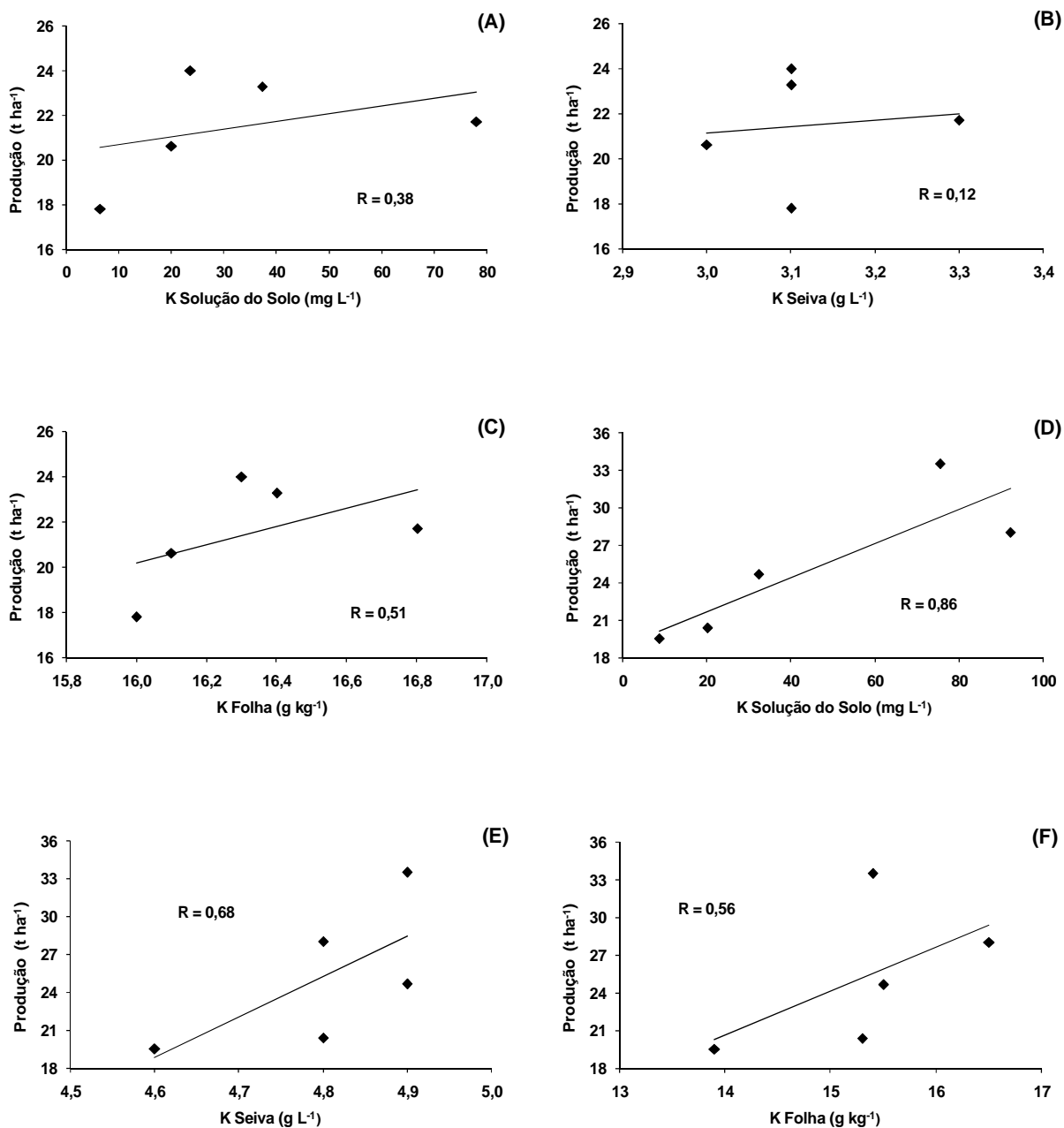


Figura 33. Correlação entre a produção e os teores de potássio na solução do solo (A e D), na seiva (B e E) e na folha (C e F), para a variedade de copa Hamlin: (A, B e C) safra 2007/2008 e (D, E e F) safra 2008/2009.

5. CONCLUSÕES

- O aumento das doses de N, P e K (fontes: nitrato de amônio, ácido fosfórico e cloreto de potássio) aplicadas via fertirrigação por gotejo ocasionaram: diminuição do pH, aumento da condutividade elétrica, dos teores de amônio, nitrato, fósforo, potássio, manganês e zinco na solução do solo, independente da variedade de laranja estudada.
- Nos meses com maiores precipitações existe potencial de perda por lixiviação de nitrato, potássio e boro na solução do solo.
- A seiva da planta, bem como a análise química do tecido foliar, foram modificadas com o aumento das doses de N, P e K aplicadas ao solo.
- A leitura SPAD se correlacionou de forma significativa com as diferentes doses de N, P e K aplicadas e com o teor de N na planta.
- Teores de N e K na seiva se correlacionaram de forma positiva com a concentração, respectivamente, de N e K nas folhas. Maior teor de nitrato foi observado na seiva da laranja Hamlin quando comparada a laranja Valência.

- A leitura SPAD e os teores de N, P e K na seiva e na folha apresentaram comportamentos distintos em relação aos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, para ambas as safras e variedades estudadas.
- Altos valores de N e K foram observados na seiva no início da safra e durante a maturação dos frutos.
- A seiva, por ser uma técnica de análise pontual, refletiu melhor o parcelamento da adubação e, também, foi mais afetada por parâmetros climáticos como precipitação e temperatura, quando comparada com a análise foliar.
- Na safra 2007/2008 a maior produtividade ocorreu no tratamento T3 (75, 25 e 70 kg ha⁻¹, respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O), e na safra 2008/2009 no tratamento T4 (130, 25 e 120 kg ha⁻¹, respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O).
- A qualidade do suco foi sempre superior na laranja Valência em relação à variedade de copa Hamlin. As diferentes doses de N, P e K aplicadas, não foram suficientes para provocar variações significativas na qualidade das frutas no período deste ensaio.
- O monitoramento da planta, através da medida indireta da clorofila e da análise de seiva, e da solução do solo, utilizando extratores de cápsula porosa, se mostraram técnicas promissoras para a cultura da laranja, podendo ser consideradas ferramentas auxiliares no manejo da fertirrigação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENAS, M. T. L.; MEJIAS, R. J.; TORRES, F. M. Estimation of the evolution in time of the salts of the soil solution by means of suction cups (compact disc). In: International Symposium on Water Quality on Greenhouse Horticulture, 1996. Almeria. **Proceedings**. Almeria: ICIA, ISHS, SECH, 1996.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 519-527, 2002

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p. 715-722, 2001.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas na cultura do alho vernalizado em resposta a adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.491-498, 2008.

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

BAR-YOUSEF, B. Fertilization under drip irrigation. In PALGRAVE, D. A. (Ed.) **Fluid fertilizer: science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 285-329.

BESSANEZI, R. B.; FERNANDES, N. G.; YAMAMOTO, P. T. **Morte Súbita dos Citros**. Araraquara: Fundecitrus, 54p. 2003.

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. 115p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VARVEL, G. E. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 934-8, 1994.

BONATO, C. M.; RUBIN FILHO, C. J.; MELGES, E.; SANTOS, V. D. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: Universidade Estadual do Maringá, 1998. 136 p.

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

BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; FURLANI JUNIOR, E.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Perspectiva de uso de métodos diagnósticos: medida indireta da clorofila. In: In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. **Nutrição mineral de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundunesp, 2008. p. 135-160.

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

CADAHÍA, C. **Fertirrigation: cultivos hortícolas y ornamentales**. (2° Ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 475p.

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.

CADAHÍA, C.; MARTÍN, I.; SENTIS, J. A. Fertirrigación racional da la vid. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. (3° Ed). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. p. 603-623.

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**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p. (Boletim Técnico nº 106).

CANTARELLA, H.; TRIVELLIN, P. C. O. Determinação do nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ Van, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p. 270-276.

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

CHAVES, C. D.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Especificação química da solução do solo para interpretação da absorção de cálcio e alumínio por raízes de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 447-453, 1991.

COLTMAN, R. R. Sampling considerations for nitrate quick tests of greenhouse-grown tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, n.6, p. 992-927, 1987.

COLTMAN, R. R. Yields of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate levels. **HortScience**, v. 23, n. 1, p. 148-151, 1988.

DASBERG, S.; BAR-AKIVA, A.; SPAZISKY, S.; COHEN, A. Fertigation versus broadcasting in an orange grove. **Fertilizer Research**, v. 15, n. 2, p.147-54, 1988.

COSTA, K. A. P.; FAQUIM, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1601-1607, 2008.

DAVIES, W. J.; ALBRIGO, L. G. **Citrus**. Wallingford: Cab Internacional, 1994, 254p.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMAB, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v 27, n. 150, p. 155 -162, 1980.

DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 110p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DOMÍNGUEZ, A.; MARTINEZ, E.; TRIGO, A.; ALONSO, D.; GARCÍA, R.; SÁNCHEZ, R.; GHORBEL, R.; TOMÁS, J. Dinámica foliar de elementos minerales en la variedad de mandarina “Clemenules”. **Levante Agrícola**, 4º trimestre, p. 388-392, 2007.

DOMÍNGUEZ, A.; MARTINEZ, E.; YBARRA, M.; TRIGO, A.; ALONSO, D.; SÁNCHEZ, R.; GARCÍA, R. Dinámica foliar de elementos minerales en La variedad de Clementina ‘Oronules’. **Levante Agrícola**, 2º trimestre, p. 129-132, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. **FAO/UFPA**, Campina Grande, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOU, H.; ALVA, A. K.; BONDADA, B. R. Growth and chloroplast ultrastructure of two citrus rootstock seedlings in response to ammonium and nitrate nutrition. **Journal Plant Nutrition**. v.22, p.1731-1744, 1999.

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*) ‘Valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.214-218, 2002.

DWYER, L.M. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Journal Plant Science**, 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: Embrapa, 1999. 412p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006, 401p.

FAGERIA, N. K.; BALIAGAR, V. C.; JONES, C. A. **Field crops and mineral nutrition**. In: Growth and mineral nutrition of field crops. 2nd edition, revised and expanded. Printed in the United States of American, 1997. p. 1-10.

FERREIRA, D .F. **Sisvar versão 4.2**. DEX/UFLA, 2003.

FIGUEIREDO, J. O. Variedades de copas de valor comercial. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.) **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.228-264.

FNP. Citrus laranja. **AGRIANUAL 2009: Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP mercado & perspectivas, 2009. p.267-284.

FONTES, R. L. F.; ABREU, C. A.; ABREU, M. F. Disponibilidade e avaliação de elementos aniônicos. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ Van, B.; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: FAPESP/POTAFOS, 2001. p.187-212.

FONTES, P. C. R.; RONCHI, C. P. Níveis críticos de índices de nitrogênio no tomateiro em solo e solução nutritiva determinados por diferentes procedimentos estatísticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1421-1429, 2002.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 611-615, 2002.

GIMENEZ, S. M. N.; CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A.; CRUCES, I. I. Toxicidade de cobre em mudas de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, n. 3, p. 361-366, 1992.

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

GODOY, L. J. G.; FERNANDES, D. M.; SOUTO, L. S.; VILLAS BOAS, R. L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.38-44, 2007.

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

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.

HERNANDEZ, F. B. T. Potencialidades de fertirrigação, In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. **Fertilizantes líquidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.215-225.

HERNANDO, V.; CADAHÍA, C. El análisis de savia como índice de fertilización. Estudio comparativo con el análisis foliar. **Manuales de Ciencia Actual C.S.I.C.**, 1973, n. 7, 167p.

HOAGLAND, D. R.; MARTIN, J. C.; STEWART, G. R. Relation of the soil solution to the soil extract. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, n. 5, p. 381-395, 1920.

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.

KLEINKOPF, G. E.; KLEINSCHMIDT, G. D.; WESTERMANN, D. T. **Tissue Analysis: A guide to nitrogen fertilization for russet burbank potatoes**. University of Idaho: College of Agriculture, 2000. (Current information series n.743)

KÖLLER, O. C.; **Citricultura: laranja, limão e tangerina**. Porto Alegre: Editora Rígel, 1994. p. 219-224.

KOO, R. C. J. Fertilization and irrigations effects on fruit quality. In: FERGUSON, J. J.; WARDOWISKI, W. F. (Ed.). **Factors affecting fruit quality: citrus short course**. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service, 1988. p. 34-42.

KOO, R. C. J.; REESE, R. L. Influence of fertility and irrigation. Treatments on fruit quality of Temple oranges. **Proceeding of the Florida State Horticultural Society**, v. 89, p. 49-51, 1976.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LAURINDO, V. T. **Interferência da fertirrigação, de lâminas e modos de aplicação localizada de água nos atributos químicos do solo e na produtividade da laranja Valência**. 2005. Dissertação (de Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2005.

LEGAZ, F.; SERNA, M. D.; MUÑOZ, N.; MARTIN, B.; PRIMO-MILLO, E. Alteración da la relación potasio/magnesio en la planta y en el medio de cultivo mediante el aporte de

magnesio en riego localizado por goteo. In: I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación, Moncada (Valencia), España. **Resumen**, 1997. p. 536-543.

LORENS, O. A.; MAYNARD, D. N. **Knott's Handbook for vegetables growers**. 3ª Ed. New York: John Wiley & Sons, 1988. 456p.

LOZANO, E. **Estudio comparativo de la deficiencia de boro y de calcio en cuatro variedades de *Lyopersicon esculentum* Mill**. Madrid. 1996. Tesis (Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid. 1996.

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

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 197-219.

MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; MACHADO, E. C.; SIQUEIRA, D. L. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005, p. 147-196.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. (4ª Ed). Switzerland: International Potash Institute, 1987. 687p.

MINOLTA CAMERA Co. Ltd. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Minolta Radiometric Instruments Div., Osaka, Japão, 1989. 22p.

MONTAG, U. J.; SHNEK, M. Principles of fertigation and their potential for global application. Disponível em: <http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBENV/Fertigb8.htm>.>. Acesso em: 16 maio 2003.

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

MORENO, V.; PRIETO, M. H.; MOÑINO, M. J.; LABRADOR, J. GARCÍA, M. I. Evaluación de métodos rápidos de análisis de nitrógeno y potasio en savia par seguimiento del estado nutricional de un cultivo de pimiento de pimentón (compact disc). In: X Congreso Nacional de Ciencias Hostícolas. 2003. Pontevedra, Sustratos-Fertilización. 2003.

MORENO, J.; GARCÍA-MATÍNEZ, J. L. Seasonal variation nitrogenous in the xylem sap Citrus. **Physiology Plant Copenhagen**, v. 59, p. 669-675, 1983.

OBREZA, T. A.; ZEKRI, M.; HANLON, E. A. Soil and leaf tissue testing. In: OBREZA, T. A; MORGAN, K. T. **Nutrition of Florida Citrus Trees**. 2º ed. University of Florida: IFAS Extension, 2008. p. 24-32.

OLIVEIRA, M. N.; OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A. Variação diurna e sazonal do pH e composição mineral da seiva do xilema em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.1, p.10-14, 2003.

PETERSON, T. A.; BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. **NebGuide: Using a chlorophyll meter to improve N management**. Lincoln, University of Nebraska, Cooperative Extension, Institute of Agricultural and Natural Resources, 1995. 5p.

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

PIRES, R. C. M.; LUCHIARI, D. J. F.; ARRUDA, F. B.; MOSSAK, I. Irrigação. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 369-408.

PRADO, H. **Solos do Brasil: genese, morfologia, classificação, levantamento, manejo**. (3ª Ed). Piracicaba: H. de Prado, 2003. 275p.

POMPEU JÚNIOR, J.; SALIBE, A. A. Porta-enxertos de laranjas-doces para laranja ‘Hamlin’ nucelar ou com exocorte. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 2, p. 427-438, 2002.

POZZAN, M.; TRIBONI, H. R.; Colheita e qualidade do fruto. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 801-822.

PURQUEIRO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 119p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 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 Agrônômico, 1997. p.121-153.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000. 111p.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 483 - 507.

QUIÑONES, A.; MARTINEZ-ALCÁNTARA, B.; PRIMO-MILLO E.; LEGAZ, F. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (I): N, P y K. **Levante Agrícola**, 4º trimestre, p. 380-385, 2007a.

QUIÑONES, A.; MARTINEZ-ALCÁNTARA, B.; GARCÉS MORA, M.; GONZÁLEZ-MAS, M. C.; CHI BACAB, U.; LEGAZ, F. Salinidad y fertilización nitrogenada (I).

Interacciones entre los aniones nitrato y cloruro en la planta. **Levante Agrícola**, 2º trimestre, p.212-222, 2007b.

RAGOSO, C. R. A.; BÜLL, L. T. Nutritional efficiency in citrus as influenced by fertigation. In: XTH International Colloquium for the Optimization of plant nutrition, Cairo, Egito, **Abstract**, p.229, 2000.

RAIJ, B. Van.; QUAGGIO, J. A. Extractable phosphorus availability indexes as affected by liming. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.21, n.13-16, p. 1267-1276, 1990.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres Potafos, 1991. 343p

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 Agrônômico, 1997. 285p.

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

RÊGO, I. C. **Calagem e gessagem num Latossolo Vermelho Escuro cultivado com laranja-pera, sobre limoeiro-cravo**. 1997. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1997.

REUTHER, W. Citrus. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, T. T. **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 409-439.

ROZANE, D. E.; VALE, D W.; SOUZA, H. A.; CORREIA, M. A. R.; PRADO, R. M. Introdução à nutrição mineral de plantas. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. **Nutrição mineral de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundunesp, 2008. p. 11-18.

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

SANZ, A.; MONERRI, C.; GONZÁLEZ-FERRER, J.; GUARDIOLA, J. L. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. **Physiologia Plantarum**, v.69, n.1, p.93-98, 1987.

SCHILL, V.; HARTUNG, W.; ORTHEN, B.; WEISENSEEL, M. H. The xylem sap of maple (*Acer platanoides*) trees-sap obtained by a novel method shows changes with season and height. **Journal Experimental of Botany**, v.47, p.123-133, 1996.

SEGURA, M. L.; CADAHÍA, C. Fertirrigacion de cultivos hortícolas. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigation: cultivos hortícolas y ornamentales**. (2º Ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. p. 345- 415.

SEMETHURST, P. J. Soil solution and other soil analyses as indicators of nutrient supply: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 138, n. 1/3, p. 397-411, 2000.

SHAAHAN, M. M.; EL-SAYED, A. A.; ABOU EL-NOUR, E. A. A. Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status some perennial crops using a portable chlorophyll meter. **Horticultural Science**, v. 82, p. 339-348, 1999.

SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H.; COELHO, R. D. Determinação da salinidade do solo utilizando extratores de cápsulas porosas e soluções diluídas. (compact disc.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola 28, Pelotas, 1999. **Anais**. Pelotas: SBEA, 1999.

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

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p. 1083-1087, 2003.

SMITH, P. Leaf analyses of citrus. In: CHILDERS, N. F. (Ed.). **Nitrition of fruit crops**. New Jersey: Somerset Press, 1966. p. 208-228.

SOUZA, T. R. **Dinâmica de nutrientes no perfil do solo em sistemas de adubação sólida e fertirrigação na citricultura**. 2006. 91p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2006.

SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FERNANDES, D. M.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G. Variação da medida SPAD, determinada pelo clorofilômetro em um pomar de citros fertirrigado. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado RS, 2007, CD-ROM.

STOKING, C.R.; ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, v. 49, p. 284-289, 1962.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TAZIMA, Z. H.; NEVES, C. S. V. J.; STENZEL, N. M. C.; YADAR, I. F. U.; LEITE JUNIOR, R. P. Produção e qualidade de frutos de cultivares de laranja doce no nordeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 474-479, 2009.

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

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

TSAI, S. M.; BARAIBAR, A. V. L.; ROMANI, V. L. M. Efeitos de fatores do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1992. p. 59-72.

TUBELIS, A.; SALIBE, A. A. Estimativa de safra de laranja 'Hamlin' em cinco porta-enxertos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 10, n. 2, p. 531-543, 1989.

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

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. **Fertilizantes Fluidos**. Piracicaba: POTAFÓS, 1994. p. 283-308.

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.

VILLAS BOAS, R. L.; OLIVEIRA, M. V. A. M.; MOTA, P. R. D.; BETTINI, M. O. Agricultura fertirrigada avança no Brasil. **AGRIANUAL 2005: Anuário da Agricultura Brasileira**. Ed. Argos Comunicação, 2005. p. 54-57.

VITTI, G. C. Calagem e adubação de citros. **Informações Agronômicas**, v. 48 p. 1-3, 1989.

WOLT, J. D. **Soil solution chemistry: applications to environmental science na agriculture**. New York: Wiley, 1994. 345p.

APÊNDICES

Apêndice 1. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Valência, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em maio de 2007.

| Tratamento | pH CaCl ₂ | MO g dm ⁻³ | P _{resina} mg dm ⁻³ | H+Al | K | Ca mmol _c dm ⁻³ | Mg | SB | CTC | V % | B | Cu | Fe mg dm ⁻³ | Mn | Zn | | | | |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|------|-------------------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 ^{ns} | 10,3 | 1,5 ^{ns} | 12,6 |
| Prof. 0-20 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,1 | 10,9 | 58 | 20 | 1,9 | 13 | 6 | 21 | 41 | 51 | 0,7 | 1,9 | 25,9 | 12,5 | 3,6 | | | | |
| T2 (25%) | 4,9 | 10,0 | 51 | 22 | 1,8 | 11 | 6 | 18 | 41 | 46 | 0,8 | 1,6 | 31,9 | 14,5 | 4,9 | | | | |
| T3 (50%) | 4,9 | 8,8 | 45 | 21 | 2,1 | 11 | 6 | 19 | 40 | 48 | 0,8 | 1,6 | 22,7 | 10,5 | 3,1 | | | | |
| T4 (100%) | 4,9 | 9,4 | 39 | 21 | 2,4 | 10 | 5 | 18 | 39 | 46 | 0,6 | 1,5 | 27,2 | 16,7 | 4,2 | | | | |
| T5 (200%) | 5,0 | 10,0 | 42 | 20 | 2,2 | 11 | 7 | 20 | 40 | 50 | 0,7 | 1,2 | 35,8 | 12,2 | 3,2 | | | | |
| Teste F | 0,1 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 2,6 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 2,6 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 1,8 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | | | | |
| C.V. (%) | 10,3 | 12,6 | 34,4 | 26,9 | 14,4 | 33,8 | 25,9 | 27,5 | 4,42 | 26,8 | 19,9 | 19,8 | 42,0 | 27,3 | 47,8 | | | | |
| Regressão / R ² | Q ^{ns} /0,94 | Q ^{ns} /0,91 | L ^{ns} /0,85 | Q ^{ns} /0,45 | L [*] /0,51 | L ^{ns} /0,51 | L ^{ns} /0,30 | Q ^{ns} /0,68 | L ^{ns} /0,43 | Q ^{ns} /0,70 | L ^{ns} /0,15 | L ^{**} /0,91 | Q ^{ns} /0,45 | L ^{ns} /0,03 | Q ^{ns} /0,18 | | | | |
| Prof. 20-40 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,6 | 8,1 | 42 | 23 | 1,6 | 8 | 4 | 13 | 36 | 37 | 0,8 | 0,8 | 31,9 | 14,2 | 3,2 | | | | |
| T2 (25%) | 4,6 | 8,9 | 52 | 24 | 1,6 | 10 | 4 | 16 | 40 | 41 | 0,8 | 1,1 | 35,9 | 14,6 | 2,9 | | | | |
| T3 (50%) | 4,3 | 8,6 | 45 | 26 | 1,5 | 8 | 4 | 13 | 39 | 34 | 0,8 | 1,1 | 30,8 | 17,6 | 3,5 | | | | |
| T4 (100%) | 4,5 | 8,8 | 47 | 25 | 2,1 | 9 | 4 | 14 | 39 | 37 | 0,8 | 1,0 | 37,0 | 18,9 | 3,8 | | | | |
| T5 (200%) | 4,9 | 9,7 | 82 | 25 | 2,5 | 23 | 7 | 32 | 57 | 51 | 0,8 | 1,3 | 35,4 | 19,6 | 6,2 | | | | |
| Teste F | 0,5 ^{ns} | 2,0 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 5,9 ^{**} | 1,8 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 5,2 [*] | 0,7 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 3,7 [*] | | | | |
| C.V. (%) | 13,4 | 9,3 | 76,1 | 27,1 | 19,1 | 81,6 | 67,8 | 69,8 | 17,5 | 40,6 | 11,9 | 25,6 | 31,0 | 34,7 | 35,1 | | | | |
| Regressão / R ² | Q ^{ns} /0,66 | L [*] /0,71 | L ^{ns} /0,55 | L ^{ns} /0,48 | L ^{ns} /0,74 | L ^{ns} /0,48 | L ^{ns} /0,44 | L ^{ns} /0,49 | L ^{**} /0,59 | Q ^{ns} /0,70 | L ^{ns} /0,28 | L ^{ns} /0,62 | L ^{ns} /0,23 | L ^{ns} /0,94 | L ^{**} /0,71 | | | | |
| Prof. 40-60 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,3 | 6,3 | 18 | 23 | 1,7 | 6,3 | 3 | 11 | 34 | 32 | 0,9 | 0,5 | 23,6 | 13,2 | 2,3 | | | | |
| T2 (25%) | 4,2 | 7,3 | 18 | 27 | 1,5 | 5,5 | 2 | 9 | 37 | 27 | 0,8 | 0,5 | 26,8 | 14,7 | 1,7 | | | | |
| T3 (50%) | 3,9 | 6,9 | 23 | 30 | 1,2 | 3,7 | 2 | 6 | 36 | 18 | 0,8 | 0,5 | 28,1 | 15,5 | 1,9 | | | | |
| T4 (100%) | 4,1 | 7,6 | 28 | 27 | 1,6 | 5,8 | 3 | 10 | 38 | 28 | 0,8 | 0,6 | 32,0 | 18,8 | 1,9 | | | | |
| T5 (200%) | 4,2 | 7,8 | 31 | 28 | 2,3 | 6,6 | 3 | 12 | 39 | 29 | 0,8 | 0,7 | 28,7 | 19,1 | 3,0 | | | | |
| Teste F | 0,8 ^{ns} | 3,0 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 4,6 [*] | 1,0 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 2,6 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | | | | |
| C.V. (%) | 7,8 | 10,0 | 70,0 | 19,3 | 22,3 | 41,4 | 43,9 | 36,4 | 6,9 | 37,9 | 9,9 | 27,9 | 25,4 | 32,4 | 49,6 | | | | |
| Regressão / R ² | Q ^{ns} /0,60 | L [*] /0,75 | L ^{ns} /0,96 | Q ^{ns} /0,74 | Q ^{**} /0,93 | Q ^{ns} /0,71 | Q ^{ns} /0,45 | Q ^{ns} /0,71 | L [*] /0,80 | Q ^{ns} /0,67 | Q ^{ns} /0,52 | L ^{ns} /0,94 | L ^{ns} /0,63 | L ^{ns} /0,94 | Q ^{ns} /0,92 | | | | |

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

Apêndice 2. Resultado da análise do solo, realizada na área da variedade de copa Hamlin, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em maio de 2007.

| Tratamento | pH CaCl ₂ | MO g dm ⁻³ | P _{resina} mg dm ⁻³ | H+Al | K | Ca mmol _c dm ⁻³ | Mg mmol _c dm ⁻³ | SB | CTC | V % | B | Cu | Fe mg dm ⁻³ | Mn | Zn |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-----------------------|-------------------|--|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. 0-20 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 5,1 | 10 | 55 | 18 | 1,8 | 16 | 5 | 23 | 41 | 56 | 0,6 | 1,8 | 20,3 | 20,3 | 5,1 |
| T2 (25%) | 4,9 | 10 | 72 | 21 | 1,5 | 14 | 5 | 20 | 41 | 49 | 0,6 | 2,0 | 25,4 | 17,8 | 5,7 |
| T3 (50%) | 4,8 | 10 | 73 | 22 | 1,7 | 14 | 5 | 21 | 43 | 47 | 0,6 | 1,7 | 31,9 | 16,7 | 5,3 |
| T4 (100%) | 4,7 | 8 | 81 | 23 | 1,7 | 12 | 4 | 17 | 40 | 43 | 0,7 | 1,6 | 35,8 | 16,6 | 5,1 |
| T5 (200%) | 4,8 | 9 | 71 | 21 | 2,4 | 14 | 4 | 20 | 41 | 49 | 0,7 | 2,1 | 29,4 | 17,4 | 5,6 |
| Teste F | 0,6 ^{ns} | 1,2 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 6,3 ^{**} | 0,4 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 0,4 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 0,1 ^{ns} |
| C.V. (%) | 9,3 | 12,5 | 26,6 | 21,8 | 14,9 | 32,4 | 37,3 | 28,1 | 7,1 | 24,2 | 11,5 | 21,9 | 0,47 | 21,1 | 42,8 |
| Regressão / R ² | L ^{ns} /0,67 | L ^{ns} /0,41 | L ^{ns} /0,47 | Q**/0,98 | Q**/0,85 | L ^{ns} /0,74 | L ^{ns} /0,81 | L ^{ns} /0,40 | Q**/0,19 | L ^{ns} /0,47 | Q**/0,59 | Q**/0,26 | L ^{ns} /0,57 | L ^{ns} /0,55 | L ^{ns} /0,08 |
| Prof. 20-40 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,8 | 9 | 57 | 22 | 1,6 | 14 | 4 | 19 | 40 | 47 | 0,8 | 1,2 | 26,0 | 22,4 | 5,2 |
| T2 (25%) | 4,8 | 8 | 72 | 22 | 1,7 | 14 | 4 | 19 | 41 | 47 | 0,8 | 1,1 | 26,1 | 18,4 | 5,6 |
| T3 (50%) | 4,9 | 9 | 56 | 21 | 1,8 | 12 | 4 | 18 | 39 | 46 | 0,7 | 1,0 | 25,7 | 19,7 | 4,2 |
| T4 (100%) | 4,7 | 8 | 60 | 22 | 1,9 | 12 | 4 | 18 | 40 | 45 | 0,7 | 1,1 | 29,5 | 19,6 | 3,8 |
| T5 (200%) | 4,8 | 8 | 60 | 22 | 2,8 | 14 | 4 | 21 | 43 | 48 | 0,8 | 1,0 | 23,3 | 23,2 | 4,4 |
| Teste F | 0,1 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 4,0 [*] | 0,2 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 5,9 ^{**} | 0,3 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 1,5 ^{ns} |
| C.V. (%) | 7,1 | 7,0 | 38,3 | 15,8 | 23,8 | 30,2 | 35,4 | 26,4 | 11,9 | 19,0 | 8,3 | 27,4 | 29,6 | 28,2 | 24,5 |
| Regressão / R ² | L ^{ns} /0,47 | L ^{ns} /0,57 | Q**/0,10 | Q**/0,43 | L**/0,73 | L ^{ns} /0,63 | L ^{ns} /0,48 | Q**/0,72 | Q**/0,71 | Q**/0,63 | Q**/0,93 | L ^{ns} /0,93 | Q**/0,28 | Q**/0,86 | L ^{ns} /0,52 |
| Prof. 40-60 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 (0%) | 4,6 | 7 | 21 | 22 | 1,4 | 9 | 3 | 13 | 34 | 38 | 0,8 | 0,4 | 19,7 | 19,5 | 2,5 |
| T2 (25%) | 4,5 | 8 | 39 | 25 | 1,6 | 10 | 3 | 14 | 38 | 37 | 0,8 | 0,9 | 25,1 | 17,3 | 4,7 |
| T3 (50%) | 4,6 | 8 | 35 | 22 | 1,4 | 10 | 3 | 15 | 36 | 40 | 0,7 | 0,6 | 24,6 | 18,5 | 2,7 |
| T4 (100%) | 4,7 | 9 | 46 | 23 | 1,5 | 12 | 4 | 17 | 41 | 43 | 0,9 | 0,6 | 28,9 | 23,9 | 3,6 |
| T5 (200%) | 4,5 | 8 | 31 | 23 | 2,3 | 10 | 3 | 15 | 38 | 40 | 0,8 | 0,6 | 22,3 | 22,4 | 3,7 |
| Teste F | 0,2 ^{ns} | 2,5 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 0,2 ^{ns} | 9,2 ^{**} | 0,8 ^{ns} | 0,8 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 2,5 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 3,7 [*] | 1,5 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 1,4 ^{ns} |
| C.V. (%) | 8,6 | 9,7 | 37,7 | 21,9 | 15,2 | 27,2 | 36,1 | 24,1 | 7,7 | 25,9 | 10,0 | 45,9 | 30,8 | 32,2 | 43,8 |
| Regressão / R ² | Q**/0,13 | Q**/0,79 | Q**/0,75 | L ^{ns} /0,07 | Q**/0,82 | L ^{ns} /0,38 | L ^{ns} /0,38 | L ^{ns} /0,58 | L ^{ns} /0,50 | L ^{ns} /0,45 | L ^{ns} /0,10 | Q**/0,25 | Q**/0,74 | L ^{ns} /0,50 | L ^{ns} /0,06 |

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