

CHARLES DE ARAUJO

**CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO TOMATEIRO EM  
AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO**

Tese apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de 'Doctor Scientiae'.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A663c  
2004

Araujo, Charles de, 1973-

Crítérios para o manejo da adubação nitrogenada do  
tomateiro em ambiente protegido e no campo / Charles  
de Araujo. – Viçosa : UFV, 2004.

x, 220f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tomate - Nutrição. 2. Tomate - Adubação. 3. Nitro-  
gênio como fertilizante. 4. Solos - Análise. 5. Solos -  
Teor de nitrogênio. I. Universidade Federal de Viçosa.

II. Título.

CDD 20.ed. 635.6428911

CHARLES DE ARAUJO

**CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO TOMATEIRO EM  
AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO**

Tese apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de 'Doctor Scientiae'.

Aprovada em: 4 de outubro de 2004.



Prof. Carlos Siqueyuki Sedyama  
(Conselheiro)



Prof. Maurício Bernardes Coelho  
(Conselheiro)



Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes



Dra. Maria Aparecida Nogueira Sedyama



Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes  
(Orientador)

À minha esposa Solange, com muito amor.  
E à minha princesinha Maria Luiza.

DEDICO.

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes, pela orientação, pela amizade e pelas conversas que tanto me enriqueceram. A quem tenho grande estima e admiração.

Aos professores Carlos Sigueyuki Sedyama e Maurício Bernardes Coelho pelo aconselhamento e sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Renildes Lúcio Ferreira Fontes e a Dra. Maria Aparecida Nogueira Sedyama pelas sugestões e pelos esclarecimentos.

Aos funcionários da UFV, em especial ao Domingos Sávio, Itamar e Mara, pelo apoio técnico.

Aos funcionários da Horta do Departamento de Fitotecnia, pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos Rogério e Fernanda, pela amizade, pela convivência e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo José Márcio, pela amizade e grande ajuda no decorrer dos experimentos de campo.

À meus pais, Adil e Maria, com muito orgulho.

À minha avó Matilde, por tudo que representa para mim.

À todos que contribuíram, de alguma forma, para que este trabalho se concretizasse.

## **BIOGRAFIA**

CHARLES DE ARAUJO, filho de Adil Motta de Araujo e Maria Lourdes de Araujo, nasceu em 05 de junho de 1973, em Guaraniaçu, Paraná.

Em março de 1993, iniciou o Curso de Agronomia, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados-MS, diplomando-se em dezembro de 1997.

Em março de 1998, iniciou o Curso de Mestrado em Produção Vegetal, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados-MS, defendendo tese em 25 de fevereiro de 2000.

De abril a agosto de 2000 trabalhou como bolsista de treinamento técnico da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária e Ambiental (FUNDAPAM) em convênio com o Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, em Campo Grande-MS.

Em setembro de 2000, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, defendendo tese em 4 de outubro de 2004.

## CONTEÚDO

	Página
EXTRATO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVO GERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
DIAGNÓSTICO DO ESTADO NUTRICIONAL NITROGENADO E PROGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO, EM FUNÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	4
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS.....	42
4. DISCUSSÃO.....	62
5. CONCLUSÕES.....	68
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ESTRATÉGIAS DE AMOSTRAGEM DO SOLO PARA DETERMINAÇÃO DO NITRATO RESIDUAL NO TOMATEIRO FERTIRRIGADO E ADUBADO EM SULCOS.....	72
RESUMO.....	72
ABSTRACT.....	73
1. INTRODUÇÃO.....	75
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	76
3. RESULTADOS.....	80
4. DISCUSSÃO.....	91
5. CONCLUSÕES.....	94
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

PRODUÇÃO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO, EM FUNÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA..	98
RESUMO.....	98
ABSTRACT.....	99
1. INTRODUÇÃO.....	100
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	102
3. RESULTADOS.....	107
4. DISCUSSÃO.....	154
5. CONCLUSÕES.....	162
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162
EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO PELO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO, EM FUNÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	167
RESUMO.....	167
ABSTRACT.....	168
1. INTRODUÇÃO.....	169
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	171
3. RESULTADOS.....	176
4. DISCUSSÃO.....	190
5. CONCLUSÕES.....	196
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197
RESUMO E CONCLUSÕES.....	200
APÊNDICE.....	203

## EXTRATO

ARAUJO, Charles de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2004. **Critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido e no campo.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Conselheiros: Carlos Sigueyuki Sedyama e Maurício Bernardes Coelho.

Foram conduzidos cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido (A), com fertirrigação por gotejamento (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo (B) sem proteção com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> foram conduzidos no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e os experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). O objetivo do trabalho foi desenvolver e avaliar critérios baseados em características do solo e da planta e em recomendações de experimentos anteriores para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro cultivado em ambiente protegido e no campo. Os tratamentos foram: 1) dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); 3) igual ao tratamento 1 porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido através da utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na percentagem da dose fixa de N no experimento A – CIL<sub>1</sub> e na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QEFR); 7) doses de 50; 56; 56; 50 e

105 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 280 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, e 500 e 525 kg.ha<sup>-1</sup>, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, aplicadas parceladamente em cobertura a cada 14 dias (DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). Os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições. Em todos os experimentos e nos diferentes critérios o teor de N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada. Os critérios SPAD-1, PESF e DRTR proporcionaram maiores produtividade, retorno econômico e eficiência na recuperação do N derivado do fertilizante sendo os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido. No campo, os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada em relação à produtividade e ao retorno econômico foram SPAD-1, OVAP e DRCO. Além disso, os critérios SPAD-1 e OVAP proporcionaram maior eficiência de uso e de recuperação do N derivado do fertilizante, sendo, portanto, os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro no campo.

## ABSTRACT

ARAUJO, Charles de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, October 2004. **Criterion to management nitrogen fertilizer program in tomato plants in unheated greenhouse and field.** Advisor: Paulo Cezar Rezende Fontes. Committee Members: Carlos Sigueyuki Sedyama and Maurício Bernardes Coelho.

Five experiments were conducted, being three in unheated greenhouse (A), with drip fertigation (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) and two in field (B) without protection and solid fertilizer application and furrow irrigation (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). A – CIL<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments were carried out from January to May 2002 (summer-autumn/02) and A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL and B<sub>1</sub> experiments were carried out from September 2002 to January 2003 (spring/02-summer/03). The objective of the work was to develop and to evaluate criterions based in soil and plant traits and in prior experiment recommendations to management nitrogen fertilizer program of the tomato plant. The treatments were: 1) N rate of 50 kg.ha<sup>-1</sup> applied at transplant time and remaining N rate was sidedress applied, as necessary, using SPAD index critical level criterion to define necessity (SPAD-1); 2) the same as the prior treatment being used the SPAD index critical value increased in 20% (SPAD-2); 3) the same as treatment 1 but the value SPAD index critical value was decreased by 10% (SPAD-3); SPAD index was obtained by SPAD-502 chlorophyll portable meter use; 4) defined based upon fruit expected yield and soil and fertilizer contributions (PESF); 5) defined based upon in fixed N rate percentage in A – CIL<sub>1</sub> experiment and expected N amount in fruit and soil contribution, in A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments (QECS); 6) defined based upon expected N amount in fruit (QEFR); 7) N rates of 50, 56, 56, 50 and 105 kg.ha<sup>-1</sup> at the transplanting time, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub>

experiments, respectively, and the remaining N rates were sidedress applied, as necessary, using plant appearance visual observations to define the necessity (OVAP); 8) 280 kg.ha<sup>-1</sup> of N, the experimental recommended rate, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments; 500 and 525 kg.ha<sup>-1</sup> N rates in B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively; all rates were sidedress applied to every 14 days (DRCO); 9) same as the prior treatment, but all N as applied at the transplant time (DRTR); 10) without nitrogen fertilizer application (TEST). The experiments were evaluated in a randomized complete-block design with five replicates. In all experiments and with all treatments the soil residual N-NO<sub>3</sub> level was proportional to the amount of N applied. The criterions SPAD-1, PESF and DRTR provided higher yield, economic return and N recovery from fertilizer efficiency being the best criterions to management nitrogen fertilizer program in tomato plants in unheated greenhouse. In the field, the SPAD-1, OVAP and DRCO were the best criterions to management nitrogen fertilizer program related to fruit yield and economic return. Besides, the SPAD-1 and OVAP criterions provided the highest N use and recovery fertilizer efficiency, being, therefore, the best criterions to management nitrogen fertilizer program in tomato under field conditions.

## INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das hortaliças mais importante no mundo. A produção mundial em 2003 atingiu mais de 100 milhões de toneladas em área de 3,9 milhões de ha. O Brasil é o 8º maior produtor mundial de tomate, com área cultivada de 58.061 ha e produção de 3,4 milhões de toneladas, resultando em produtividade média de 59 t.ha<sup>-1</sup> (Agrianual, 2004).

Para a obtenção de alta produtividade e máximo retorno econômico, o tomateiro requer a utilização de práticas intensivas de manejo da água, pragas, desbrota, tutoramento e, principalmente, de nutrientes. Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) é um dos que mais limita o crescimento do tomateiro, sendo necessário tanto para formação da área foliar quanto para a produção de frutos. No Brasil, onde o ciclo do tomateiro dificilmente ultrapassa 160 dias, a dose de N, geralmente, tem sido definida de maneira empírica, baseando-se em experiências de produtores ou, com menor freqüência, em relações derivadas de doses aplicadas e produtividades da cultura. É possível encontrar tomaticultores utilizando 70,0 a 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N mineral, normalmente complementado pela aplicação de matéria orgânica.

A variação nas doses pode ser justificada por diversos fatores como: os critérios utilizados para defini-la, a cultivar utilizada, o tipo de irrigação, o regime pluviométrico, o modo de aplicação do fertilizante nitrogenado, a quantidade de matéria orgânica do solo, a cultura antecessora, o teor original de N mineral ou N-NO<sub>3</sub> no solo e o potencial de produção da cultura no sistema produtivo utilizado. Como resultado podem ocorrer condições de deficiência ou excesso de N. A deficiência de N resulta em plantas pouco desenvolvidas, com folhas verde-pálido ou amareladas e afinamento do caule e das folhas mais novas. O excesso de N acarreta acúmulo excessivo de N-NO<sub>3</sub> nos caules, pecíolos e folhas mais velhas que, mais tarde pode ser redistribuído na planta ou armazenado como N reduzido na lâmina foliar. Esse excesso de N resulta em

crescimento abundante das partes vegetativas, atraso na maturação dos frutos e redução na produtividade.

Além de reduzir a produtividade e aumentar o custo de produção da cultura, a aplicação de alta quantidade de fertilizante nitrogenado sem o conhecimento da capacidade de fornecimento do solo e do período de maior exigência do tomateiro concorre para a diminuição na eficiência de uso do N, que para a cultura do tomateiro, raramente ultrapassa 50%. Isto significa que pode haver aumento substancial da quantidade de N mineral que permanece no solo e do teor de N-NO<sub>3</sub> que pode ser perdido por lixiviação, desnitrificação ou volatilização. Tais processos ameaçam a qualidade das águas e do ambiente pela contaminação do lençol freático, representando sério problema em áreas de agricultura intensiva. Portanto, a determinação da quantidade correta de N a ser aplicada determina, em grande parte, o desenvolvimento da cultura, influenciando o crescimento, a partição de assimilados, a produção e a qualidade dos frutos do tomateiro, além de diminuir a poluição no meio ambiente.

Para evitar condições de deficiência ou excesso de N vários critérios podem ser utilizados para recomendação da dose de N a ser aplicada no tomateiro. Os principais são baseados na utilização de doses fixas de N, no potencial de produção da cultura e na disponibilidade de N mineral ou N-NO<sub>3</sub> do solo antes do transplante. Alternativamente, a quantidade de N pode ser estimada por meio de métodos utilizados no diagnóstico do estado nutricional nitrogenado da planta, especialmente aqueles que podem ser realizados no próprio campo, tais como: análise visual, análise do teor de N-NO<sub>3</sub> na seiva do pecíolo e análise do teor de clorofila na folha. Além da determinação da quantidade de N a ser aplicada, medidas como a aplicação parcelada e localizada do fertilizante, no momento de maior exigência de N pela cultura, também são necessárias para a otimização do manejo do fertilizante nitrogenado.

Embora existam medidas úteis na otimização do uso do fertilizante nitrogenado, faltam respostas e propostas concretas procurando determinar o potencial do solo em fornecer N às plantas e utilizar o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado como critério para o manejo da adubação nitrogenada no tomateiro.

## **OBJETIVO GERAL**

Desenvolver e avaliar critérios calcados em características de solo e/ou da planta para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro cultivado em ambiente protegido e no campo.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se atingir o objetivo geral da tese foram executados trabalhos experimentais que estão descritos em quatro capítulos.

O capítulo 1: “Diagnóstico do estado nutricional nitrogenado e prognóstico da produção do tomateiro em ambiente protegido e no campo, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada”, está detalhado nas páginas 4 a 71. Teve como objetivo específico determinar o efeito de diferentes critérios para manejo da adubação nitrogenada no estado nutricional nitrogenado e qual característica avaliada na folha adjacente ao terceiro cacho apresenta potencial de ser utilizada para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado e prognóstico da produção de frutos do tomateiro.

O capítulo 2: “Estratégias de amostragem para determinação do nitrato residual no solo após o cultivo do tomateiro fertirrigado e adubado em sulcos”, está detalhado nas páginas 72 a 97. Teve como objetivo específico determinar o efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada e do posicionamento de amostragem para a quantificação do N-NO<sub>3</sub> residual no solo cultivado com tomateiro fertirrigado e adubado por sulcos.

O capítulo 3: “Produção do tomateiro em ambiente protegido e no campo, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada”, está detalhado nas páginas 98 a 166. Teve como objetivo específico determinar os efeitos de critérios para o manejo da adubação nitrogenada sobre a produção do tomateiro em ambiente protegido e no campo.

O capítulo 4: “Eficiência de uso de nitrogênio pelo tomateiro em ambiente protegido e no campo, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada”, está detalhado nas páginas 167 a 199. Teve como objetivo específico determinar o efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro sobre a eficiência de uso do N e seus componentes e o balanço de entrada e saída de N.

Finalmente, nas páginas 200 a 202, encontram-se o resumo e conclusões da tese. Nas páginas 203 a 220, encontra-se o apêndice.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrianual 2004. **Tomate**. São Paulo: FNP – Consultoria & Agroinformativos, 2004. p.470-478.

## CAPÍTULO 1

### DIAGNÓSTICO DO ESTADO NUTRICIONAL NITROGENADO E PROGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO, EM FUNÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

#### RESUMO

O efeito de diferentes critérios para manejo da adubação nitrogenada no estado nutricional nitrogenado foi determinado. Além disso, foi determinada a característica da folha adjacente ao terceiro cacho que apresenta potencial de ser utilizada para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado e prognóstico da produção de frutos do tomateiro. Foram conduzidos cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido, com fertirrigação por gotejamento (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo sem proteção, com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> foram conduzidos no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e os experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). Em cada experimento foram estudados dez critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro. Os tratamentos foram baseados nos seguintes critérios: 1) dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); igual ao tratamento 1 porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido através da utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na percentagem da dose fixa de N no experimento A – CIL<sub>1</sub> e na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QEFR); 7) doses de 50; 56; 56; 50 e 105 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 280 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, e 500 e 525 kg.ha<sup>-1</sup>, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, aplicadas parceladamente

em cobertura a cada 14 dias (DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). Os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições no experimento A – CIL<sub>1</sub>, quatro no A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e três no A – CIL<sub>2</sub>. Nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>, após o aparecimento dos frutos do sétimo cacho, aos 84 dias após o transplante (DAT), foi coletada a folha adjacente a este (FASC), em cada planta da parcela. Nos experimentos seguintes, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> foi coletada a folha adjacente ao terceiro cacho (FATC), após o completo florescimento do mesmo. Na seiva dos pecíolos foi determinado o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por meio do medidor portátil de nitrato C-141 Cardy Nitrate Meter – HORIBA, INC., equipado com microeletrodo seletivo ao nitrato. Na mesma folha foi determinado o índice SPAD através das leituras com o medidor portátil de clorofila SPAD-502. Foram obtidos os pesos das matérias fresca e seca da folha. Na matéria seca foram determinados os teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot e os conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot. O diagnóstico do estado nutricional nitrogenado apresentou teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo e de N-tot na matéria seca da FATC, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, e índice SPAD e formas de N avaliadas na FATC, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, abaixo dos limites considerados adequados nos critérios SPAD-1, SPAD-3, OVAP e TEST. Nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, o índice SPAD e o peso da matéria seca da FATC, determinados após o completo florescimento do terceiro cacho, foram, respectivamente, as melhores características para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado e prognóstico da produção de frutos do tomateiro em ambiente protegido. Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, o índice SPAD da FATC, determinado após o completo florescimento do terceiro cacho, foi a melhor característica tanto para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado quanto para o prognóstico da produção de frutos do tomateiro no campo.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, nitrogênio, nitrato, fertirrigação, análise foliar, clorofilômetro, microeletrodo seletivo ao nitrato.

## ABSTRACT

### UNHEATED GREENHOUSE AND FIELD TOMATO PLANT NITROGEN NUTRITIONAL STATUS DIAGNOSIS AND YIELD PROGNOSTIC, AS FUNCTIONS OF CRITERIONS TO MANAGEMENT NITROGEN FERTILIZER PROGRAM

Nutritional nitrogen status diagnosis effect to different criterions to management nitrogen fertilizer program was determined. Besides, leaf trait was determined adjacent leaf to third cluster that potential presents of being used to nutritional nitrogen status diagnosis and tomato fruits yield prognosis. Five experiments were carried, being three in unheated greenhouse, with drip fertigation (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) and two in field without protection and furrow solid fertilizer application and irrigation (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). The A – CIL<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments were carried out from January to May 2002 period (summer-autumn/02) and A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL and B<sub>2</sub> were carried out from September 2002 to January 2003 (spring/02-summer/03). In each experiment ten treatments or criterions were studied to management nitrogen fertilizer program in tomato plant. The treatments were set in following criterions: 1) N rate of 50 kg.ha<sup>-1</sup> applied at transplant time and remaining N rate was sidedress applied, as necessary, using SPAD index critical level criterion to define N necessity (SPAD-1); 2) the same as the prior treatment being used the SPAD index critical value increased in 20% (SPAD-2); 3) the same as treatment 1 but the value SPAD index critical value was decreased by 10% (SPAD-3); SPAD index was obtained by SPAD-502 chlorophyll portable meter use; 4) defined based upon fruit expected yield and soil and fertilizer contributions (PESF); 5) defined based upon in fixed N rate percentage in A – CIL<sub>1</sub> experiment and expected N amount in fruit and soil contribution, in A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments (QECS); 6) defined based upon expected N amount in fruit (QEFR); 7) N rates of 50, 56, 56, 50 and 105 kg.ha<sup>-1</sup> at the transplanting time, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively, and the remaining N rates were sidedress applied, as necessary, using plant appearance visual observations to define the necessity (OVAP); 8) 280 kg.ha<sup>-1</sup> of N, the experimental recommended rate, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments; 500 and 525 kg.ha<sup>-1</sup> N rates in B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively; all rates were sidedress applied to every 14 days (DRCO); 9) same as the prior treatment, but all N as applied at the transplant time (DRTR); 10) without nitrogen fertilizer application (TEST). The experiments were evaluated in a randomized complete-block design, with five replicates. In A – CIL<sub>1</sub> and B<sub>1</sub> experiments, after fruits appearance of the seventh cluster, at 84 days after transplant (DAT), the adjacent leaf to this was collected (ALSC). In following A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL and

B<sub>2</sub> experiments the adjacent leaf to third cluster was collected (ALTC), after blossom this. In petiole sap NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was determined by C-141 Cardy Nitrate Meter – HORIBA, INC., nitrate portable meter equipped with a nitrate selective microelectrode. In same leaf the SPAD index was determined by readings with SPAD-502 chlorophyll portable meter. The leaf dry and fresh matter weights were obtained. In dry matter were determined the N-NO<sub>3</sub>, N-org and N-tot level and N-NO<sub>3</sub> and N-tot content. The nutritional nitrogen status diagnosis presented petiole sap NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and dry matter N-tot level of ALTC, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments, and SPAD index and N forms evaluated in ALTC, in B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, below the considered limit suitable in criterions SPAD-1, SPAD-3, OVAP and TEST. In A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments, the ALTC SPAD index and dry matter weight, determined after the complete third cluster blossom, were, respectively, the trait best to nutritional nitrogen status diagnosis and to fruits yield prognostic in tomato plants in unheated greenhouse. In B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, the ALTC SPAD index, determined after the complete third cluster blossom, was the best trait as nutritional nitrogen status diagnosis as fruits yield prognostic in tomato plant under field conditions.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, nitrogen, nitrate, fertigation, leaf analysis, chlorophyll meter, nitrate microelectrode.

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação do estado nutricional da planta é útil e possível de ser utilizada no ajuste do programa de fertilização nitrogenada do tomateiro e envolve, normalmente, a análise do teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub>), N orgânico (N-org) ou N total (N-tot) na matéria seca de folhas, em laboratório. Entretanto, a utilização de análise foliar de forma rotineira pode apresentar limitações como custo elevado e o tempo gasto entre a tomada das amostras e a obtenção dos resultados, além da necessidade de utilização de mão de obra, aparelhos e laboratórios especializados que tornam o custo das análises elevado (Waskon et al., 1996).

Assim, a utilização de testes rápidos em campo para a avaliação do estado nutricional do tomateiro pode ser uma alternativa. Dentre as técnicas mais recentes, podem ser destacadas a análise da seiva dos pecíolos do tomateiro por meio de aparelhos portáteis como o microeletrodo específico para NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Rhoads et al., 1996; Guimarães et al., 1998; Ronchi et al., 2001; Araujo et al., 2003), fita indicadora seletiva ao N-NO<sub>3</sub> (Coltman, 1987, 1988; Huett e Rose, 1988; Araujo et al., 2003) e medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Schepers et al., 1992; Minotti et al., 1994; Chapman e Barreto,

1997; Sexton e Carroll, 2002; Guimarães et al., 1999; Shapiro, 1999; Scharf, 2001; Zebarth et al., 2002; Gil et al., 2002).

O SPAD-502 [Soil Plant Analysis Development (SPAD) Section, Minolta Camera Co. Ltd., Japan] ou SPAD, como tem sido chamado, determina a transmitância de feixes de luz, 650 nm (vermelho) e 940 nm (infravermelho), através da folha. O comprimento de onda de 650 nm está situado entre os dois comprimentos de onda associados com a atividade da clorofila (645 e 663 nm), podendo ser absorvido somente por este pigmento (Minolta Câmera Co., 1989). O comprimento de onda de 940 nm atua como autocorreção, a fim de compensar diferenças existentes quanto à espessura da folha, estado de turgescência, e outros fatores. Através da diferença entre a atenuação da luz a 650 e 940 nm como um índice de tonalidade da cor verde ou da concentração de clorofila, o medidor calcula um valor SPAD numérico que é proporcional à quantidade de clorofila presente na folha (Minolta Câmera Co., 1989).

O diagnóstico do estado nutricional nitrogenado através da utilização do SPAD é possível porque o teor de clorofila reflete o pool relativamente estável de N-org e assim fornece informação do N-tot da folha (Lawlor et al., 1989). Dessa forma, pelo teor de clorofila na folha é possível detectar leve deficiência de N (Schepers et al., 1992), podendo ser utilizado somente para identificar áreas onde o N está insuficiente para a obtenção de máxima produção. Por outro lado, a determinação do teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, através da utilização do microeletrodo específico para  $\text{NO}_3^-$ , é técnica eficiente para detectar de moderada a forte deficiência ou excesso de N, pois os valores aumentam com a aplicação do fertilizante nitrogenado e continuam a aumentar acima do ponto onde a quantidade de N disponível para a planta torna-se excessiva. Contudo, inconsistência nas determinações em caso de deficiências leves, torna a identificação e a interpretação difíceis com esse tipo de aparelho (Schepers et al., 1992; Blackmer e Schepers, 1994; Varvel et al., 1997).

Outra técnica menos comum é a avaliação do diagnóstico do estado nutricional nitrogenado através de determinadas características da planta (Fontes, 2001). No diagnóstico ou na interpretação do significado do valor de características da planta é necessário que haja valores ou índices considerados referenciais em determinado estágio fisiológico da planta. Para o tomateiro, a matéria fresca e a área da folha acima do primeiro cacho apresentaram significativos coeficientes de correlação com o teor de N-tot na matéria seca do pecíolo, havendo também correlação entre doses de N com a área foliar, diâmetro do caule e altura da planta (Ronchi et al., 2001). Provavelmente, essas características podem ser consideradas como índices fitotécnicos para a avaliação do estado nutricional nitrogenado.

A utilização dessas técnicas isolada ou conjuntamente talvez possibilite maior precisão no diagnóstico do estado nutricional nitrogenado. Além disso, as mesmas podem ser utilizadas como estratégia para auxiliar o tomaticultor na estimativa da produção de frutos, antes mesmo que todos os cachos tenham surgido. Dessa forma, decisões podem ser antecipadas evitando-se gastos com mão-de-obra e insumos, sendo possível a liberação da área para o plantio de outras espécies.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito de diferentes critérios para manejo da adubação nitrogenada no estado nutricional nitrogenado e qual característica avaliada na folha adjacente ao terceiro cacho apresenta potencial de ser utilizada para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado e prognóstico da produção de frutos do tomateiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido (A) e dois no campo (B). Os experimentos foram conduzidos em áreas contíguas de solo argiloso, localizado na Horta Velha, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). Em cada ambiente (A e B), foi conduzido um experimento no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e outro de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). O quinto experimento foi feito em ambiente protegido, no período de primavera/02-verão/03.

Os experimentos foram assim denominados:

**Experimento A com irrigação de lixiviação: A – CIL<sub>1</sub>:** realizado em ambiente protegido, com fertirrigação por gotejamento e irrigação de lixiviação no início do cultivo que ocorreu no período de verão-outono/02.

**Experimento B<sub>1</sub>:** realizado no campo sem proteção e aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos, com aplicação de água via mangueira, no período de verão-outono/02.

**Experimento A sem irrigação de lixiviação: A – SIL:** idem ao experimento A – CIL<sub>1</sub>, com os tratamentos nas mesmas parcelas de parte do experimento A – CIL<sub>1</sub>, com cultivo no período de cultivo primavera/02-verão/03.

**Experimento A com irrigação de lixiviação: A – CIL<sub>2</sub>:** idem ao experimento A – CIL<sub>1</sub>, no período de primavera/02-verão/03;

**Experimento B<sub>2</sub>:** idem ao experimento B<sub>1</sub>, no período de primavera/02-verão/03.

## **2.1. Caracterização dos solos da área experimental**

### **2.1.1. Cultivo no verão-outono/02 (Experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>)**

O experimento A – CIL<sub>1</sub> foi conduzido em ambiente protegido do tipo capela e com laterais abertas, construído com orientação norte-sul, com 9 m de largura, 40 m de comprimento e 2,8 m de pé direito e coberto com filme de polietileno transparente de baixa densidade de 100 µm de espessura. Após a aração e gradagem do solo houve a formação de tabuleiros, de 4 m de largura x 10 m de comprimento x 0,20 m de altura. Nestes, por ser solo intensivamente cultivado e que havia recebido altas doses de fertilizantes durante os últimos anos, foi realizado, durante 15 dias consecutivos, a aplicação de água para manter lâmina constante de 20 cm. Essa prática teve como objetivo a diminuição do teor de nitrato e dos demais nutrientes pela lixiviação no solo e a eliminação de possíveis problemas de salinização.

Após a aplicação de água no experimento A – CIL<sub>1</sub>, foram coletadas 15 amostras simples de solo, na profundidade de 0 a 20 cm. Cada grupo de 5 amostras simples foi misturado e homogeneizado, de forma a constituir três amostras compostas para cada experimento. Essas amostras foram secadas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm e subamostras foram enviadas para o laboratório de rotina da UFV para análise química.

O experimento B<sub>1</sub> foi conduzido em área não protegida, próxima ao experimento A – CIL<sub>1</sub>. O procedimento de amostragem do solo foi semelhante ao utilizado no experimento A – CIL<sub>1</sub> e o resultado da análise química está descrita no Quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas das amostras do solo dos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>

Características	Experimentos (verão-outono/02)	
	A – CIL <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
pH em água – 1:2,5	5,72	5,79
N-NO <sub>3</sub> (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	301,8	293,6
Matéria orgânica (MO) (dag.kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	2,05	2,43
P (mg.dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	22,0	68,5
K (mg.dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	107,2	182,6
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	2,02	2,22
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,65	0,66
Acidez trocável (Al <sup>+3</sup> ) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,0	0,0
Acidez potencial (H + Al) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>5</sup>	1,65	2,32
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,94	3,34
CTC efetiva (t) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,94	3,34
CTC a pH 7,0 (T) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,59	5,66
Saturação de bases (V) (%)	64,0	59,0

<sup>1</sup> Extrator KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (Yang et al., 1998).

<sup>2</sup> MO = C. org. x 1,724 Walkley-Black.

<sup>3</sup> Extrator Mehlich 1 (Defelipo e Ribeiro, 1997).

<sup>4</sup> Extrator KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (Defelipo e Ribeiro, 1997).

<sup>5</sup> Extrator Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol.L<sup>-1</sup>, pH 7,0 (Defelipo e Ribeiro, 1997).

### 2.1.2. Cultivo na primavera/02-verão/03 (Experimentos A – SIL; A – CIL<sub>2</sub> e B<sub>2</sub>)

A área do ambiente protegido onde foi realizado o experimento anterior (A – CIL<sub>1</sub>), na época de verão-outono/02, foi dividida em duas partes. Em uma delas, cada tratamento foi aplicado na mesma parcela do experimento do ano anterior, sem irrigação de lixiviação (Experimento A, sem irrigação de lixiviação: A – SIL). Após a eliminação das plantas do experimento A – CIL<sub>1</sub>, as parcelas foram limpas para retirada de raízes e de plantas daninhas e novos sulcos foram abertos. Nesses foram aplicados os fertilizantes, em função da análise química e feito o transplante das mudas. A outra parte da área experimental do ano anterior foi submetida à irrigação de lixiviação (Experimento A, com irrigação de lixiviação: A – CIL<sub>2</sub>) como descrito no item 2.1.1. Essa irrigação foi por período maior de tempo (30 dias) do que os 15 dias no experimento A – CIL<sub>1</sub>, pois os teores de nitrato e dos demais nutrientes no solo ainda estavam elevados (Quadro 1).

O experimento B<sub>2</sub> foi instalado em área próxima àquela utilizada no experimento B<sub>1</sub>, em área não protegida. Os resultados da análise química do solo dos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e B<sub>2</sub> são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Características químicas das amostras do solo dos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e B<sub>2</sub>

Características	Experimentos (primavera/02-verão/03)	
	A – CIL <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
pH em água – 1:2,5	5,95	5,91
N-NO <sub>3</sub> (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	123,2	103,2
Matéria orgânica (MO) (dag.kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	1,79	3,07
P (mg.dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	43,6	101,3
K (mg.dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	68,0	118,0
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	3,46	3,93
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,85	0,76
Acidez trocável (Al <sup>+3</sup> ) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,0	0,0
Acidez potencial (H + Al) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) <sup>5</sup>	2,60	0,80
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,48	4,99
CTC efetiva (t) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,48	4,99
CTC a pH 7,0 (T) (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	7,08	5,79
Saturação de bases (V) (%)	63,3	86,2

<sup>1</sup> Extrator KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (Yang et al., 1998).

<sup>2</sup> MO = C. org. x 1,724 Walkley-Black.

<sup>3</sup> Extrator Mehlich 1 (Defelipo e Ribeiro, 1997).

<sup>4</sup> Extrator KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (Defelipo e Ribeiro, 1997).

<sup>5</sup> Extrator Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol.L<sup>-1</sup>, pH 7,0 (Defelipo e Ribeiro, 1997).

## 2.2. Implantação dos experimentos e coleta de dados meteorológicos

Os experimentos de verão-outono/02 foram conduzidos no período de 10/12/01 (data da semeadura) a 16/05/02 e 17/05/02, quando foi realizada a última colheita nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>, respectivamente. Os experimentos de primavera/02-verão/03 foram conduzidos no período de 16/08/02 (data da semeadura) a 09/01/03, 28/01/03 e 31/01/03, quando foi realizada a última colheita nos experimentos B<sub>2</sub>, A – SIL e A – CIL<sub>2</sub>. Os valores diários de temperaturas máximas e mínimas do ar para os experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL foram obtidos por termômetro instalado no interior do ambiente protegido, a 1,50 m de altura. Para os experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, os valores de temperatura e

da quantidade de chuvas foram obtidos no posto meteorológico da UFV, instalado a  $\pm 2$  km do local de cultivo.

### **2.3. Obtenção e transplante das mudas, dimensões das parcelas e delineamento experimental**

As mudas de tomate, para todos os experimentos, foram produzidas em casa de vegetação coberta com plástico e circundada por tela anti-afídeos. A semeadura foi feita em copos de jornal contendo substrato previamente esterilizado com brometo de metila por 72 h, na densidade de uma semente por copo. As mudas foram irrigadas diariamente e pulverizadas com fungicida a base de mancozeb até o momento do transplante para o local definitivo, quando apresentavam 10 a 15 cm de altura e 4 a 6 folhas além dos cotilédones. As mudas foram transplantadas no espaçamento de 0,6 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras. As datas de transplante no cultivo de verão-outono/02 foram 03/01/02 (Experimento A – CIL<sub>1</sub>) e 04/01/02 (Experimento B<sub>1</sub>). No cultivo de primavera/02-verão/03 o transplante foi realizado em 10/09/02 nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub>.

Cada parcela foi composta de 4 plantas espaçadas 0,6 m entre si, das quais foram consideradas úteis as 2 plantas centrais. Portanto, cada parcela útil apresentou 1,0 m de largura e 1,2 m de comprimento, ocupando área de 1,2 m<sup>2</sup>. Os experimentos foram constituídos de 10 tratamentos, no delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições no experimento A – CIL<sub>1</sub>, quatro no A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e três no A – CIL<sub>2</sub>.

### **2.4. Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)**

Foram estudados dez tratamentos ou critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro cultivado em ambiente protegido, os quais estão descritos em maiores detalhes nos itens 2.4.1 a 2.4.8.

#### **2.4.1. Descrição dos tratamentos 1 (SPAD-1), 2 (SPAD-2) e 3 (SPAD-3) – (Nível crítico do índice SPAD)**

Os tratamentos 1, 2 e 3 receberam 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante e o restante do adubo nitrogenado foi aplicado em cobertura, quando necessário. Nesses

tratamentos, a necessidade da aplicação de N em cobertura foi decidida com base no critério do nível crítico do índice SPAD determinado pelo medidor portátil de clorofila, SPAD-502 [Soil-Plant Analysis Development (SPAD) Section, Minolta Camera Co. Ltd, Japão], para as diversas fases de desenvolvimento do tomateiro. Para o tratamento 1 (SPAD-1), foram adotados como níveis críticos, ao longo do ciclo da cultura, os valores estabelecidos por Guimarães (1998), para o tomateiro cultivado em ambiente protegido. Para os tratamentos 2 (SPAD-2) e 3 (SPAD-3), foram adotados como níveis críticos, respectivamente, os valores 20% acima e 10% abaixo aos estabelecidos no tratamento 1. A necessidade de adubar, com base nas determinações com o medidor SPAD foi feita ao longo do ciclo da cultura, no aparecimento de cada cacho, numerados de 1 a 9, no completo florescimento de cada cacho floral. A medição foi feita a cada 14 dias, sempre no período da manhã, entre 7:00 e 9:00 h, em cinco folíolos de cada folha, sendo dois em cada lado da folha (laterais) e o folíolo terminal central. A leitura SPAD foi a média das cinco leituras.

A quantidade de N aplicada em cada tratamento, quando o valor da leitura SPAD foi inferior ao nível crítico, foi calculada com as equações 1, 2 e 3, derivadas dos resultados de Guimarães (1998).

$$\text{SPAD-1} \quad D_N = \{[50,7 - (d \times 0,17)] - c\} \times 70 \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{SPAD-2} \quad D_N = \{[60,8 - (d \times 0,20)] - c\} \times 70 \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{SPAD-3} \quad D_N = \{[45,7 - (d \times 0,15)] - c\} \times 70 \quad (\text{Equação 3})$$

Nas equações 1, 2 e 3,  $D_N$  é a dose a ser aplicada de N ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $d$  é a idade da planta (dias após transplante);  $c$  é a leitura SPAD observada em determinada idade da planta; 50,7, 60,8 e 45,7 são os níveis críticos SPAD, nos três tratamentos; 0,17, 0,20 e 0,15 representam a taxa de decréscimo diário do índice SPAD durante o ciclo do tomateiro, nos três tratamentos, SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, respectivamente, tendo sido obtidos com a equação  $\hat{Y} = 50,7179 - 0,170527 X$  (sendo  $X$  = dias após o transplante), derivada dos valores dos índices SPAD obtidos por Guimarães (1998), para o tomateiro cultivado em ambiente protegido; 70,0 é a dose média de N ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) necessária para elevar cada unidade SPAD na folha do tomateiro cultivado em ambiente protegido, tendo sido derivada do trabalho de Guimarães (1998), conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Quantidade de N aplicada em cobertura quando a leitura SPAD realizada na folha adjacente ao cacho, no momento do florescimento de cada cacho, ficou abaixo do nível crítico nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, para os três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL<sup>1</sup>

Ordem da folha adjacente ao cacho <sup>2</sup>	Quantidade de N para elevar cada unidade SPAD (kg.ha <sup>-1</sup> )
F1 <sup>3</sup>	90,0
F2	75,0
F3	60,0
F4	60,0
F5	50,0
F6	65,0
F7 <sup>4</sup>	65,0
Média aproximada	70,0

<sup>1</sup> Adaptado de Guimarães (1998).

<sup>2</sup> Determinação no completo florescimento do cacho.

<sup>3</sup> Folha adjacente ao primeiro cacho.

<sup>4</sup> Folha adjacente ao sétimo cacho.

As doses de N aplicadas nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, ao longo do ciclo do tomateiro, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, em função da leitura SPAD estão no Quadro 4.

Quadro 4 – Nível crítico adotado (NC), leitura SPAD obtido e dose de N aplicada nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, ao longo do ciclo do tomateiro (dias após o transplante-DAT) cultivado nos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Critério	DAT	NC SPAD <sup>1</sup>	A – CIL <sub>1</sub>		A – CIL <sub>2</sub>		A – SIL	
			Leitura SPAD	Dose N <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Leitura SPAD	Dose N <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Leitura SPAD	Dose N <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )
SPAD-1	28	<b>45,94</b>	43,13	196,6	48,98	-213,0	49,60	-256,2
	42	<b>43,56</b>	48,56	-349,9	49,27	-399,5	52,10	-597,8
	56	<b>41,18</b>	48,74	-529,3	43,27	-146,1	48,48	-510,7
	70	<b>38,80</b>	45,95	-500,7	32,80	420,0	37,14	116,0
	84	<b>36,42</b>	42,93	-455,6	55,33	-1323,9	57,45	-1472,1
	98	<b>34,04</b>	41,78	-541,8	57,47	-1639,9	50,73	-1168,0
SPAD-2	28	<b>55,20</b>	45,40	686,0	48,03	501,7	51,35	269,5
	42	<b>52,40</b>	49,74	186,5	51,80	42,0	54,16	-123,0
	56	<b>49,60</b>	47,45	150,3	56,18	-460,8	51,46	-130,4
	70	<b>46,80</b>	47,27	-32,8	57,58	-754,8	56,76	-697,4
	84	<b>44,00</b>	45,16	-81,1	61,23	-1206,3	60,18	-1132,3
	98	<b>41,20</b>	44,41	-224,6	57,83	-1164,3	57,38	-1132,3
SPAD-3	28	<b>41,50</b>	45,42	-274,2	47,08	-390,8	46,74	-366,6
	42	<b>39,40</b>	50,88	-803,4	48,77	-655,7	50,51	-777,9
	56	<b>37,30</b>	51,02	-960,2	44,30	-490,0	45,89	-601,1
	70	<b>35,20</b>	45,88	-747,5	32,63	179,7	38,10	-203,0
	84	<b>33,10</b>	42,43	-652,9	53,03	-1395,3	51,91	-1316,9
	98	<b>31,00</b>	40,30	-651,0	55,97	-1747,7	54,24	-1627,0

<sup>1</sup> Nível crítico obtido através das equações 1, 2 e 3, para os tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, respectivamente.

<sup>2</sup> Valores negativos indicam a não necessidade de aplicar N.

#### 2.4.2. Descrição do tratamento 4 – (Produtividade esperada de frutos + contribuição do solo e do fertilizante – PESF)

No tratamento PESF, o N foi aplicado apenas em cobertura. O critério para a determinação da quantidade de N a ser aplicada foi a produção esperada de frutos e a capacidade de fornecimento de N pelo solo e pelo fertilizante, conforme a equação 4.

$$D_N = (C_f \times P) - (1,5 \times NO_3) \quad (\text{Equação 4})$$

Na equação 4,  $D_N$  é a dose a ser aplicada de N ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $C_f$  representa a capacidade de fornecimento de N pelo fertilizante para a produção de 1,0 t de frutos;  $P$  é a produção total esperada de frutos ( $90,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  para o experimento A – CIL<sub>1</sub> e  $120,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  para os experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL);  $NO_3$  é a quantidade de N-NO<sub>3</sub> existente na camada de 0-20 cm do solo ( $301,8$ ;  $123,2$  e  $101,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N-NO<sub>3</sub> para os experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, respectivamente);  $1,5$  representa fator de correção da capacidade do solo em fornecer N-NO<sub>3</sub>, levando em consideração a quantidade de N mineralizado e o N-NO<sub>3</sub> absorvido pelas raízes na camada mais profunda do que 0-20 cm.

Com os dados obtidos por Guimarães (1998) foi determinado o valor de  $C_f = 6,03 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N para cada tonelada de frutos, para o tomateiro cultivado em ambiente protegido. Assim, a equação 4 passou a ser formulada como a equação 5.

$$D_N = (6,03 \times P) - (1,5 \times NO_3) \quad (\text{Equação 5})$$

Substituindo os valores de produção esperada de frutos ( $P$ ) e o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo ( $NO_3$ ) na equação 5 foi determinada a dose do fertilizante nitrogenado para os experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Quadro 5).

Quadro 5 – Quantidade calculada de N aplicada em cobertura ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) no tratamento PESF nos três experimentos em ambiente protegido, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimento	Dose de N ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )
A – CIL <sub>1</sub>	$D_N = (6,03 \times 90) - (1,5 \times 301,8) = 90,0$
A – CIL <sub>2</sub>	$D_N = (6,03 \times 120) - (1,5 \times 123,2) = 538,8$
A – SIL	$D_N = (6,03 \times 120) - (1,5 \times 101,9) = 570,8$

A dose calculada de N foi parcelada conforme o cronograma enumerado no Quadro 6, que é comumente praticado pelo tomaticultor e adaptado de Guimarães (1998).

Quadro 6 – Cronograma de parcelamento da dose de N aplicada no tratamento PESF, para os três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Ordem da fertirrigação	Época de aplicação (dias após transplante)	Parcelamento da dose de N em cada fertirrigação (%) <sup>1</sup>
No transplante	-	-
1ª Cobertura	14	10
2ª Cobertura	28	15
3ª Cobertura	42	15
4ª Cobertura	56	15
5ª Cobertura	70	15
6ª Cobertura	84	15
7ª Cobertura	98	15

<sup>1</sup> Adaptado de Guimarães (1998).

#### 2.4.3. Descrição do tratamento 5 (Quantidade esperada de N no fruto + contribuição do solo – QECS)

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, a dose de N aplicada foi 252,0 kg.ha<sup>-1</sup>, correspondente a 90% da dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, recomendada por Fontes e Guimarães (1999) para o tomateiro conduzido com 9 cachos em ambiente protegido. Esta dose de N foi aplicada em cobertura, conforme o cronograma enumerado no Quadro 6.

Nos experimentos seguintes, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, o critério anterior foi modificado. Assim, a dose de N foi determinada de acordo com a equação 6, a partir da quantidade de N necessária para produção de cada tonelada de frutos e da produção esperada de frutos, do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo na camada de 0-20 cm e do nível crítico de N-NO<sub>3</sub> no solo.

$$D_N = \frac{\{(Q \times P) - (NO_3 - N_c)\} \times 100}{E} \quad (\text{Equação 6})$$

Na equação 6,  $D_N$  é a dose a ser aplicada de N (kg.ha<sup>-1</sup>);  $Q$  é a quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos;  $P$  é a produção total esperada de frutos (120,0 t.ha<sup>-1</sup> para os experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL);  $NO_3$  é a quantidade de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo (123,2 e 259,4 kg.ha<sup>-1</sup>) para os experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, respectivamente);  $N_c$  é o nível crítico de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo (52,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>), para o tomateiro cultivado em solo contendo, em torno, de

50% de argila (Guimarães, 1998);  $E$  é a eficiência da utilização do N aplicado, considerado 50% para o tomateiro (Sweeney et al., 1987).

O valor de  $Q$  foi determinado através da divisão da quantidade de N absorvida pelo tomateiro ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) pela produção total de frutos ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), utilizando os dados obtidos por Fayad (1998), conforme a equação abaixo:

$$Q = \frac{211,0}{115,4} \Rightarrow Q = 1,83$$

Pela substituição desse valor na equação 6, além da produção esperada de frutos e do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, foi obtida a dose do fertilizante que foi aplicada nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Quadro 7).

Quadro 7 – Quantidade calculada de N aplicada em cobertura ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no tratamento QECS dos dois experimentos, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimento	Dose de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
A – CIL <sub>2</sub>	$D_N = \frac{\{(1,83 \times 120) - (123,2 - 52)\} \times 100}{50} = 296,8$
A – SIL	$D_N = \frac{\{(1,83 \times 120) - (259,4 - 52)\} \times 100}{50} = 24,4$

O cronograma de aplicação seguiu o indicado no Quadro 6.

#### 2.4.4. Descrição do tratamento 6 – (Quantidade esperada de N no fruto – QENF)

No tratamento QENF, o critério para a determinação da quantidade de N utilizado foi baseado no potencial de produção do sistema ou na quantidade esperada de N no fruto, equação 7.

$$D_N = \frac{Q \times P \times 100}{E} \quad (\text{Equação 7})$$

Na equação 7,  $D_N$  é a dose a ser aplicada de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );  $Q$  é a quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos obtida de cultivos conduzidos em período de cultivo diferenciados;  $P$  é a produção total esperada de frutos ( $90,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para o experimento A – CIL<sub>1</sub> e  $120,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para os experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL),  $E$  é a eficiência da utilização do N aplicado, considerado 50% para o tomateiro (Sweeney et al., 1987).

O valor de  $Q$  foi determinado utilizando os dados obtidos por Guimarães (1998), no experimento A – CIL<sub>1</sub>, e por Fayad (1998), nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL. Dessa forma, o valor de  $Q$  foi  $2,49 \text{ kg N}\cdot(\text{t frutos})^{-1}$  para o experimento A – CIL<sub>1</sub> e  $1,83 \text{ kg N}\cdot(\text{t frutos})^{-1}$  para os experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL.

Substituindo os valores da quantidade de N necessária para a produção de 1 t de frutos ( $Q$ ), da produção esperada de frutos ( $P$ ) e da eficiência de utilização do N aplicado ( $E$ ) na equação 7 foi determinada a dose de N aplicada (Quadro 8).

Quadro 8 – Quantidade de N aplicada em cobertura ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no tratamento QENF dos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimento	Dose de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
A – CIL <sub>1</sub>	$D_N = \frac{2,49 \times 90,0 \times 100}{50} = 448,0$
A – CIL <sub>2</sub> e A – SIL	$D_N = \frac{1,83 \times 120,0 \times 100}{50} = 439,2$

No tratamento QENF não houve adubação de plantio e a quantidade de fertilizante nitrogenado foi parcelada, a cada 14 dias, a partir do transplante, em quantidades definidas pela dinâmica de absorção de N, intimamente associada com a idade do tomateiro, conforme determinada por Fayad (1998) e indicada no Quadro 9.

Quadro 9 – Cronograma de parcelamento da dose de N aplicada no tratamento QENF, para os três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Ordem da fertirrigação	Idade da planta (dias após transplante)	Parcelamento da dose de N em cada fertirrigação (%) <sup>1</sup>
No transplante	-	-
1ª Cobertura	14	5
2ª Cobertura	28	10
3ª Cobertura	42	22
4ª Cobertura	56	26
5ª Cobertura	70	19
6ª Cobertura	84	10
7ª Cobertura	98	8
<b>Total</b>		<b>100</b>

<sup>1</sup> Adaptado de Fayad (1998).

#### 2.4.5. Descrição do tratamento 7 – (Observações visuais da aparência da planta – OVAP)

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, o tratamento OVAP recebeu 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante. A cada 14 DAT foram realizadas observações visuais da coloração das folhas, contagem do número de folhas e, determinação do diâmetro do caule e da altura das plantas. Estas características fitotécnicas foram avaliadas em conjunto através da atribuição de notas de 1 a 4 (Quadro 10). Sempre que a nota atribuída fosse menor que 4 foi aplicada a dose de 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Quadro 10 – Características indicadoras da “aparência” para a determinação da nota dada às plantas no tratamento OVAP, para os experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Aparência da planta	Notas	Características indicadoras	Dias após o transplante					
			14	28	42	56	70	84
Ruim	1,0 – 1,9	Coloração <sup>1</sup>	A	A	A	A	A	A
		Nº folhas	5	11	14	22	25	23
		Ø caule (cm)	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,70
		Altura (cm)	10	20	25	35	45	50
Regular	2,0 – 2,9	Coloração	VA	VA	VA	VA	VA	VA
		Nº folhas	6	15	24	26	28	25
		Ø caule (cm)	0,50	0,80	0,85	0,90	0,90	0,90
		Altura (cm)	15	30	50	95	105	110
Boa	3,0 – 3,9	Coloração	VC	VC	VC	VC	VC	VC
		Nº folhas	7	18	30	35	34	33
		Ø caule (cm)	0,55	1,00	1,20	1,25	1,25	1,25
		Altura (cm)	15	45	90	155	165	170
Ótima	> 4,0	Coloração	VE	VE	VE	VE	VE	VE
		Nº folhas	8	20	32	38	36	34
		Ø caule (cm)	0,60	1,20	1,30	1,30	1,30	1,35
		Altura (cm)	20	50	100	165	170	185

<sup>1</sup> A = amarela; VA = verde amarela; VC = verde clara; VE = verde escura.

Nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL foi aplicado 56,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante, correspondente a 20% da dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, recomendada por Fontes e Guimarães (1999) para o tomateiro conduzido com 9 cachos. Semelhante ao experimento A – CIL<sub>1</sub>, o restante da dose de N nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, foi aplicada em cobertura a cada 14 DAT. Entretanto, não foi utilizada dose fixa de 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, mas a dose em cada parcelamento foi em função da aparência da planta (Quadro 10). Assim, se as plantas apresentassem aparência ruim, a dose de N aplicada seria de 29,9 kg.ha<sup>-1</sup>; aparência regular, a dose de N aplicada seria de 22,4 kg.ha<sup>-1</sup>; aparência boa, a dose de N aplicada seria de 14,9 kg.ha<sup>-1</sup>; e aparência ótima, a dose de N aplicada seria de 7,4 kg.ha<sup>-1</sup>.

#### **2.4.6. Descrição do tratamento 8 – (Dose recomendada em cobertura – DRCO)**

Para o tratamento DRCO foi utilizada a dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, recomendada por Fontes e Guimarães (1999) para o tomateiro conduzido com 9 cachos em ambiente protegido. Esta dose de N foi aplicada em cobertura, conforme o cronograma enumerado no Quadro 6.

#### **2.4.7. Descrição do tratamento 9 – (Dose recomendada no transplante – DRTR)**

No tratamento DRTR foi utilizada a dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, recomendada por Fontes e Guimarães (1999) para o tomateiro conduzido com 9 cachos em ambiente protegido, aplicada totalmente no momento do transplante, sem adubação em cobertura.

#### **2.4.8. Descrição do tratamento 10 – (Testemunha – TEST)**

O tratamento TEST não recebeu adubação nitrogenada.

#### **2.4.9. Resumo dos tratamentos em ambiente protegido**

Quando e quanto aplicar de N, estão especificados resumidamente em cada critério, no Quadro 11.

Quadro 11 – Caracterização dos tratamentos ou critérios utilizados nos experimentos em ambiente protegido A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Nome do Tratamento	Critérios	Cálculo da dose de N	Época de aplicação	
			Plantio	Cobertura
1 – SPAD-1	Nível crítico do índice SPAD (valores normais)	$D_N = \{[50,7 - (d \times 0,17)] - c\} \times 70$		
2 – SPAD-2	Nível crítico do índice SPAD (20% acima)	$D_N = \{[60,8 - (d \times 0,20)] - c\} \times 70$	50,0 kg.ha <sup>-1</sup>	Quando necessário
3 – SPAD-3	Nível crítico do índice SPAD (10% abaixo)	$D_N = \{[45,7 - (d \times 0,15)] - c\} \times 70$		
4 – PESF	Produtividade esperada de frutos + contribuição do solo e do fertilizante	$D_N = (C_f \times P) - (1,5 \times NO_3)$		
5 – QECS	% da dose fixa de N (Experimento A – CIL <sub>1</sub> ) Quantidade esperada de N no fruto + contribuição do solo (Experimento A – CIL <sub>2</sub> e A – SIL)	90% da dose de 280 kg.ha <sup>-1</sup> $D_N = \frac{\{Q \times P\} - (NO_3 - N_c) \times 100}{E}$	0	15 x 14 <sup>1</sup>
6 – QENF	Quantidade esperada de N no fruto	$D_N = \frac{Q \times P \times 100}{E}$	0	Taxa de absorção diária
7 – OVAP	Observações visuais da aparência da planta (Experimento A – CIL <sub>1</sub> )	Notas de 1 a 4. Adubação foi realizada quando a nota fosse < 4	50,0 kg.ha <sup>-1</sup>	50 kg.ha <sup>-1</sup> quando necessário
	Idem (Experimentos A – CIL <sub>2</sub> e A – SIL)	Notas de 1 a 4. Cada nota correspondeu a determinada dose de N	56,0 kg.ha <sup>-1</sup>	7,4; 14,9; 22,4 e 29,9 kg.ha <sup>-1</sup> de N para as notas 1, 2, 3 e 4
8 – DRCO	Dose recomendada de N em cobertura	280,0 kg.ha <sup>-1</sup> de N	0	15 x 14 <sup>1</sup>
9 – DRTR	Dose recomendada de N totalmente no transplante	280,0 kg.ha <sup>-1</sup> de N	280,0 kg.ha <sup>-1</sup>	0
10 – TEST	Testemunha	Sem aplicação de N	0	0

<sup>1</sup> No parcelamento do N foi utilizado 10% da dose recomendada aos 14 dias após o transplante e o restante no esquema 15 x 14, ou seja, 15% da dose recomendada a cada 14 dias.

$D_N$  = dose de N (kg.ha<sup>-1</sup>);  $d$  é a idade da planta (dias após transplante);  $c$  é a leitura SPAD observada em determinada idade da planta;  $C_f$  = capacidade de fornecimento de N pelo fertilizante;  $Q$  é a quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos;  $P$  é a produção total esperada de frutos;  $NO_3$  é a quantidade de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo;  $N_c$  é o nível crítico de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo (52,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>), para o tomateiro cultivado em solo contendo, em torno, de 50% de argila (Guimarães, 1998);  $E$  é a eficiência da utilização do N aplicado, considerado 50% para o tomateiro (Sweeney et al., 1987).

#### 2.4.10. Aspectos gerais dos experimentos em ambiente protegido

A quantidade e a forma de aplicação do N nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL estão resumidas nos Quadros 12, 13 e 14, respectivamente.

Quadro 12 – Quantidade de N aplicada (kg.ha<sup>-1</sup>) em função dos critérios estudados para o manejo do fertilizante nitrogenado na cultura do tomateiro, no experimento A – CIL<sub>1</sub><sup>1</sup>

Critério	Dias após o transplante (DAT)								Total
	0 <sup>2</sup>	14	28	42	56	70	84	98	
1 – SPAD-1	50,0	-	196,6	-	-	-	-	-	<b>246,6</b>
2 – SPAD-2	50,0	-	686,0	187,0	150,0	-	-	-	<b>1073,0</b>
3 – SPAD-3	50,0	-	-	-	-	-	-	-	<b>50,0</b>
4 – PESF	-	9,0	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	<b>90,0</b>
5 – QECS	-	25,2	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8	<b>252,0</b>
6 – QENF	-	22,0	45,0	99,0	116,0	85,0	45,0	36,0	<b>448,0</b>
7 – OVAP	50,0	50,0	-	50,0	-	-	-	50,0	<b>200,0</b>
8 – DRCO	-	28,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	<b>280,0</b>
9 – DRTR	280,0	-	-	-	-	-	-	-	<b>280,0</b>
10 – TEST	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> Aplicações de N em cobertura foram via água de irrigação, na forma de sulfato de amônio (20% de N).

<sup>2</sup> Sulfato de amônio no sulco de transplante.

Quadro 13 – Quantidade de N aplicada ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em função dos critérios estudados para o manejo do fertilizante nitrogenado na cultura do tomateiro, no experimento A – CIL<sub>2</sub><sup>1</sup>

Critério	Dias após o transplante (DAT)								Total
	0 <sup>2</sup>	14	28	42	56	70	84	98	
1 – SPAD-1	50,0	-	-	-	-	420,0	-	-	<b>470,0</b>
2 – SPAD-2	50,0	-	501,7	42,0	-	-	-	-	<b>593,7</b>
3 – SPAD-3	50,0	-	-	-	-	179,7	-	-	<b>229,7</b>
4 – PESF	-	53,9	80,8	80,8	80,8	80,8	80,8	80,8	<b>538,8</b>
5 – QECS	-	29,7	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	<b>296,8</b>
6 – QENF	-	22,0	43,9	96,6	114,2	83,5	43,9	35,1	<b>439,2</b>
7 – OVAP	56,0	22,4	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	-	<b>152,9</b>
8 – DRCO	-	28,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	<b>280,0</b>
9 – DRTR	280,0	-	-	-	-	-	-	-	<b>280,0</b>
10 – TEST	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> Aplicações de N em cobertura foram via água de irrigação. Aos 56 DAT foi utilizado nitrato de cálcio (15% N), nas demais sulfato de amônio (20% de N).

<sup>2</sup> N aplicado na forma de sulfato de amônio no sulco de transplante.

Quadro 14 – Quantidade de N aplicada ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em função dos critérios estudados para o manejo do fertilizante nitrogenado na cultura do tomateiro, no experimento A – SIL<sup>1</sup>

Critério	Dias após o transplante (DAT)								Total
	0 <sup>2</sup>	14	28	42	56	70	84	98	
1 – SPAD-1	50,0	-	-	-	-	116,0	-	-	<b>166,0</b>
2 – SPAD-2	50,0	-	269,5	-	-	-	-	-	<b>319,5</b>
3 – SPAD-3	50,0	-	-	-	-	-	-	-	<b>50,0</b>
4 – PESF	-	57,1	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	<b>570,8</b>
5 – QECS	-	2,4	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	<b>24,4</b>
6 – QENF	-	22,0	43,9	96,6	114,2	83,5	43,9	35,1	<b>439,2</b>
7 – OVAP	56,0	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	-	<b>145,4</b>
8 – DRCO	-	28,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	<b>280,0</b>
9 – DRTR	280,0	-	-	-	-	-	-	-	<b>280,0</b>
10 – TEST	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> Aplicações de N em cobertura foram via água de irrigação. Aos 56 DAT foi utilizado nitrato de cálcio (15% N), nas demais sulfato de amônio (20% de N).

<sup>2</sup> Sulfato de amônio no sulco de transplante.

Imediatamente antes do transplante, foi instalado o sistema de fertirrigação, composto por um cabeçal de controle (filtro, hidrômetro, tanque para reservatório de fertilizantes, registros para controlar a direção do fluxo de água e da solução contendo os fertilizantes), mangueiras adutoras de pvc e tubos-gotejadores, com gotejadores distanciados em 60 cm. Os tubos para a fertirrigação foram dispostos sobre o solo, paralelamente a linha de transplante, distanciados 5 cm destas.

Com as parcelas demarcadas e o sistema de irrigação instalado, foi realizada a adubação. Cinco dias antes do transplante das mudas foram aplicados nos sulcos, a mistura de 600,0 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 64,0 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O correspondente a 16% da dose total de K (cloreto de potássio) e 18,0 kg.ha<sup>-1</sup> de Mg (sulfato de magnésio) para o experimento A – CIL<sub>1</sub>. No experimento A – CIL<sub>2</sub> foram aplicados nos sulcos a mistura de 485,0 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 54,0 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O correspondente a 16% da dose total de K (cloreto de potássio) e 18,0 kg.ha<sup>-1</sup> de Mg (sulfato de magnésio). No experimento A – SIL, a mistura aplicada nos sulcos continha somente 24,5 kg de K<sub>2</sub>O correspondente a 16% da dose total de K (cloreto de potássio) e 18,0 kg.ha<sup>-1</sup> de Mg (sulfato de magnésio). As doses de fósforo e de potássio foram determinadas de acordo com a análise do solo e as recomendações para a cultura do tomate fertirrigado segundo Fontes (1999). Para todos os experimentos (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL), o restante do K<sub>2</sub>O foi aplicado em cobertura, via água de irrigação, em seis parcelamentos, sendo 14% aos 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após o transplante. Os micronutrientes B, Zn e Mo foram aplicados nas mesmas datas, também em cobertura via água de irrigação, sendo 15% da dose aos 14 dias e 17% nas demais datas, totalizando 1,0 kg.ha<sup>-1</sup> de B; 3,0 kg.ha<sup>-1</sup> de Zn e 78,0 g.ha<sup>-1</sup> de Mo na forma de bórax, sulfato de zinco e molibdato de sódio, respectivamente.

Foi utilizado o híbrido 'Carmen', longa vida, plurilocular (4 lóculos), tipo salada, de crescimento indeterminado. As mudas foram transplantadas em 03/01/02 (Experimento A – CIL<sub>1</sub>) e 10/09/02 (Experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL). O tomateiro foi conduzido com dois caules, com tutoramento vertical, em fitilhos de plástico, com 5 cachos no caule principal (1, 2, 4, 6 e 8) e quatro no caule secundário (3, 5, 7 e 9), totalizando 9 cachos por planta. O controle de pragas e doenças foi efetuado de acordo com as recomendações convencionais para o tomateiro, com pulverizações semanais de fungicidas e inseticidas, controle manual de plantas daninhas e desbrotas. Nas desbrotas, feitas semanalmente, as plantas tiveram todas as ramificações laterais eliminadas, permanecendo apenas dois caules. A poda apical foi efetuada acima da terceira folha surgida após o cacho 9. Em cada cacho foi permitido o crescimento de apenas seis frutos. As irrigações foram diárias e o volume de água aplicado foi calculado pelo método do lisímetro, instalado no interior do ambiente protegido (Bernardo, 1995).

A aplicação das doses de N em cobertura foi realizada via água de irrigação através da utilização de garrafas PET (Politereftalato de etileno) de 2 L suspensas em arame, a 1,0 m de altura para cada planta. A tampa dessas garrafas foi perfurada para a conexão de um kit hospitalar utilizado para aplicação de soro, que apresentava regulador de vazão, com o objetivo de simular o tubo gotejador utilizado no sistema de irrigação. Em cada garrafa, a dose de N correspondente a uma planta foi diluída em 0,5 L de água. Para os tratamentos que não receberam N em cobertura foi colocado nas garrafas apenas 0,5 L de água. Em cada dia da realização da aplicação de N em cobertura, a quantidade de água utilizada nas garrafas PET foi descontada daquela necessária e aplicada via sistema de irrigação. No cultivo de experimento A – CIL<sub>1</sub> foi utilizado como fonte de N, sulfato de amônio (20% de N) em todas as aplicações. No experimento A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL foi utilizado nitrato de cálcio (15% de N) aos 56 DAT. As demais aplicações em cobertura foram na forma de sulfato de amônio.

## 2.5. Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)

Foram estudados os mesmos tratamentos ou critérios para o manejo da adubação nitrogenada utilizados nos experimentos em ambiente protegido, ajustados para as condições de campo. O detalhamento dos tratamentos está em 2.5.1. a 2.5.8.

### 2.5.1. Descrição dos tratamentos 1 (SPAD-1), 2 (SPAD-2) e 3 (SPAD-3) – (Nível crítico do índice SPAD)

A decisão de adubar para os tratamentos de 1, 2 e 3 foi realizada conforme estabelecido nos experimentos em ambiente protegido. Entretanto, o nível crítico do índice SPAD utilizado foi aquele para o tomateiro cultivado no campo, obtido por Guimarães (1998).

A quantidade de N aplicada em cada um dos tratamentos, quando o valor da leitura SPAD foi inferior ao nível crítico, foi calculada com as equações 8, 9 e 10 (Quadro 16), derivadas dos resultados obtidos por Guimarães (1998).

$$\text{SPAD-1} \quad D_N = \{[51,2 - (d \times 0,12)] - c\} \times 70 \quad (\text{Equação 8})$$

$$\text{SPAD-2} \quad D_N = \{[61,4 - (d \times 0,15)] - c\} \times 70 \quad (\text{Equação 9})$$

$$\text{SPAD-3} \quad D_N = \{[46,1 - (d \times 0,11)] - c\} \times 70 \quad (\text{Equação 10})$$

Nas equações 8, 9 e 10,  $D_N$  é a dose a ser aplicada de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );  $d$  é a idade da planta (dias após transplante);  $c$  é a leitura SPAD observada em determinada idade da planta; 51,2, 61,4 e 46,1 são os níveis críticos do índice SPAD em cada um dos tratamentos, na folha adjacente ao cacho, determinados no completo florescimento de cada cacho; 0,12, 0,15 e 0,11 representam a taxa de decréscimo diário do índice SPAD durante o ciclo do tomateiro, nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, respectivamente, e foram obtidos com a equação  $\hat{Y} = 51,1979 - 0,12485 X$  (sendo  $X$  = dias após o transplante), derivada dos valores dos índices SPAD obtidos por Guimarães (1998), para o tomateiro cultivado no campo; 70,0 é a dose média de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) necessária para elevar cada unidade SPAD na folha do tomateiro cultivado no campo, tendo sido derivada do trabalho de Guimarães (1998), conforme o Quadro 15.

Quadro 15 – Quantidade de N aplicada em cobertura quando a leitura SPAD, realizada na folha adjacente ao cacho no momento do florescimento de cada cacho, ficou abaixo do nível crítico nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, para os dois experimentos,  $B_1$  e  $B_2$ <sup>1</sup>

Ordem da folha adjacente ao cacho <sup>2</sup>	Quantidade de N para elevar cada unidade SPAD ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
F1 <sup>3</sup>	60,0
F2	90,0
F3	95,0
F4	45,0
F5	110,0
F6	40,0
F7 <sup>4</sup>	50,0
Média aproximada	70,0

<sup>1</sup> Adaptado de Guimarães (1998).

<sup>2</sup> Determinada no completo florescimento do cacho.

<sup>3</sup> Folha adjacente ao primeiro cacho.

<sup>4</sup> Folha adjacente ao sétimo cacho.

Os valores do índice SPAD obtidos e as respectivas doses de N aplicadas nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, ao longo do ciclo do tomateiro nos experimentos  $B_1$  e  $B_2$  estão descritas no Quadro 16.

Quadro 16 – Nível crítico adotado (NC), leitura SPAD e dose de N aplicada nos tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, ao longo do ciclo do tomateiro (dias após o transplante-DAT) cultivado nos dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Critério	DAT	NC SPAD <sup>1</sup>	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
			Leitura SPAD	Dose de N <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Leitura SPAD	Dose de N <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )
SPAD-1	28	<b>47,84</b>	43,21	324,0	47,89	-3,4
	42	<b>46,16</b>	44,34	127,4	50,31	-249,0
	56	<b>44,48</b>	49,65	-361,9	44,48	0,0
	70	<b>42,80</b>	49,16	-444,9	47,53	-283,8
	84	<b>41,12</b>	48,46	-513,8	49,98	-531,6
SPAD-2	28	<b>57,20</b>	44,33	900,6	48,89	582,0
	42	<b>55,10</b>	44,87	716,1	54,15	57,0
	56	<b>53,00</b>	48,90	287,0	52,36	38,4
	70	<b>50,90</b>	51,20	-21,0	53,89	-179,4
	84	<b>48,80</b>	50,73	-135,0	57,09	-497,4
SPAD-3	28	<b>43,02</b>	41,85	81,6	47,16	-289,8
	42	<b>41,48</b>	43,22	-121,8	52,01	-631,8
	56	<b>39,94</b>	45,66	-400,1	44,22	-256,8
	70	<b>38,40</b>	39,55	-80,2	46,44	-482,4
	84	<b>36,86</b>	38,88	-141,4	51,43	-874,4

<sup>1</sup> Nível crítico obtido através das equações 1, 2 e 3, para os tratamentos SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3, respectivamente.

<sup>2</sup> Valores negativos indicam a não necessidade de aplicar N.

### 2.5.2. Descrição do tratamento 4 – (Produtividade esperada de frutos + contribuição do solo e do fertilizante – PESF)

A determinação da quantidade de N aplicada no tratamento PESF também foi de acordo com a equação 5 dos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL. Entretanto, os valores foram substituídos pelos dados de Ferreira (2001), para o tomateiro cultivado no campo. Assim, a equação 5 passou a ser formulada como a equação 11.

$$D_N = (17,7 \times P) - (2,5 \times NO_3) \quad (\text{Equação 11})$$

Na equação 11,  $D_N$  é a dose a ser aplicada de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );  $P$  é a produção total esperada de frutos ( $70,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); e  $\text{NO}_3$  é a quantidade de N- $\text{NO}_3$  na camada de 0-20 cm de solo ( $293,6$  e  $103,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , nos experimentos  $B_1$  e  $B_2$ , respectivamente);  $17,7$  representa a quantidade de N do fertilizante necessária para a produção de  $1,0 \text{ t}$  de frutos;  $1,5$  representa fator de correção da capacidade do solo em fornecer N- $\text{NO}_3$ , levando em consideração a quantidade de N mineralizado e o N- $\text{NO}_3$  absorvido pelas raízes na camada mais profunda do que 0-20 cm.. Substituindo os valores na equação 11 foi determinada a dose de N para os experimentos  $B_1$  e  $B_2$  (Quadro 17).

Quadro 17 – Quantidade calculada de N aplicada ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em cobertura no tratamento PESF, para os dois experimentos,  $B_1$  e  $B_2$

Experimento	Dose de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
$B_1$	$D_N = (17,7 \times 70) - (2,5 \times 293,6) = 505,0$
$B_2$	$D_N = (17,7 \times 95) - (2,5 \times 103,2) = 1423,5$

A dose calculada de N foi parcelada conforme o cronograma enumerado no Quadro 18 e adaptado de Guimarães (1998).

Quadro 18 – Cronograma de parcelamento da dose de N aplicada no tratamento PESF, para os dois experimentos,  $B_1$  e  $B_2$

Ordem da fertilização	Época de aplicação (dias após transplante)	Parcelamento da dose de N em cada fertilização (%) <sup>1</sup>
No transplante	-	16
1ª Cobertura	14	14
2ª Cobertura	28	14
3ª Cobertura	42	14
4ª Cobertura	56	14
5ª Cobertura	70	14
6ª Cobertura	84	14

<sup>1</sup> Adaptado de Guimarães (1998).

### 2.5.3. Descrição do tratamento 5 – (Quantidade esperada de N no fruto + contribuição do solo – QECS)

A dose de N aplicada no tratamento QECS foi determinada de acordo a equação 6, da mesma forma que o experimento A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL. Entretanto, o valor de *P* (produção total esperada de frutos) foi 70,0 (Experimento B<sub>1</sub>) e 95,0 t.ha<sup>-1</sup> (Experimento B<sub>2</sub>); o de *E* (eficiência da utilização do N aplicado) foi 50%; o de *N<sub>c</sub>* (nível crítico) foi 63,6 kg.ha<sup>-1</sup> (Guimarães, 1998); o de *NO<sub>3</sub>* (nitrato no solo) foi 293,6 (Experimento B<sub>1</sub>) e 103,2 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> (Experimento B<sub>2</sub>); os de *Q* (quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos) foi 11,83 kg N.(t frutos)<sup>-1</sup> no Experimento B<sub>1</sub> e 2,17 kg N.(t frutos)<sup>-1</sup> no Experimento B<sub>2</sub> utilizando os resultados de Fayad (1998) e de Ferreira (2001), respectivamente, conforme o Quadro 19.

Quadro 19 – Valores de *Q* (quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos), para o tomateiro cultivado nos dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimento	Valores de <i>Q</i> (kg N.t frutos <sup>-1</sup> )
B <sub>1</sub>	$Q = \frac{530}{44,8} \Rightarrow Q = 11,83^*$
B <sub>2</sub>	$Q = \frac{206}{94,8} \Rightarrow Q = 2,17^{**}$

\* Ferreira (2001).

\*\* Fayad (1998).

Pela substituição dos valores na equação 6 foi obtida a dose de N aplicada nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Quadro 20).

Quadro 20 – Quantidade de N aplicada (kg.ha<sup>-1</sup>) em cobertura no tratamento QECS, para os dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimento	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )
B <sub>1</sub>	$D_N = \frac{\{(11,83 \times 70,0) - (293,6 - 63,6)\} \times 100}{50} = 1196,2$
B <sub>2</sub>	$D_N = \frac{\{(2,17 \times 95,0) - (103,2 - 63,6)\} \times 100}{50} = 333,1$

A dose de N calculada no tratamento QECS (Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>) foi aplicada em cobertura, conforme o cronograma enumerado no Quadro 18.

#### 2.5.4. Descrição do tratamento 6 – (Quantidade esperada de N no fruto – QENF)

O critério para a determinação da quantidade de N no tratamento QENF foi o mesmo utilizado da equação 7, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL. Os valores da quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos (Q) e da produção esperada de frutos (P) foram os mesmos utilizados no critério QECS (Quadro 20). Esses valores foram substituídos na equação 7 para obter a dose de N aplicada (Quadro 21).

Quadro 21 – Quantidade de N aplicada em cobertura no tratamento QENF, para os dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimento	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> de N)
B <sub>1</sub>	$D_N = \frac{11,83 \times 70,0 \times 100}{50} = 1656,2$
B <sub>2</sub>	$D_N = \frac{2,17 \times 95,0 \times 100}{50} = 412,3$

Não houve adubação de plantio e a quantidade de fertilizante nitrogenado foi parcelada a cada 14 dias, a partir do transplante, em quantidades definidas através da dinâmica de absorção de N, adaptado de Fayad (1998), em função da idade do tomateiro cultivado no campo (Quadro 22).

Quadro 22 – Cronograma de parcelamento da dose de N aplicada no tratamento QENF, para os dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Ordem da fertilização	Idade da planta (dias após transplante)	Parcelamento da dose de N em cada fertilização (%) <sup>1</sup>
No transplante	-	-
1ª Cobertura	14	8
2ª Cobertura	28	18
3ª Cobertura	42	27
4ª Cobertura	56	25
5ª Cobertura	70	14
6ª Cobertura	84	8
<b>Total</b>		<b>100</b>

<sup>1</sup> Adaptado de Fayad (1998).

#### 2.5.5. Descrição do tratamento 7 – (Observações visuais da aparência da planta – OVAP)

No experimento B<sub>1</sub>, o tratamento OVAP recebeu 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante. A cada 14 DAT foram realizadas observações visuais da coloração das folhas, contagem do número de folhas e, determinação do diâmetro do caule e da altura das plantas. Estas características fitotécnicas foram avaliadas em conjunto, através da atribuição de notas de 1 a 4 (Quadro 23). Sempre que a nota atribuída fosse menor que 4 foi aplicada a dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Quadro 23 – Características indicadoras da “aparência” para a determinação da nota dada às plantas no tratamento OVAP, para os experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Aparência da planta	Notas	Características indicadoras	Dias após o transplante					
			14	28	42	56	70	84
Ruim	1,0 – 1,9	Coloração <sup>1</sup>	A	A	A	A	A	A
		Nº folhas	5	8	11	13	15	15
		Ø caule (cm)	0,40	0,55	0,65	0,75	0,90	0,90
		Altura (cm)	10	30	45	65	80	90
Regular	2,0 – 2,9	Coloração	VA	VA	VA	VA	VA	VA
		Nº folhas	7	10	13	16	18	20
		Ø caule (cm)	0,50	0,80	0,90	1,00	1,20	1,20
		Altura (cm)	15	35	50	90	105	110
Boa	3,0 – 3,9	Coloração	VC	VC	VC	VC	VC	VC
		Nº folhas	7	11	15	19	22	24
		Ø caule (cm)	0,60	0,90	1,30	1,40	1,50	1,50
		Altura (cm)	20	40	70	125	155	170
Ótima	> 4,0	Coloração	VE	VE	VE	VE	VE	VE
		Nº folhas	8	14	18	20	22	25
		Ø caule (cm)	0,80	1,30	1,50	1,50	1,60	1,65
		Altura (cm)	25	55	90	145	170	190

<sup>1</sup> A = amarela; VA = verde amarela; VC = verde clara; VE = verde escura.

No experimento B<sub>2</sub> foi aplicado 105,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante, correspondente a 20% da dose de 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, que foi a dose ótima obtida por Ferreira (2001) e próxima da melhor dose (500,0 kg.ha<sup>-1</sup>) determinada por Guimarães (1998) para plantio de tomateiro no campo em época de cultivo no período chuvoso. Como no experimento B<sub>1</sub>, o restante da dose de N foi aplicada em cobertura a cada 14 DAT, entretanto, não foi utilizada dose fixa de 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, mas a dose em cada parcelamento foi em função da aparência da planta (Quadro 23). Assim, se as plantas apresentassem aparência ruim, a dose de N aplicada foi de 56,0 kg.ha<sup>-1</sup>; aparência regular, a dose de N aplicada foi de 42,0 kg.ha<sup>-1</sup>; aparência boa, a dose de N aplicada foi de 28,0 kg.ha<sup>-1</sup>; e aparência ótima, a dose de N aplicada foi de 14,0 kg.ha<sup>-1</sup>.

#### **2.5.6. Descrição do tratamento 8 – (Dose recomendada em cobertura – DRCO)**

Para o tratamento DRCO foram utilizadas as doses de 500,0 (Experimento B<sub>1</sub>) e 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N (Experimento B<sub>2</sub>), que foram as doses ótimas encontradas por Guimarães (1998) e Ferreira (2001), para plantios em períodos de cultivo semelhantes. Estas doses de N foram aplicadas em cobertura, conforme o cronograma enumerado no Quadro 18.

#### **2.5.7. Descrição do tratamento 9 – (Dose recomendada no transplante – DRTR)**

No tratamento DRTR também foram utilizadas as doses de 500,0 e 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, mas com a aplicação totalmente no momento do transplante, sem adubação em cobertura.

#### **2.5.8. Descrição do tratamento 10 – (Testemunha – TEST)**

O tratamento TEST foi considerado como testemunha e não recebeu adubação nitrogenada.

#### **2.5.9. Resumo dos tratamentos no campo**

Quando e quanto aplicar de N, estão especificados resumidamente em cada critério, no Quadro 24.

Quadro 24 – Caracterização dos tratamentos ou critérios utilizados nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Nome do Tratamento	Critérios	Cálculo da dose de N	Quando aplicar	
			Plantio	Cobertura
1 – SPAD-1	Nível crítico do índice SPAD (valores normais)	$D_N = \{[51,2 - (d \times 0,12)] - c\} \times 70$		
2 – SPAD-2	Nível crítico do índice SPAD (20% acima)	$D_N = \{[61,4 - (d \times 0,15)] - c\} \times 70$	50 kg.ha <sup>-1</sup>	Quando necessário
3 – SPAD-3	Nível crítico do índice SPAD (10% abaixo)	$D_N = \{[46,1 - (d \times 0,11)] - c\} \times 70$		
4 – PESF	Produtividade esperada de frutos + contribuição do solo e do fertilizante	$D_N = (17,7 \times P) - (2,5 \times NO_3)$		
5 – QECS	Quantidade esperada de N no fruto + contribuição do solo	$D_N = \frac{\{Q \times P\} - (NO_3 - N_c) \times 100}{E}$	16% <sup>1</sup>	14 x 14 <sup>2</sup>
6 – QENF	Quantidade esperada de N no fruto	$D_N = \frac{Q \times P \times 100}{E}$	0	Taxa de absorção diária
7 – OVAP	Observações visuais da aparência da planta (Experimento B <sub>1</sub> )	Notas de 1 a 4. Adubação foi realizada quando a nota fosse < 4	50 kg.ha <sup>-1</sup>	50 kg.ha <sup>-1</sup> quando necessário
	Idem (Experimento B <sub>2</sub> )	Notas de 1 a 4. Cada nota correspondeu a determinada dose de N	105 kg.ha <sup>-1</sup>	14, 28, 42 e 56 kg.ha <sup>-1</sup> de N para as notas 1, 2, 3 e 4
8 – DRCO	Dose de N em cobertura	500 e 525 kg.ha <sup>-1</sup> de N <sup>3</sup>	16% <sup>1</sup>	14 x 14 <sup>2</sup>
9 – DRTR	Dose de N totalmente no momento do transplante	500 e 525 kg.ha <sup>-1</sup> de N <sup>3</sup>	500 e 525 kg.ha <sup>-1</sup>	0
10 – TEST	Testemunha	Sem aplicação de N	0	0

<sup>1</sup> Porcentagem de N em relação a dose inicial aplicada no plantio para o tomateiro cultivado no campo.

<sup>2</sup> No parcelamento do N foi utilizado o esquema 14 x 14, ou seja, 14% da dose recomendada a cada 14 dias em culturas de ciclos de 100 dias no campo.

<sup>3</sup> No experimento B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente.

$N$  = dose de N (kg.ha<sup>-1</sup>);  $d$  é a idade da planta (dias após transplante);  $c$  é a leitura SPAD observada em determinada idade da planta;  $Q$  é a quantidade de N necessária para a produção de cada tonelada de frutos;  $P$  é a produção total esperada de frutos;  $NO_3$  é a quantidade de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo;  $N_c$  é o nível crítico de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo (63,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>), para tomateiro cultivado no campo (Guimarães, 1998);  $E$  é a eficiência da utilização do N aplicado, considerado 50%.

### 2.5.10. Aspectos gerais dos experimentos no campo

A quantidade e a forma de aplicação do N nos experimentos B estão resumidas nos Quadros 25 (Experimento B<sub>1</sub>) e 26 (Experimento B<sub>2</sub>).

Quadro 25 – Quantidade de N aplicada (kg.ha<sup>-1</sup>) no tomateiro, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub><sup>1</sup>

Critério	Dias após o transplante							Total
	0 <sup>2</sup>	14	28	42	56	70	84	
1 – SPAD-1	50,0	-	324,0	127,4	-	-	-	<b>501,4</b>
2 – SPAD-2	50,0	-	900,6	716,1	287,0	-	-	<b>1953,7</b>
3 – SPAD-3	50,0	-	81,6	-	-	-	-	<b>131,6</b>
4 – PESF	80,8	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	<b>505,0</b>
5 – QECS	191,4	167,5	167,5	167,5	167,5	167,5	167,5	<b>1196,2</b>
6 – QENF	-	132,5	298,1	447,2	414	231,9	132,5	<b>1656,2</b>
7 – OVAP	50,0	-	50,0	50,0	50,0	50,0	-	<b>250,0</b>
8 – DRCO	80,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	<b>500,0</b>
9 – DRTR	500,0	-	-	-	-	-	-	<b>500,0</b>
10 – TEST	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> N aplicado na forma de sulfato de amônio (20% N) em sulco aberto ao lado das plantas e coberto com solo.

<sup>2</sup> N aplicado na forma de sulfato de amônio (20% N) no sulco de transplante.

Quadro 26 – Quantidade de N aplicada ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no tomateiro, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub><sup>1</sup>

Critério	Dias após o transplante							Total
	0	14	28	42	56	70	84	
1 – SPAD-1	50,0	-	-	-	-	-	-	<b>50,0</b>
2 – SPAD-2	50,0	-	582,0	57,0	38,4	-	-	<b>727,4</b>
3 – SPAD-3	50,0	-	-	-	-	-	-	<b>50,0</b>
4 – PESF	227,7	199,3	199,3	199,3	199,3	199,3	199,3	<b>1423,5</b>
5 – QECS	53,3	46,6	46,6	46,6	46,6	46,6	46,6	<b>333,1</b>
6 – QENF	-	33,0	74,2	111,3	99,0	57,7	33,0	<b>412,3</b>
7 – OVAP	105,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	<b>273,0</b>
8 – DRCO	84,0	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	<b>525,0</b>
9 – DRTR	525,0	-	-	-	-	-	-	<b>525,0</b>
10 – TEST	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> N aplicado na forma de sulfato de amônio (20% N) em sulco aberto ao lado das plantas e coberto com solo.

<sup>2</sup> N aplicado na forma de sulfato de amônio (20% N) no sulco de transplante.

A amostragem de solo, a calagem e a adubação de plantio foram semelhantes ao realizado nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL. Foi acrescentado, ainda, à adubação de plantio, 1,0  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de B, 3,0  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Zn e 78,0  $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Mo. O restante do K<sub>2</sub>O foi aplicado em cobertura em proporções semelhantes aos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, mas de forma manual, em sulco aberto ao lado das plantas, sendo o fertilizante coberto com solo.

Foi utilizado a cultivar 'Santa Clara', que apresenta fruto do tipo Santa Cruz, de hábito de crescimento indeterminado. As mudas foram transplantadas para o solo em 04/01/02 (Experimento B<sub>1</sub>) e 10/09/02 (Experimento B<sub>2</sub>), no mesmo espaçamento que os experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, 1,0 x 0,6 m. As plantas foram conduzidas com um caule tutorado com fitilho. A poda apical foi efetuada acima da terceira folha surgida após o 9º cacho na planta. Em cada cacho foi permitido o crescimento de apenas seis frutos. As irrigações foram realizadas por sulcos alternados às linhas de plantio, em complementação ao volume de água precipitado pelas chuvas durante o período. O momento de cada irrigação foi quando a capacidade de retenção de água do solo foi reduzida em 30%, determinado através de tensiômetros instalados na área experimental. O volume de água aplicado foi calculado pelo método do tanque classe A (Marouelli et al., 1994; Bernardo, 1995) e o coeficiente de cultura variando de 0,4; 0,7; 1,0 e 1,3, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta (Carrijo et al., 1996).

A aplicação das doses de N em cobertura foi realizada em sulcos abertos no solo ao lado das plantas na entre linha de transplante e posteriormente coberto com solo. No experimento B<sub>1</sub> foi utilizado o sulfato de amônio (20% de N) em todas as aplicações. No experimento B<sub>2</sub> foi utilizado o nitrato de cálcio (15% de N) aos 42 e 56 DAT. As demais aplicações de N, tanto no sulco de transplante como em cobertura, foram na forma de sulfato de amônio.

## **2.6. Características ou índices avaliados em todos os experimentos**

As características ou índices determinados foram: a) peso da matéria fresca da folha; b) peso da matéria seca da folha; c) índice SPAD; teores de: d) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo; e) N-NO<sub>3</sub> na matéria seca, f) N orgânico (N-org) na matéria seca e g) N total (N-tot) na matéria seca. Além desses, foram calculados mais dois índices: h) conteúdo de N-NO<sub>3</sub> e i) conteúdo de N-tot na folha amostrada.

### **2.6.1. Amostragem, extração da seiva e determinação dos índices**

Nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> (primeiro ano), após o aparecimento dos frutos do sétimo cacho, aos 84 DAT, foi coletada a folha adjacente a este (FASC), em cada planta da parcela. Nos experimentos seguintes, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> foi coletada a folha adjacente ao terceiro cacho (FATC), após o completo florescimento do mesmo. Nesses experimentos a coleta foi realizada entre 58 e 65, 59 e 62, 43 e 53 DAT, respectivamente, dependendo do tratamento.

As amostras (folha específica) foram coletadas no período da manhã, entre 7:00 e 9:00 h. Após a coleta foi realizada a pesagem e a extração da seiva pela prensagem da seção próxima a base do pecíolo. A seiva foi analisada com o medidor portátil de nitrato (C-141 Cardy Nitrate Meter – HORIBA, INC.), equipado com microeletrodo seletivo ao nitrato. Na mesma folha foi determinado o índice SPAD através das leituras com o medidor SPAD. A medição foi feita em cinco folíolos de cada folha, sendo dois em cada lado da folha (laterais) e o folíolo terminal central. A leitura SPAD foi a média das cinco leituras. Posteriormente, as folhas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde foram colocadas sob refrigeração.

A folha foi seca em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C, até peso constante, sendo o peso da folha seca anotado. Cada folha seca foi moída em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh, e submetida à digestão sulfúrica para determinação

do teor de N-org, pelo método de Nessler (Jackson, 1958). O teor de N-NO<sub>3</sub> foi determinado de acordo com Cataldo et al. (1975). Os conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot foram calculados pela multiplicação dos teores dessas formas de N pelo peso da matéria fresca da folha amostrada.

## 2.7. Procedimento estatístico

Os valores dos índices obtidos nos diversos tratamentos e repetições foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes, 2000).

Posteriormente, foi determinada a correlação linear simples de Pearson dos pesos das matérias fresca e seca com o índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot da FATC (Experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub>) e da FASC (Experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>) com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem de cada folha e com as produções total, comercial e ponderada de frutos, nos diferentes critérios estudados. Além disso, o índice SPAD e teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo foram correlacionados com os teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e os conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot da FATC (Experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub>) e da FASC (Experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>). Os coeficientes de correlação foram testados a 1 (\*\*), 5 (\*) e 10% (°) de significância, pelo teste t.

Modelos de regressão foram ajustados para a estimativa dos teores de N-NO<sub>3</sub>, N-tot e N-org na matéria seca, conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot da FATC e produções total, comercial e ponderada de frutos. Os modelos de regressão linear ou não linear foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade pelo teste t e no maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), utilizando o programa SAS (SAS Institute, Inc., 1990).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL)**

##### **3.1.1. Experimento A com irrigação de lixiviação no período de verão-outono/02 (A – CIL<sub>1</sub>)**

Os valores das características pesos das matérias fresca e seca da folha, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao sétimo cacho (FASC), determinadas aos 84 DAT no experimento A – CIL<sub>1</sub>, nos diversos critérios, encontram-se no Quadro 27. Baixos valores do índice SPAD e do teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo na FASC foram observados quando não houve aplicação de N (TEST). Entretanto, o menor teor e conteúdo de N-NO<sub>3</sub> na matéria seca da FASC foi observado no critério DRTR, no qual a dose de N foi aplicada toda no momento do transplante.

Quadro 27 – Pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo ( $\text{NO}_3^-$ ), teores de nitrato (N- $\text{NO}_3$ ), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N- $\text{NO}_3$ ) e N-total (C N-tot) na folha adjacente ao sétimo cacho do tomateiro, em amostragem realizada aos 84 dias após o transplante, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Dose de N até 84 DAT	PMF (g.folha <sup>-1</sup> )	PMS (g.folha <sup>-1</sup> )	SPAD (US) <sup>1</sup>	$\text{NO}_3^-$ (mg.L <sup>-1</sup> )	N- $\text{NO}_3$ (g.kg <sup>-1</sup> )	N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	C N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	C N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	246,6	30,0	2,87	53,9 ab	2.150 abc	0,52 bcd	2,91 ab	2,96 ab	1,41 abc	85,9
2 – SPAD-2	1073,0	27,9	2,89	57,1 a	2.340 a	1,00 ab	4,02 a	4,12 a	2,74 abc	99,1
3 – SPAD-3	50,0	23,6	2,34	50,1 b	1.620 bc	0,14 cd	2,54 b	2,56 b	0,41 bc	60,1
4 – PESF	63,0	24,3	2,23	50,6 ab	1.450 c	0,19 cd	2,67 b	2,69 b	0,48 bc	56,9
5 – QECS	176,4	30,1	2,99	51,7 ab	1.860 abc	0,91 abc	3,06 ab	3,15 ab	2,79 ab	95,2
6 – QENF	367,0	28,2	2,10	49,9 b	1.483 c	1,45 a	3,40 ab	3,54 ab	3,00 a	73,7
7 – OVAP	150,0	33,3	3,31	51,8 ab	1.910 abc	0,26 bcd	2,85 ab	2,88 b	0,97 abc	95,3
8 – DRCO	196,0	30,6	2,96	52,5 ab	2.200 ab	0,82 abcd	3,19 ab	3,27 ab	2,57 abc	93,7
9 – DRTR	280,0	28,9	2,80	50,6 ab	1.585 bc	0,11 d	2,97 ab	2,98 ab	0,28 c	83,0
10 – TEST	0,0	26,7	2,59	48,6 b	590 d	0,41 bcd	3,12 ab	3,16 ab	1,17 abc	80,6
C.V. (%)		27,4	32,2	6,1	63,6	18,9	9,9	10,2	73,6	30,5

\* US = Unidade SPAD.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, houve correlação significativa do índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdo de N-NO<sub>3</sub> na FASC com a dose de N aplicada até o momento da amostragem da FASC, aos 84 DAT (Quadro 28). Todas as características avaliadas na FASC não foram correlacionadas com as produções total, comercial e ponderada de frutos determinadas aos 133 DAT. Características possíveis de serem determinadas por meio de medidores portáteis, como índice SPAD e teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, apresentaram correlação significativa com a dose de N aplicada até o momento de amostragem da folha.

Quadro 28 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre pesos das matérias fresca e seca, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao sétimo cacho (FASC) com as doses de N aplicadas até 84 dias após o transplante e com as produções total, comercial e ponderada de frutos, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Característica avaliada na FASC	Dose de N	Produção de frutos		
		Total	Comercial	Ponderada
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,16	0,17	0,10	0,16
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,13	0,20	0,07	0,15
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	0,81**	0,06	-0,08	-0,02
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,57°	-0,07	-0,10	-0,03
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,56°	-0,14	-0,04	0,01
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,64*	-0,22	-0,06	-0,12
g) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,64*	-0,23	-0,07	-0,11
h) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,56°	-0,07	0,01	0,01
i) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,46	0,11	0,05	0,11

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\* , \* e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, o índice SPAD não se correlacionou significativamente com o peso da matéria fresca e teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca da FASC (Quadro 29). O oposto ocorreu para o peso da matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na FASC. O teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo não se correlacionou significativamente com o peso da matéria fresca e teores de N-org e N-tot na matéria seca da FASC.

Quadro 29 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre os pesos das matérias fresca e seca, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao sétimo cacho (FASC) com o índice SPAD e teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo na FASC, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Característica avaliada na FASC	Índice SPAD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,24	0,16
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,43**	0,26 <sup>o</sup>
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	–	0,49**
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,49**	–
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,17	0,31*
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,05	0,14
g) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,07	0,17
h) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,31*	0,42**
i) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,45**	0,34*

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\* , \* e <sup>o</sup> = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.1.2. Experimento A com irrigação de lixiviação no período de primavera/02-verão/03 (A – CIL<sub>2</sub>)

Os valores das características pesos das matérias fresca e seca da folha, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot da folha adjacente ao terceiro cacho (FATC), determinadas entre 58 e 65 DAT, no experimento A – CIL<sub>2</sub>, nos diversos critérios, encontram-se no Quadro 30. Elevado teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo e conteúdo de N-NO<sub>3</sub> foram observados nas plantas submetidas aos critérios SPAD-2, PESF e QENF.

Quadro 30 – Pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo ( $\text{NO}_3^-$ ), teores de nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N- $\text{NO}_3$ ) e N-total (C N-tot) na folha adjacente ao terceiro cacho do tomateiro, em amostragem realizada entre 58 e 65 DAT, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Dose de N até 56 DAT	PMF (g.folha <sup>-1</sup> )	PMS (g.folha <sup>-1</sup> )	SPAD (US) <sup>1</sup>	$\text{NO}_3^-$ (mg.L <sup>-1</sup> )	N- $\text{NO}_3$ (g.kg <sup>-1</sup> )	N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	C N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	C N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	50,0	13,90 abc	1,50 abc	53,6 cd	1.733 ab	0,39 d	2,86 c	2,90 d	0,70 bc	46,2 abc
2 – SPAD-2	593,7	14,30 abc	1,35 abc	65,5 a	4.600 ab	2,07 a	4,91 a	5,12 a	2,56 ab	68,6 abc
3 – SPAD-3	50,0	10,38 bc	0,93 bc	53,9 cd	1.933 ab	0,27 d	3,44 c	3,46 cd	0,26 c	33,6 bc
4 – PESF	297,3	18,38 abc	1,60 abc	62,9 ab	4.083 ab	1,70 ab	4,62 ab	4,79 ab	2,73 ab	76,5 abc
5 – QECS	163,3	17,95 abc	1,63 abc	59,5 abc	3.200 ab	1,11 bc	4,10 abc	4,21 abc	1,78 abc	68,1 abc
6 – QENF	276,7	21,12 ab	2,03 ab	60,1 abc	4.717 a	1,19 bc	3,90 abc	4,02 abcd	2,47 ab	80,6 ab
7 – OVAP	123,1	18,07 abc	1,60 abc	54,5 bcd	1.915 ab	0,62 cd	3,31 c	3,37 cd	1,00 abc	53,9 abc
8 – DRCO	154,0	13,98 abc	1,29 abc	60,0 abc	2.633 ab	1,23 bc	3,87 abc	3,99 abcd	1,68 abc	40,6 abc
9 – DRTR	280,0	24,47 a	2,37 a	61,1 abc	2.950 ab	1,14 bc	3,92 abc	4,04 abcd	2,75 a	95,7 a
10 – TEST	0,0	7,10 c	0,65 c	46,8 d	903 b	0,27 d	3,57 bc	3,60 bcd	0,19 c	23,0 c
C.V. (%)		24,3	25,4	5,0	44,0	23,8	10,8	11,4	42,8	31,0

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, todas as formas de N avaliadas e o índice SPAD na FATC foram correlacionadas com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem da folha, entre 58 e 65 DAT (Quadro 31). Para as produções total, comercial e ponderada de frutos houve correlação significativa com os pesos das matérias fresca e seca da FATC, índice SPAD e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na FATC. Dessa forma, características mais fáceis e rápidas de serem determinadas como índice SPAD e teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo na FATC, determinados por meio de medidores portáteis, podem ser utilizados no diagnóstico do estado nutricional nitrogenado. Para o prognóstico da produção de frutos, características como matérias fresca e seca na FATC podem ser utilizadas, além do conteúdo de N-NO<sub>3</sub> e de N-tot na FATC.

Quadro 31 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre pesos das matérias fresca e seca, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) com as doses de N aplicadas até 56 DAT e com as produções total, comercial e ponderada de frutos, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Característica avaliada na FATC	Dose de N	Produção de frutos		
		Total	Comercial	Ponderada
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,43	0,74**	0,75**	0,74**
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,40	0,77**	0,77**	0,76**
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	0,87**	0,52**	0,49**	0,49**
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,85**	0,26	0,22	0,18
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,93**	0,33 <sup>o</sup>	0,28	0,31 <sup>o</sup>
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,84**	0,09	0,07	0,15
f) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,90**	0,22	0,18	0,25
g) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,82**	0,64**	0,62**	0,66**
h) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,60*	0,73**	0,73**	0,75**

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\* , \* e <sup>o</sup> = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

O índice SPAD e o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo da FATC, que apresentaram correlação significativa com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem da FATC foram correlacionados com todas as formas de N avaliadas na FATC (Quadro 32). Os coeficientes de correlação foram mais baixos quando as características avaliadas na FATC foram correlacionadas com o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo do que com índice SPAD.

Quadro 32 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre os pesos das matérias fresca e seca, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) com o índice SPAD e teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo da FATC do tomateiro, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Característica avaliada na FATC	Índice SPAD	$\text{NO}_3^-$ na seiva
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,61**	0,23
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,57**	0,20
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	–	0,61**
d) Teor de $\text{NO}_3^-$ na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,61**	–
e) Teor de N- $\text{NO}_3$ na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,79**	0,65**
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,67**	0,55**
f) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,77**	0,63**
g) Conteúdo de N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,73**	0,42*
h) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,70**	0,32°

<sup>1</sup>US = Unidade SPAD.

\*\* , \* e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.1.3. Experimento A sem irrigação de lixiviação no período de primavera/02-verão/03 (A – SIL)

Os valores das características pesos das matérias fresca e seca da folha, índice SPAD, teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na FATC, determinadas entre 59 e 62 DAT no experimento A – SIL, nos diversos critérios, encontram-se no Quadro 33. O índice SPAD e as formas de N avaliadas foram menores nos critérios que resultaram em dose de até 115,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicadas até o momento de amostragem da FATC.

Quadro 33 – Pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo ( $\text{NO}_3^-$ ), teores de nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N- $\text{NO}_3$ ) e N-total (C N-tot) na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) do tomateiro, em amostragem realizada entre 59 e 62 DAT, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimento A – SIL

Critério	Dose de N até 56 DAT	PMF (g.folha <sup>-1</sup> )	PMS (g.folha <sup>-1</sup> )	SPAD (US) <sup>1</sup>	$\text{NO}_3^-$ (mg.L <sup>-1</sup> )	N- $\text{NO}_3$ (g.kg <sup>-1</sup> )	N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	C N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	C N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	50,0	14,73 abc	1,42 abc	56,5 bcd	802 d	0,57 bc	3,43 b	3,48 bc	0,84 bcd	49,7 abcd
2 – SPAD-2	319,5	10,59 bc	0,96 bcd	65,3 a	3.537 a	1,30 ab	4,38 a	4,51 a	1,36 abcd	43,3 bcd
3 – SPAD-3	50,0	11,03 abc	0,99 bcd	55,7 bcd	750 d	0,29 c	3,44 b	3,47 c	0,27 d	34,2 cd
4 – PESF	314,5	18,65 a	1,80 a	61,7 ab	2.412 abc	1,38 a	4,20 ab	4,33 ab	2,35 a	76,4 a
5 – QECS	13,4	9,29 c	0,79 cd	52,8 cd	1.090 cd	0,52 bc	3,48 b	3,53 bc	0,44 cd	27,7 d
6 – QENF	276,7	15,19 abc	1,48 abc	60,8 ab	2.675 abc	1,43 a	4,18 ab	4,33 ab	2,10 ab	64,4 ab
7 – OVAP	115,6	17,46 ab	1,55 ab	56,6 bcd	1.434 bcd	1,12 ab	3,90 ab	4,01 abc	1,70 abc	61,7 abc
8 – DRCO	154,0	15,41 abc	1,43 abc	60,5 ab	2.912 ab	1,70 a	4,56 a	4,73 a	2,40 a	66,6 ab
9 – DRTR	280,0	17,05 ab	1,64 ab	59,3 abc	1.737 bcd	1,13 ab	4,22 ab	4,33 ab	1,84 ab	60,8 ab
10 – TEST	0,0	8,43 c	0,71 d	50,4 d	1.892 bcd	0,53 bc	3,50 b	3,55 bc	0,40 cd	25,2 d
C.V. (%)		23,0	22,5	5,5	34,3	32,1	8,5	8,7	39,3	23,9

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – SIL, os pesos das matérias fresca e seca, índice SPAD, teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na FATC foram correlacionadas significativamente com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem da FATC, entre 59 e 62 DAT (Quadro 34). Semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 31), características como peso das matérias fresca e seca, índice SPAD e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na FATC também apresentaram correlações significativas com as produções total, comercial e ponderada de frutos enfatizando que as mesmas podem ser utilizadas para prognóstico da produção do tomateiro em ambiente protegido.

Quadro 34 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre pesos das matérias fresca e seca, índice SPAD, teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) com as doses de N aplicadas até 56 DAT e com as produções total, comercial e ponderada de frutos, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL

Característica avaliada na FATC	Dose de N	Produção de frutos		
		Total	Comercial	Ponderada
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,59 <sup>o</sup>	0,67**	0,66**	0,60**
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,55 <sup>o</sup>	0,70**	0,69**	0,63**
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	0,90**	0,49**	0,47**	0,43**
d) Teor de $\text{NO}_3^-$ na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,72*	0,08	0,05	0,07
e) Teor de N- $\text{NO}_3$ na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,78**	0,35*	0,32*	0,30 <sup>o</sup>
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,83**	0,28 <sup>o</sup>	0,25	0,25
f) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,83**	0,29 <sup>o</sup>	0,26	0,26
g) Conteúdo de N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,77**	0,54**	0,52**	0,47**
h) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,72*	0,70**	0,69**	0,63**

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\* , \* e <sup>o</sup> = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

No experimento A – SIL, o índice SPAD se correlacionou significativamente com todas as características avaliadas na FATC (Quadro 35), semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 32). O teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo não se correlacionou significativamente com os pesos das matérias fresca e seca e com o conteúdo de N-tot da FATC. Dessa forma, o índice SPAD parece ser mais preciso no diagnóstico do estado nutricional nitrogenado do tomateiro.

Quadro 35 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre os pesos das matérias fresca e seca, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) do tomateiro, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL

Característica avaliada na FATC	Índice SPAD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,40*	0,03
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,44**	0,01
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	–	0,53**
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,53**	–
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,56**	0,78**
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,56**	0,79**
f) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,57**	0,80**
g) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,57**	0,54**
h) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,54**	0,23

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\* e \* = significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.1.4. Equações para estimativa de índices nutricionais nitrogenado e prognóstico da produção do tomateiro em ambiente protegido

As equações para prognóstico da produção de frutos foram determinadas apenas com base no peso da matéria seca da FATC (Quadro 36), pois, a correlação dessa característica com as produções avaliadas nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 31) e A – SIL (Quadro 34), apresentou os maiores coeficientes, altamente significativos.

Quadro 36 – Equações para a estimativa das produções total, comercial e ponderada de frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido a partir do peso da matéria seca na folha adjacente ao terceiro cacho

Variável $\hat{Y}$	Equação	R <sup>2</sup>
Produção total (t.ha <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 54,11481 + 35,59892^{**} X - 5,48343^{\circ} X^2$	0,49
Produção comercial (t.ha <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 47,83765 + 39,13096^{**} X - 6,57162^{\circ} X^2$	0,56
Produção ponderada (t.ha <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 24,97926 + 25,35918^{**} X - 4,24879^{\circ} X^2$	0,48

\*\* e ° = significativos a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.  
X = índice SPAD medido na FATC, em ambiente protegido, em dois experimentos.

Devido à baixa correlação observada entre as características avaliadas na FASC, aos 84 DAT, este procedimento não foi adequado para ser utilizado na avaliação do diagnóstico do estado nutricional nitrogenado do tomateiro cultivado em ambiente protegido. Dessa forma, foram determinadas equações possíveis de serem utilizadas para a estimativa das formas de N avaliadas apenas na FATC, avaliada entre 58 e 65 DAT, no completo florescimento do terceiro cacho (Quadro 37). As equações foram determinadas apenas com base no índice SPAD, pois essa característica apresentou correlação significativa com todas as formas de N avaliadas na FATC nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 32) e A – SIL (Quadro 35).

Quadro 37 – Equações para a estimativa do teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) do tomateiro cultivado em ambiente protegido, a partir do índice SPAD

Variável $\hat{Y}$ na FATC	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de N-NO <sub>3</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 0,002 \exp^{0,1034 X}$	0,47
Teor de N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 28,42282 + 0,57418^{\circ} X - 7,60161^{\circ} X^{0,5}$	0,40
Teor de N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 1,048 \exp^{0,0242 X}$	0,37
Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = 0,0001 \exp^{0,1536 X}$	0,55
Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	$\hat{Y} = -445,4864 + 14,8513^* X - 0,1062^{\circ} X^2$	0,41

\* e ° = significativos a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.  
X = índice SPAD medido na FATC, em ambiente protegido, em dois experimentos.

## 3.2. Experimentos no Campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>)

### 3.2.1. Experimento B no período de verão-outono/02 (B<sub>1</sub>)

Os valores das características pesos das matérias fresca e seca da folha, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na FASC, determinadas aos 84 DAT no experimento B<sub>1</sub>, nos diversos critérios, encontram-se no Quadro 38. De forma geral, o índice SPAD e os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo e de N-NO<sub>3</sub> na matéria seca da FASC aumentaram proporcionalmente ao aumento na quantidade de N aplicada até o momento de amostragem da FASC.

Quadro 38 – Pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo ( $\text{NO}_3^-$ ), teores de nitrato (N- $\text{NO}_3$ ), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N- $\text{NO}_3$ ) e N-total (C N-tot) na folha adjacente ao sétimo cacho do tomateiro, em amostragem realizada aos 84 DAT, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimento B<sub>1</sub>

Critério	Dose de N	PMF	PMS	SPAD	$\text{NO}_3^-$	N- $\text{NO}_3$	N-org	N-tot	C N- $\text{NO}_3$	C N-tot
	até 84 DAT	(g.folha <sup>-1</sup> )	(g.folha <sup>-1</sup> )	(US) <sup>1</sup>	(mg.L <sup>-1</sup> )	(g.kg <sup>-1</sup> )	(dag.kg <sup>-1</sup> )	(dag.kg <sup>-1</sup> )	(mg.folha <sup>-1</sup> )	(mg.folha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	501,4	11,6 abc	1,5 ab	53,2 ab	3.788 b	0,43	2,19 bc	2,23 bc	0,65	33,7
2 – SPAD-2	1953,7	10,9 abc	1,5 ab	56,6 a	6.637 a	1,04	2,44 abc	2,54 abc	1,61	37,8
3 – SPAD-3	131,6	15,1 a	1,8 ab	51,3 b	6.188 a	0,58	2,26 abc	2,31 abc	0,94	40,8
4 – PESF	505,0	11,0 abc	1,0 ab	50,1 bc	5.600 ab	0,57	2,25 abc	2,31 abc	0,59	23,2
5 – QECS	1196,2	15,0 a	2,2 a	52,8 b	6.200 a	0,73	1,84 c	1,91 c	1,47	43,3
6 – QENF	1656,2	9,2 bc	1,1 ab	52,6 b	6.337 a	1,14	2,20 bc	2,31 abc	1,22	26,1
7 – OVAP	250,0	11,7 abc	1,5 ab	47,4 cd	5.400 ab	0,46	2,65 ab	2,69 ab	0,73	39,3
8 – DRCO	500,0	12,5 abc	1,6 ab	53,7 ab	5.150 ab	0,60	2,48 abc	2,54 abc	0,98	40,2
9 – DRTR	500,0	14,9 ab	1,9 ab	51,7 b	6.250 a	0,79	2,59 ab	2,67 ab	1,53	51,3
10 – TEST	0,0	8,4 c	0,8 b	44,8 d	5.768 a	0,58	2,87 a	2,93 a	0,34	21,8
C.V. (%)		32,3	36,0	4,8	22,3	48,6	11,3	11,6	52,5	36,8

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Correlações significativas com as doses de N aplicadas até o momento da amostragem da FASC foram obtidas para o índice SPAD, teor de N-NO<sub>3</sub> na matéria seca e conteúdo de N-NO<sub>3</sub> na FASC (Quadro 39). De todas as formas de N avaliadas na FASC, somente o peso da matéria fresca e os teores de N-org e N-tot na matéria seca da FASC apresentaram correlações significativas com as produções total, comercial e ponderada de frutos.

Quadro 39 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre pesos das matérias fresca e seca, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao sétimo cacho (FASC) com as doses de N aplicadas até 84 DAT e com as produções total, comercial e ponderada de frutos, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Característica avaliada na FASC	Dose de N	Produção de frutos		
		Total	Comercial	Ponderada
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	-0,14	0,34*	0,29 <sup>o</sup>	0,31 <sup>o</sup>
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,19	0,25	0,20	0,16
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	0,72*	0,39*	0,14	0,13
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,45	-0,16	-0,16	-0,22
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	0,86**	-0,15	-0,15	-0,19
f) Teor de N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	-0,44	0,45**	-0,42**	-0,39*
g) Teor de N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	-0,38	-0,46**	-0,43**	-0,40*
h) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,71*	0,16	0,11	0,07
i) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,02	0,33*	0,26	0,25

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\*, \* e <sup>o</sup> = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

No experimento B<sub>1</sub>, somente o teor de N-NO<sub>3</sub> na matéria seca e conteúdo de N-NO<sub>3</sub> na FASC apresentaram correlação significativa com o índice SPAD e com o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo na FASC (Quadro 40). As demais características avaliadas apresentaram coeficientes de correlação baixos, indicando que a avaliação da FASC, aos 84 DAT, não foi adequada para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado.

Quadro 40 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre os pesos das matérias fresca e seca, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao sétimo cacho (FASC) do tomateiro, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Característica avaliada na FASC	Índice SPAD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,12	-0,09
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,21	-0,06
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	–	0,06
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,06	–
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	0,32**	0,68**
f) Teor de N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	-0,17	-0,01
g) Teor de N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	-0,13	0,06
h) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,41**	0,52**
i) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,23	-0,02

<sup>1</sup>US = Unidade SPAD.

\*\* = significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.2.2. Experimento B no período de primavera/02-verão/03 (B<sub>2</sub>)

Os valores das características pesos das matérias fresca e seca da folha, índice SPAD, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na FATC, avaliada entre 43 e 53 DAT no experimento B<sub>2</sub>, nos diversos critérios, encontram-se no Quadro 41. Maiores valores de todas as características avaliadas na FATC, com exceção do teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, foram obtidos pela utilização do critério DRCO, que foi baseado na dose recomendada de 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aplicada em cobertura a cada 14 DAT. Os valores obtidos para essas características, na maioria dos critérios avaliados, foram maiores do que aqueles observados na FASC, no experimento B<sub>1</sub> (Quadro 38).

Os critérios SPAD-1 e SPAD-3, que haviam recebido apenas 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante, apresentaram os menores teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca da FATC, até mesmo abaixo daqueles obtidos na folha do tomateiro sem aplicação de N (TEST).

Quadro 41 – Pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo ( $\text{NO}_3^-$ ), teores de nitrato (N- $\text{NO}_3$ ), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N- $\text{NO}_3$ ) e N-total (C N-tot) na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) do tomateiro, em amostragem realizada entre 43 e 53 DAT, em função dos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimento B<sub>2</sub>

Critério	Dose de N até 42 DAT	PMF (g.folha <sup>-1</sup> )	PMS (g.folha <sup>-1</sup> )	SPAD (US) <sup>1</sup>	$\text{NO}_3^-$ (mg.L <sup>-1</sup> )	N- $\text{NO}_3$ (g.kg <sup>-1</sup> )	N-org (dag.kg <sup>-1</sup> )	N-tot (dag.kg <sup>-1</sup> )	C N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	C N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	50,0	36,2	3,8	50,6 b	2.162 ab	0,36 c	2,91 c	2,95 c	1,39 b	111,1
2 – SPAD-2	689,0	37,3	3,8	56,2 ab	5.050 ab	0,89 abc	3,89 ab	3,98 ab	3,27 ab	150,6
3 – SPAD-3	50,0	38,6	3,9	50,9 b	2.297 ab	0,39 c	2,82 c	2,86 c	1,60 ab	112,9
4 – PESF	823,6	48,6	4,9	57,0 ab	3.950 ab	1,42 ab	3,76 ab	3,90 ab	7,39 ab	148,8
5 – QECS	193,2	43,0	4,5	55,0 ab	4.862 ab	1,20 ab	3,91 ab	4,03 ab	5,61 ab	192,5
6 – QENF	218,5	36,3	3,5	52,4 ab	5.300 a	1,44 a	4,01 ab	4,15 ab	4,90 ab	143,1
7 – OVAP	189,0	47,6	4,9	51,7 b	2.225 ab	0,89 abc	3,50 abc	3,59 abc	4,13 ab	174,2
8 – DRCO	304,5	57,4	5,4	59,6 a	4.950 ab	1,51 a	4,13 a	4,28 a	8,98 a	236,5
9 – DRTR	525,0	36,7	3,7	54,6 ab	3.800 ab	1,24 ab	3,97 ab	3,97 ab	4,44 ab	147,8
10 – TEST	0,0	22,1	2,0	42,5 c	1.837 b	0,69 bc	3,41 bc	3,48 bc	1,35 b	68,9
C.V. (%)		56,6	49,9	5,8	37,7	29,5	8,0	8,2	72,2	55,9

<sup>1</sup>US = Unidade SPAD.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Correlações significativas com as doses de N aplicadas até o momento da amostragem da FATC, entre 43 e 53 DAT, foram obtidas para o índice SPAD e teores de N-org e N-tot na FATC (Quadro 42). De todas as formas de N avaliadas na FATC, somente o índice SPAD apresentou correlação significativa com as produções total, comercial e ponderada de frutos.

Quadro 42 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre pesos das matérias fresca e seca, índice SPAD, teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) com as doses de N aplicadas até 42 DAT e com as produções total, comercial e ponderada de frutos, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>

Característica avaliada na FATC	Dose de N	Produção de frutos		
		Total	Comercial	Ponderada
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,36	0,16	0,10	0,18
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,36	0,24	0,19	0,25
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	0,67*	0,39*	0,34*	0,38*
d) Teor de $\text{NO}_3^-$ na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,53	0,06	0,08	0,20
e) Teor de N- $\text{NO}_3$ na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,55	0,13	0,16	0,26
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,56°	0,02	-0,01	0,13
f) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,56°	0,03	0,01	0,15
g) Conteúdo de N- $\text{NO}_3$ (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,40	0,15	0,15	0,25
h) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,32	0,20	0,15	0,24

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\* e ° = significativos a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

No experimento B<sub>2</sub>, o índice SPAD e o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo na FATC se correlacionaram significativamente com o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na FATC (Quadro 43). O teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo não se correlacionou significativamente com as matérias fresca e seca da FATC.

Quadro 43 – Valores dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre os pesos das matérias fresca e seca, teores de N-NO<sub>3</sub>, N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) do tomateiro, nos critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>

Característica avaliada na FATC	Índice SPAD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva
a) Matéria fresca (g.folha <sup>-1</sup> )	0,22	0,16
b) Matéria seca – MS (g.folha <sup>-1</sup> )	0,28 <sup>o</sup>	0,19
c) Índice SPAD (US) <sup>1</sup>	–	0,46**
d) Teor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,46**	–
e) Teor de N-NO <sub>3</sub> na MS (g.kg <sup>-1</sup> )	0,47**	0,60**
f) Teor de N-org na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,45**	0,49**
f) Teor de N-tot na MS (dag.kg <sup>-1</sup> )	0,46**	0,50**
g) Conteúdo de N-NO <sub>3</sub> (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,39*	0,43**
h) Conteúdo de N-tot (mg.folha <sup>-1</sup> )	0,34*	0,28 <sup>o</sup>

<sup>1</sup> US = Unidade SPAD.

\*\*, \* e <sup>o</sup> = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.2.3. Equações para estimativa de índices nutricionais nitrogenado e prognóstico da produção do tomateiro no campo

As equações possíveis de serem utilizadas para a estimativa das formas de N avaliadas apenas na FATC e das produções total, comercial e ponderada de frutos do tomateiro cultivado no campo, entre 43 e 53 DAT, encontram-se no Quadro 44. Diferentemente dos experimentos em ambiente protegido (Quadro 36), o índice SPAD foi a única característica avaliada na FATC que apresentou correlação significativa com as produções total, comercial e ponderada de frutos e foi utilizado para determinação de equações para estimativa dessas produções.

Quadro 44 – Equações para a estimativa do teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, teores de  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{N-org}$  e  $\text{N-tot}$  e conteúdos de  $\text{N-NO}_3$  e  $\text{N-tot}$  na folha adjacente ao terceiro cacho (FATC) e das produções total, comercial e ponderada de frutos do tomateiro cultivado no campo, a partir do índice SPAD

Variável $\hat{Y}$ na FATC	Equação	$R^2$
Teor de $\text{N-NO}_3$ ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	$\hat{Y} = 0,0715 \exp^{0,0492 X}$	0,13
Teor de $\text{N-org}$ ( $\text{dag.kg}^{-1}$ )	$\hat{Y} = 1,3138 + 0,04394^{**} X$	0,21
Teor de $\text{N-tot}$ ( $\text{dag.kg}^{-1}$ )	$\hat{Y} = 1,1864 + 0,04825^{**} X$	0,21
Conteúdo de $\text{N-NO}_3$ ( $\text{mg.folha}^{-1}$ )	$\hat{Y} = -10,0761 + 0,27019^* X$	0,15
Conteúdo de $\text{N-tot}$ ( $\text{mg.folha}^{-1}$ )	$\hat{Y} = -150,64015 + 5,70288^* X$	0,12
Produção total ( $\text{t.ha}^{-1}$ )	$\hat{Y} = -489,8509 + 21,2812^{**} X - 0,1968^{**} X^2$	0,38
Produção comercial ( $\text{t.ha}^{-1}$ )	$\hat{Y} = -383,3992 + 16,8862^{**} X - 0,156^{**} X^2$	0,29
Produção ponderada ( $\text{t.ha}^{-1}$ )	$\hat{Y} = -300,2477 + 12,3769^* X - 0,1117^* X^2$	0,26

X = índice SPAD medido na FATC, no campo, em um experimento.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL)

#### 4.1.1. Experimento A com irrigação de lixiviação no período de verão-outono/02 (A – CIL<sub>1</sub>)

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, o índice SPAD na FASC, em todos os critérios estudados, até mesmo quando não foi aplicado N, ficou acima do nível crítico SPAD de 42 US, estabelecido por Guimarães (1998) para a mesma folha amostrada (Quadro 27). O teor de N-tot na FASC, em todos os critérios, também ficou entre os valores de 2,5 - 4,0 dag.kg<sup>-1</sup>, faixa considerada como adequada por Coltman (1987) para o tomateiro cultivado em ambiente protegido, em determinação na folha mais recente e completamente expandida, amostrada aos 84 DAT.

Sem a aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST), apenas o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo da FASC (590 mg.L<sup>-1</sup>) ficou abaixo de 1.327 - 1.770 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> considerado como adequado por Locascio et al. (1997), para amostragem da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice de plantas. Guimarães (1998) encontrou nível crítico de 740 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo na FASC do tomateiro, também cultivado em ambiente protegido. Por outro lado, o índice SPAD e o teor de N-tot acima do nível crítico no critério TEST, foi provavelmente devido ao alto teor original, de N-NO<sub>3</sub> no solo, 301,8 kg.ha<sup>-1</sup>, no início do período de cultivo (Quadro 1). A ausência de resposta em produção às doses de N aplicadas nos diferentes critérios desse experimento (Capítulo 3) reforça a importância do N-NO<sub>3</sub> presente no solo antes o transplante, no fornecimento de N ao tomateiro.

#### 4.1.2. Experimento A com irrigação de lixiviação no período de primavera/02- verão/03 (A – CIL<sub>2</sub>)

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, os critérios SPAD-2, PESF e QENF que haviam resultado nas maiores doses de N aplicadas até o momento de amostragem da FATC, aos 56 DAT, proporcionaram os maiores teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo e de N-NO<sub>3</sub> na matéria seca da FATC (Quadro 30). Isto pode ser indicativo de que o suprimento de N às plantas se encontrava em níveis elevados, especialmente para o critério SPAD-2, em que doses de 501,7 e 42,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N foram aplicadas aos 28 e 42 DAT,

respectivamente (Quadro 6). Além disso, o nível elevado de N aplicado nesse critério resultou na maturação mais tardia dos frutos e em menor produção (Capítulo 3), conforme também observado por Guimarães (1998).

O índice SPAD obtido em todos os critérios também ficou acima do nível crítico de 42,8 US estabelecido por Guimarães (1998) para a mesma folha amostrada (Quadro 30). Por outro lado, os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo e de N-tot na matéria seca da FATC dos critérios SPAD-1, SPAD-3, OVAP e TEST, que haviam recebido 50,0; 50,0; 123,1 e 0,0  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N, respectivamente, até o momento de amostragem da folha, ficaram abaixo dos limites inferiores de 2.212  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  (Rhoads et al., 1996) e de 4,0  $\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$  de N-tot (Coltman, 1987), considerados adequados para folha amostrada no mesmo período. Além disso, esses critérios resultaram nos menores valores do índice SPAD, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdo de N- $\text{NO}_3$  na FATC. Provavelmente, a aplicação de até 123,1  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N, no critério OVAP, não foi suficiente para suprir a necessidade de N do tomateiro até 56 DAT. Esses resultados contrariam aqueles obtidos por Tapia e Gutierrez (1997) ao observarem que a necessidade de N nos primeiros 59 DAT é pequena, aumentando rapidamente com o início do florescimento.

Pequena dose de N aplicada pela utilização dos critérios SPAD-1 e SPAD-3 é devido ao fato desses critérios serem baseados na aplicação de N quando o índice SPAD estivesse abaixo do nível crítico e 10% abaixo do nível crítico, respectivamente, o que não havia ocorrido até o momento da amostragem da FATC, entre 43 e 53 DAT. Entretanto, o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo na FATC desses critérios abaixo do valor considerado adequado podem indicar provável deficiência de N nas plantas. O resultado contrário obtido entre o índice SPAD e o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo da FATC pode ser devido às formas diferenciadas de N que foram determinadas. O índice SPAD reflete o teor de clorofila, que por sua vez reflete parte do N relativamente estável na forma de N-org e assim fornece informação de parte do teor de N-tot da folha. Entretanto, esse pool de N não parece ser rapidamente responsivo a variação geral do N como o pool de N inorgânico, representado pelo  $\text{NO}_3^-$  no pecíolo. Dessa forma, o  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo fornece informação antecipada de mudanças do estado nutricional nitrogenado da planta do que o índice SPAD (Lawlor et al., 1989). Além disso, essa forma de N é mais sensível ou mais rapidamente responsiva a variações na quantidade de N disponível para as plantas do que o N-tot (Mason e Wilcox, 1982; Huett e Rose, 1988) ou teor de clorofila (Sexton e Carroll, 2002). Provavelmente, isso também é válido para os resultados obtidos pela utilização do critério OVAP, que teve a determinação da quantidade de N baseada em observações visuais da aparência da planta. A aparência da planta foi determinada pela utilização de várias características da planta, dentre as quais, a coloração ou intensidade do verde das folhas, que está diretamente relacionada com o teor de clorofila.

#### **4.1.3. Experimento A sem irrigação de lixiviação no período de primavera/02-verão/03 (A – SIL)**

No experimento A – SIL, os resultados obtidos para o índice SPAD e teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo e de N-tot (Quadro 33) foram semelhantes aqueles do experimento A –  $\text{CIL}_2$  (Quadro 30). Além dos critérios SPAD-1, SPAD-3, OVAP e TEST, o QECS também apresentou índice SPAD acima e teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo e de N-tot abaixo dos níveis críticos estabelecidos como adequados por Guimarães (1998). Isso ocorreu pelo fato desses critérios terem resultado na aplicação de até  $115,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N até o momento de amostragem da FATC. Esses resultados comprovam aqueles obtidos no experimento A –  $\text{CIL}_2$ , onde a aplicação de até  $123,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N também não foi suficiente para suprir a necessidade de N pelo tomateiro até 56 DAT.

#### **4.1.4. Correlações e equações para a estimativa de índices nutricionais nitrogenado e o prognóstico da produção do tomateiro em ambiente protegido**

O índice SPAD e todas as formas de N avaliadas na FASC e na FATC foram correlacionados com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem das folhas, aos 84 e 56 DAT, respectivamente, e com a produção de frutos (Quadros 28, 31 e 34). Por apresentarem correlações significativas com as formas de N avaliadas, serem obtidos por meio de medidores portáteis e por serem realizados no próprio campo de forma mais fácil, o índice SPAD e o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo foram correlacionados com as formas de N avaliadas na FASC (Quadros 29) e na FATC (Quadros 32 e 35) para verificar a possibilidade dos mesmos serem utilizados no diagnóstico do estado nutricional nitrogenado.

Na FASC, o índice SPAD e o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo apresentaram baixos coeficientes de correlação com os pesos das matérias fresca e seca, teores de N- $\text{NO}_3$ , N-org e N-tot na matéria seca e conteúdos de N- $\text{NO}_3$  e N-tot na FASC (Quadro 29). Os resultados indicam que a amostragem dessa folha pode não ser adequada para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado. Além disso, não houve característica avaliada na FASC com possibilidade de ser utilizada para o prognóstico da produtividade de frutos. Locascio et al. (1997) e Rhoads et al. (1996) também observaram baixos coeficientes de correlação entre a produção de frutos e o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo da folha completamente expandida amostrada em mesmo período da FASC. Os coeficientes baixos e ausência de significância dos mesmos podem estar relacionados à ausência de resposta apresentada pelas produções de frutos às doses de N aplicadas

nos diferentes critérios (Capítulo 3), devido ao alto teor de N-NO<sub>3</sub> no solo no início do período de cultivo (Quadro 1).

Todas as formas de N avaliadas apresentaram correlação significativa com as doses de N aplicadas até o momento da amostragem da FATC, aos 56 DAT (Quadros 31 e 34). Correlação significativa com a produção de frutos foi obtida pelos pesos das matérias fresca e seca e os conteúdos de N-NO<sub>3</sub> e N-tot da FATC. Novamente, características mais fáceis de serem determinadas como o índice SPAD e o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo foram significativamente correlacionadas com as formas de N determinadas na matéria seca da FATC.

Os resultados mostraram a possibilidade de utilização dos medidores portáteis como o medidor de clorofila SPAD-502 e microeletrodo seletivo ao NO<sub>3</sub><sup>-</sup> C-141 Cardy Nitrate Meter, para a realização do diagnóstico do estado nutricional nitrogenado e estimativa da necessidade de N na cultura em desenvolvimento através da determinação do índice SPAD (Minotti et al., 1994; Peng et al., 1996; Gil et al., 2002) e do teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo (Schepers et al., 1992; Varvel et al., 1997) da FATC. O índice SPAD pode ser preferível por ter apresentado maior coeficiente de correlação e a estimativa das formas de N determinadas através das equações demonstradas no Quadro 38.

Para o prognóstico da produção de frutos, o peso da matéria seca da FATC pode ser preferível por apresentar maior coeficiente de correlação com as produções total, comercial e ponderada de frutos (Quadro 36) e ser de determinação mais rápida. Além disso, essa característica pode ser mais fácil de ser determinada do que o N-org na matéria seca do limbo, encontrado por Ferreira (2001) como a forma de N com maior correlação com a produção de frutos, sem a necessidade de equipamentos sofisticados e laboratório especializado, que tornam o custo das análises elevado.

## **4.2. Experimentos no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>)**

### **4.2.1. Experimento B no período de verão-outono/02 (B<sub>1</sub>)**

No experimento B<sub>1</sub>, o índice SPAD para todos os critérios estudados ficou acima do nível crítico obtido por Guimarães (1998) para a FASC do tomateiro cultivado no campo (Quadro 48). O teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo dessa folha foi relativamente alto. Valores adequados de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo tem sido estabelecidos para o tomateiro cultivado no campo sem proteção, em diversas partes do mundo. Na Flórida, para mesmo período de amostragem, os valores variam de 1.327 - 1.770 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub> para folha mais recente e completamente expandida, a partir do ápice da planta (Hochmuth,

1994; Locascio et al., 1997). No Brasil, Guimarães (1998) encontrou nível crítico de 3.040 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub> na seiva do pecíolo na FASC. Nível crítico superior, de 4.956 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, foi encontrado na Austrália por Huett e Rose (1988), mas para período anterior (70 DAT) ao qual a FASC foi amostrada (84 DAT). Dessa forma, considerando a variabilidade dos resultados obtidos, diferenças entre condições de cultivo, folha amostrada e período de amostragem, o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo de todos os critérios ficou acima daqueles considerados adequados em diversas pesquisas. Provavelmente, isso seja devido ao alto teor de N-NO<sub>3</sub> no solo no início do período de cultivo, semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>1</sub>, em ambiente protegido (Quadro 1).

Mesmo considerando o alto teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, os valores do teor de N-org em todos os critérios estudados ficaram abaixo do nível crítico de 4,12 dag.kg<sup>-1</sup> encontrado por Guimarães (1998), para mesma folha amostrada e do valor de 2,8 dag.kg<sup>-1</sup> considerado como adequado por Andersen et al. (1999) para a planta não apresentar deficiência de N. Talvez, a possível deficiência de N aos 70 DAT, observada em todos os critérios estudados, pode ter contribuído para a obtenção de baixas produções nesse experimento (Capítulo 3).

#### **4.2.2. Experimento B no período de primavera/02-verão/03 (B<sub>2</sub>)**

No experimento B<sub>2</sub>, os critérios SPAD-1, SPAD-3, OVAP e TEST, resultaram nos menores valores do índice SPAD e de todas as formas de N avaliadas na FATC, exceto para o teor de N-tot (Quadro 41). Além disso, os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo da FATC ficaram abaixo ou próximo ao limite inferior da faixa de 2.212 - 3.097 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, considerada adequada por Rhoads et al. (1996), para a folha mais recente e completamente expandida, amostrada aos 42 DAT. Os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo também ficaram abaixo do nível crítico de 2.558 mg.L<sup>-1</sup> obtido por Ferreira (2001) para mesma folha amostrada. Isso foi devido à aplicação das menores quantidades de N até o momento de amostragem da FATC, indicando que a aplicação de até 189,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N não foi suficiente para fornecer quantidade de N adequada para as plantas até 42 DAT.

Semelhante ao observado no experimento B<sub>1</sub>, todos os critérios estudados resultaram em teor de N-org abaixo dos níveis críticos de 5,25 e 5,17 dag.kg<sup>-1</sup>, estabelecidos por Guimarães (1998) e Ferreira (2001), respectivamente, para mesma folha amostrada, indicando que as plantas apresentavam provável deficiência de N.

#### **4.2.3. Correlações e equações para a estimativa de índices nutricionais nitrogenado e o prognóstico da produção do tomateiro no campo**

O índice SPAD e todas as formas de N avaliadas na FASC e na FATC foram correlacionados com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem das folhas, aos 84 e 42 DAT, respectivamente, e com a produção de frutos (Quadros 39 e 42). Apesar do teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo não apresentar correlação significativa com as doses de N aplicadas até o momento de amostragem das folhas. Essa característica, juntamente com o índice SPAD foram correlacionados com as formas de N avaliadas na FASC (Quadro 40) e na FATC (Quadro 43) para verificar a possibilidade dos mesmos serem utilizados no diagnóstico do estado nutricional nitrogenado.

Os resultados obtidos para as correlações do índice SPAD com as formas de N da FASC (Quadro 40) foram semelhantes àqueles obtidos no experimento A – CIL<sub>1</sub> em ambiente protegido para mesma folha amostrada (Quadro 29). Os resultados indicam que a amostragem dessa folha também pode não ser adequada para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado do tomateiro no campo.

Comparações das correlações obtidas para as características avaliadas na FASC e FATC demonstram que maior precisão para a predição do potencial produtivo do sistema pode ser conseguida para folhas amostradas aos 42 DAT do que aos 84 DAT. Resultados semelhantes foram obtidos por Rhoads et al. (1996) e Locascio et al. (1997) ao observarem que o teor de  $\text{NO}_3^-$  na seiva do pecíolo apresentou maior correlação com a produção de frutos e com o teor de N da folha, respectivamente, para amostragem realizada aos 56 DAT. Além disso, esse período é adequado para que possíveis correções de deficiência de N possam ser corrigidas através da aplicação de fertilizante nitrogenado (Locascio et al., 1997; Taber, 2001) antes do início da colheita de frutos (70-80 DAT), quando o efeito do N é mais pronunciado.

Os resultados obtidos na FATC indicam que o índice SPAD pode ser utilizado tanto para diagnóstico do estado nutricional nitrogenado quanto para o prognóstico da produção de frutos. Dessa forma, com apenas um equipamento e medição é possível realizar o ajuste da adubação nitrogenada do tomateiro, indicando a necessidade ou não de aplicação do fertilizante nitrogenado e estimar as produções total, comercial e ponderada de frutos através das equações demonstradas nos Quadros 43 e 44.

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1. Experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL)

- O diagnóstico do estado nutricional nitrogenado apresentou teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo e de N-tot na matéria seca da FATC inferiores aos limites considerados adequados nos critérios baseados no nível crítico do índice SPAD (SPAD-1) e em 10% abaixo (SPAD-3), em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e sem aplicação de N (TEST);
- O índice SPAD da folha adjacente ao terceiro cacho, determinado após o completo florescimento do mesmo com o medidor portátil de clorofila SPAD-502, foi a melhor característica para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado do tomateiro em ambiente protegido;
- O peso da matéria seca da folha adjacente ao terceiro cacho, determinado após o completo florescimento do mesmo, foi a melhor característica para o prognóstico da produção de frutos do tomateiro em ambiente protegido.

### 5.2. Experimentos no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>)

- O diagnóstico do estado nutricional nitrogenado apresentou valores do índice SPAD e das formas de N avaliadas na FATC inferiores aos limites considerados adequados nos critérios baseados no nível crítico do índice SPAD (SPAD-1) e em 10% abaixo (SPAD-3), em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e sem aplicação de N (TEST);
- O índice SPAD da FATC, determinado após o completo florescimento do terceiro cacho com o medidor portátil de clorofila SPAD-502, foi a melhor característica tanto para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado quanto para o prognóstico da produção de frutos do tomateiro no campo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andersen, P.C.; Rhoads, F.M.; Olson, S.M.; Hill, K.D. Carbon and nitrogen budgets in spring and fall tomato crops. **HortScience**, v.34, n.3, p.648-652, 1999.

Araujo, C.; Fontes, P.C.R.; Silva, G.H. Relação entre teores de nitrato na folha e seiva do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, p.369, 2003.

Bernardo, S. **Manual de irrigação**. Viçosa-MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 656p.

Blackmer, T.M.; Schepers, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.9-10, p.1791-1800, 1994.

Carrijo, O.A., Makishima, N., Oliveira, C.A.S., Reis, N.V.B; Fontes, R.R. Fatores de evaporação do tanque classe A e níveis de fertirrigação com nitrogênio e potássio afetando o cultivo protegido de tomate. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.1, p.78, 1996.

Cataldo, D.A.; Harron, M.; Schrader, L.E.; Younes, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80, 1975.

Chapman, S.C.; Barreto, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-592, 1997.

Coltman, R.R. Sampling considerations for nitrate quick tests of greenhouse-grown tomatoes. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.112, n.6, p.922-927-1987.

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

Defelipo, B.V.; Ribeiro, A.C. **Análise química do solo**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997.26p.

Fayad, J.A. Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa. Viçosa: UFV, 1998. 81p. (Tese de Mestrado).

Ferreira, M.M.M. **Resposta do tomateiro a doses de nitrogênio e à adubação orgânica, em duas épocas de cultivo**. Viçosa: UFV, 2001. 140p. (Tese de Doutorado).

Fontes, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

Fontes, P.C.R. Sugestões de adubações para hortaliças. IN: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds). Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. 1999, p.171-174.

Fontes, P.C.R.; Guimarães, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200-201, p.36-44, 1999.

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 de batata. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.611-615, 2002.

Guimarães, T.G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. Viçosa: UFV, 1998. 184p. (Tese de Doutorado).

Guimarães, T.G.; Fontes, P.C.R.; Pereira, P.R.G.; Alvarez V., V.H.; Monnerat, P.H. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.2, p.144-151, 1998.

Guimarães, T.G.; Fontes, P.C.R.; Pereira, P.R.G.; Alvarez V., V.H.; 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.

Hochmuth, G.J. Sufficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. **HortTechnology**, v.2, p.121-125, 1994.

Huett, D.O.; Rose, G. Diagnostic nitrogen concentrations for tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.28, p.401-409, 1988.

Jackson, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1958. 458p.

Lawlor, D.W.; Kontturi, M.; Young, A.T. Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxilase activity and nitrogen supply. **Journal of Experimental Botany**, v.40, p.43-52, 1989.

Locascio, S.J.; Hochmuth, G.J.; Rhoads, F.M.; Olson, S.M.; Smajstrla, A.G.; Hanlon, E.A. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. **HortScience**, v.32, n.2, p.230-235, 1997.

Marouelli, W.A., Silva, W.L.C.; Silva, H.R. **Manejo de irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 60p.

Mason, S.C.; Wilcox, G.E. Nitrogen status evaluation of tomato plants. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.107, n.3, p.483-486, 1982.

Minolta Camera Co. **Manual for Chlorophyll Meter SPAD-502**. Minolta Camera Co., Ltd., Japan. 1989. 22p.

Minotti, P.L.; Halseth, D.E.; Sieczka, J.B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **HortScience**, v.29, n.12, p.1497-1500, 1994.

Peng, S.; Garcia, F.V.; Laza, M.R.C.; Sanico, A.L.; Visperas, R.M.; Cassman, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crop Research**, v.47, p.243-252, 1996.

Pimentel-Gomes, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2000. 477p.

Rhoads, F.M.; Olson, S.M.; Hochmuth, G.J.; Hnalon, E.A. Yield an petiole-sap nitrate levels of tomato with N rates applied preplant or fertigated. **Soil Crop Sciences Society of Florida Proceedings**, v.55, p.20-22, 1996.

Ronchi, C.P.; Fontes, PC.R.; Pereira, P.R.G.; Nunes, J.C.S.; Martinez, H.E.P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v.48, p.469-484, 2001.

SAS Institute, Inc. **Statistical Analysis System User's Guide. SAS/STAT**. SAS Institute, Inc., Cary, NC, 1990.

Scharf, P. Soil and plant tests to predict optimum nitrogen rates for corn. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.6, p.805-826, 2001.

Schepers, J.S.; Francis, D.D.; Vigil, M.; Below, F.E. Comparison of corn leaf-nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, n.17-20, p.2173-2187, 1992.

Sexton, P.; Carroll, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.9, p.1975-1986, 2002.

Shapiro, C.A. Using a chlorophyll meter to manage nitrogen applications to corn with high nitrate irrigation water. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.30, n.7-8, p.1037-1049, 1999.

Sweeney, D.W.; Graetz, D.A.; Bottcher, A.B.; Locascio, S.J.; CAMPBELL, K.L. Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. **HortScience**, v.22, n.1, p.27-29, 1987.

Taber, H.G. Petiole sap nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.6, p.945-959, 2001.

Tapia, M.L.; Gutierrez, V. Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium through tomato ontogenesis. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, n.6, p.783-791, 1997.

Varvel, G.E.; Schepers, J.S.; Francis, D.D. Chlorophyll meter and stalk nitrate techniques as complementary indices for residual nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.147-151, 1997.

Waskon, R.M.; Westfall, D.G.; Spellman, D.E.; Soltanpour, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3-4, p.545-560, 1996.

Yang, J.E.; Skogley, E.O.; Schaff, B.E.; Kim, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, v.62, p.1108-1115, 1998.

Zebarth, B.J.; Younie, M.; Paul, J.W.; Bittman, S. Evaluation of leaf chlorophyll index for making fertilizer nitrogen recommendations for silage corn in a high fertility environment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, n.5-6, p.665-684, 2002.

## CAPÍTULO 2

### ESTRATÉGIAS DE AMOSTRAGEM PARA DETERMINAÇÃO DO NITRATO RESIDUAL NO SOLO APÓS O CULTIVO DO TOMATEIRO FERTIRRIGADO E ADUBADO EM SULCOS

#### RESUMO

O efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada e do posicionamento de amostragem para a quantificação do N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi determinado após o cultivo do tomateiro fertirrigado e adubado por sulcos. Cinco experimentos foram conduzidos, sendo três em ambiente protegido, com fertirrigação por gotejamento (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo sem proteção, com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> foram conduzidos no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e os experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). Em cada experimento, os tratamentos foram arranjos em parcela subdividida, com dez critérios para o manejo da adubação nitrogenada na parcela e posições de amostragem do solo na subparcela. Esses foram arranjos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições no experimento A – CIL<sub>1</sub>, quatro no A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e três no A – CIL<sub>2</sub>. Na parcela, os tratamentos foram baseados nos seguintes critérios: 1) dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); igual ao tratamento 1 porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido através da utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na percentagem da dose fixa de N no experimento A – CIL<sub>1</sub> e na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QEFR); 7) doses de 50; 56; 56; 50 e 105 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 280 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos

experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, e 500 e 525 kg.ha<sup>-1</sup>, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, aplicadas parceladamente em cobertura a cada 14 dias (DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). Na subparcela, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL foram considerados três tratamentos, que foram os locais de amostragem do solo, distanciados das plantas em 10 cm (A) e 30 cm sobre a linha (B) e em 10 cm entre linha (C) de transplante. Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> foram utilizados cinco locais de amostragem do solo, distanciados das plantas em 10 cm (A) e 30 cm (B) na linha e em 10 cm (C) e 30 cm à esquerda (D) e em 10 cm à direita (E) entre linha de transplante. Foi determinado o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo de amostras retiradas no final do ciclo de cada experimento, em diferentes posições. Em todos os experimentos em ambiente protegido e no campo o teor de N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios. Em condições de ambiente protegido e fertilizante nitrogenado fertirrigado por gotejamento, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> residual foi obtida pela utilização de amostra composta tomada em posições distanciadas em 10 cm na entre linha e sobre a linha de transplante. Em condições de campo sem proteção e fertilizante nitrogenado aplicado em sulco, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> residual foi obtida pela utilização de amostra composta tomada em posições sobre o sulco e entre o sulco e as plantas.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, amostragem do solo, fertirrigação, abubação por sulcos.

## ABSTRACT

### **SAMPLING STRATEGIES FOR DETERMINATION OF THE RESIDUAL NITRATE SOIL AFTER GROWTH TOMATO PLANT FERTIGATION AND FURROW FERTILIZED**

The management nitrogen fertilizer program and sampling positioning for the N-NO<sub>3</sub> soil effect after growth tomato plant fertigation and furrow fertilized quantification was determined. Five experiments were carried, being three in unheated greenhouse, with drip fertigation (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) and two in field without protection and furrow solid fertilizer application and irrigation (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). The A – CIL<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments were carried out from January to May 2002 period (summer-autumn/02) and A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL and B<sub>1</sub> were carried out from September 2002 to January 2003 (spring/02-summer/03). In

plot each experiment ten treatments or criteria to of the tomato plant were studied. In each experiment, the treatments were arranged in a split plot design, with ten criteria to management nitrogen fertilizer program as main treatments and soil sampling places as split plot treatment. These were arranged in a randomized complete block design with five replicates in A – CIL<sub>1</sub>, four in A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e three in A – CIL<sub>2</sub> experiment. In plot, the treatments were set in following criteria: 1) N rate of 50 kg.ha<sup>-1</sup> applied at transplant time and remaining N rate was sidedress applied, as necessary, using SPAD index critical level criterion to define N necessity (SPAD-1); 2) the same as the prior treatment being used the SPAD index critical value increased in 20% (SPAD-2); 3) the same as treatment 1 but the value SPAD index critical value was decreased by 10% (SPAD-3); SPAD index was obtained by SPAD-502 chlorophyll portable meter use; 4) defined based upon fruit expected yield and soil and fertilizer contributions (PESF); 5) defined based upon in fixed N rate percentage in A – CIL<sub>1</sub> experiment and expected N amount in fruit and soil contribution, in A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments (QECS); 6) defined based upon expected N amount in fruit (QEFR); 7) N rates of 50, 56, 56, 50 and 105 kg.ha<sup>-1</sup> at the transplanting time, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively, and the remaining N rates were sidedress applied, as necessary, using plant appearance visual observations to define the necessity (OVAP); 8) 280 kg.ha<sup>-1</sup> of N, the experimental recommended rate, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments; 500 and 525 kg.ha<sup>-1</sup> N rates in B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively; all rates were sidedress applied to every 14 days (DRCO); 9) same as the prior treatment, but all N as applied at the transplant time (DRTR); 10) without nitrogen fertilizer application (TEST). In split plot, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments three treatments were considered, that were soil sampling places, plant distanced in 10 cm (A) and 30 cm at line (B) and in 10 cm between transplant line (C). In B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments five treatments in split plot were used, that were the places of soil sampling, plants distanced in 10 cm (A) and 30 cm (B) at line and in 10 cm (C) and 30 cm to left (D) and in 10 cm to right (E) between transplant line. Soil N-NO<sub>3</sub> level was determined in after the end of the cycle sampling in which experiments. In all experiments in unheated greenhouse and field, the soil residual N-NO<sub>3</sub> level was proportional to N applied amount in different criteria. In unheated greenhouse and nitrogen fertilizer by drip fertigation, the best soil sampling strategy to residual N-NO<sub>3</sub> level determination was obtained by the use of composed sample taking in positions distanced in 10 cm between line and transplant line. In field without protection and fertilizer nitrogen furrow application, the best strategy of soil sampling to determination of the residual N-NO<sub>3</sub> level was obtained by the use of sample composed taking in positions on furrow and between furrow and plants.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, soil sampling, fertigation, furrow fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

Para obtenção de alta produtividade e máximo retorno econômico, o tomateiro requer prática intensiva de manejo de nutrientes. Em muitos casos, o nitrogênio (N) é o nutriente que mais limita o crescimento do tomateiro, sendo necessário tanto para formação da área foliar quanto para a produção de frutos. Normalmente, a adubação nitrogenada é realizada pela utilização de doses fixas, sem levar em consideração a quantidade de N existente no solo. Esse fato, aliado ao custo relativamente baixo do fertilizante nitrogenado quando comparado a outros insumos levam, quase sempre, à aplicação de quantidade elevada de N na cultura do tomateiro.

Muitas pesquisas tem sido focadas no desenvolvimento de práticas de manejo que permitam a utilização mais eficiente do fertilizante nitrogenado. Dentre estas práticas, a determinação do teor de N mineral (N-NH<sub>4</sub> e N-NO<sub>3</sub>) ou de N-NO<sub>3</sub> no solo pode fornecer informações para tornar o manejo do N mais preciso em vários sistemas agrícolas. A quantidade de N presente no momento da amostragem do solo é diretamente relacionada à capacidade de fornecimento de N pelo solo (Kerbs et al., 1973). Na maioria das vezes, apenas a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> é suficiente devido a quantidade de N-NH<sub>4</sub> ser baixa sob condições favoráveis de pH no solo (Meyer e Marcum, 1998). Além disso, as repostas apresentadas pela correlação entre a produção total e o teor de N-NO<sub>3</sub> ou de N mineral (N-NO<sub>3</sub> + N-NH<sub>4</sub>) são similares, não justificando, na maioria das vezes, a determinação de N-NH<sub>4</sub> no solo (Binford et al., 1992; Guimarães, 1998).

Em diversos países, a recomendação da adubação nitrogenada se baseia na relação linear entre o teor de N mineral ou N-NO<sub>3</sub> no solo e doses ótimas (N<sub>op</sub>) do fertilizante nitrogenado (Neeteson, 1995). Nesses casos, a adubação nitrogenada é calculada como a diferença entre a quantidade de N<sub>op</sub> e o N fornecido pelo solo. Esses critérios tem sido utilizados para várias culturas (Ris et al., 1981; Neeteson e Zwetsloot, 1989; Wadman et al., 1990; Everaarts e De Moel, 1995; Warncke, 1996; Bélanger et al., 2001).

Recomendações precisas do fertilizante nitrogenado utilizando o teor de N mineral ou N-NO<sub>3</sub> no solo dependem da obtenção de amostras representativas do solo (Dahnke e Johnson, 1990), pois o comportamento do N no solo pode ser influenciado por diferentes formas de aplicação do fertilizante nitrogenado. A aplicação via água de irrigação

(fertirrigação), especialmente quando aplicada de forma localizada em irrigação por gotejo, promove maior eficiência da fertilização nitrogenada. Porém, esta prática pode, em algumas situações, favorecer a lixiviação e reduzir a concentração do N-NO<sub>3</sub> próximo ao tubo gotejador, especialmente quando a quantidade de água aplicada for excessiva (Cook e Sanders, 1990). Além disso, o fertilizante nitrogenado aplicado tende a acumular na extremidade da área formada pela infiltração de água no solo (bulbo molhado) e dependendo do local de amostragem, pode haver variação no teor de N-NO<sub>3</sub> no solo sob irrigação por gotejo.

No sistema tradicional de irrigação por sulcos, no qual a quantidade de água aplicada é elevada, o fertilizante nitrogenado é aplicado em faixas para que ocorra maior quantidade de N recuperado (Zebarth et al., 1995). Nesse caso, dependendo da estratégia utilizada para a retirada das amostras do solo, a recomendação da quantidade de fertilizante nitrogenado também pode conter erros.

Assim, na amostragem para a determinação do N mineral deve ser levado em consideração a possível desuniformidade de distribuição de N no solo (Everaarts et al., 1996). Clay et al. (1997) concluíram que a melhor estratégia para amostragem de áreas adubadas em faixa seria a retirada de amostras na posição central localizada entre a linha de plantio e a faixa do fertilizante, que poderiam reduzir em até 50% o número de amostras necessárias quando comparada com amostras retiradas ao acaso. Entretanto, dependendo da quantidade de N aplicada isso pode não ser adequado e outro procedimento de amostragem é necessário.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada e o posicionamento de amostragem para a quantificação do N-NO<sub>3</sub> residual no solo após o cultivo do tomateiro fertirrigado e adubado por sulcos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os detalhes de cada experimento e os respectivos tratamentos estão descritos no capítulo 1.

## **2.1. Tratamentos e delineamento experimental**

Em cada experimento, os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram estudados dez tratamentos ou critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro. Nas subparcelas foram estudadas as diferentes posições de amostragem do solo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições no experimento A – CIL<sub>1</sub>, quatro no A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e três no A – CIL<sub>2</sub>.

### **2.2.1. Tratamentos da parcela**

Nas parcelas foram estudados dez tratamentos ou critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, os quais estão descritos em maiores detalhes nos itens 2.4.1 a 2.4.8 do Capítulo 1.

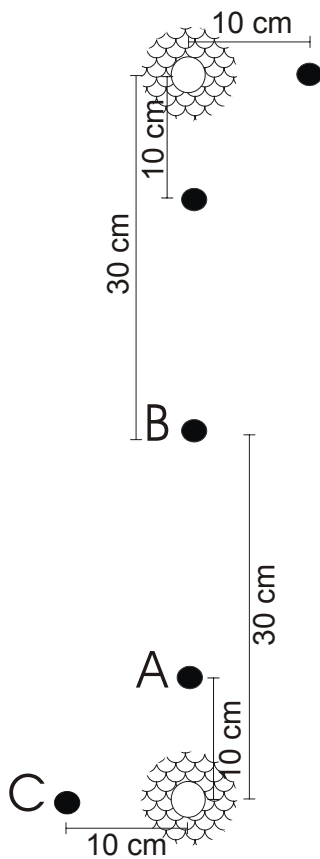
As aplicações de N no momento do transplante, em todos os experimentos, foram realizadas no sulco de transplante. Nos experimentos em ambiente protegido, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, a aplicação de N nos tratamentos em cobertura foi via água de irrigação, por gotejamento. No experimento A – CIL<sub>1</sub> foi utilizado como fonte de N, sulfato de amônio (20% de N) em todas as aplicações. Nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, todas as aplicações em cobertura foram na forma de sulfato de amônio, exceto aos 56 DAT, que foi utilizado o nitrato de cálcio (15% de N).

Nos experimentos no campo, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, a aplicação das doses de N em cobertura foi realizada em sulcos, abertos alternadamente às linhas de transplante, distanciados 30 cm destas, e posteriormente cobertos com solo. No experimento B<sub>1</sub> foi utilizado o sulfato de amônio em todas as aplicações. No experimento B<sub>2</sub>, todas as aplicações no sulco de transplante ou em cobertura foram na forma de sulfato de amônio, exceto aos 42 e 56 DAT, que foi utilizado o nitrato de cálcio.

### **2.2.2. Tratamentos da subparcela**

Nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL foram considerados três tratamentos, que foram os locais de amostragem do solo, distanciados das plantas em 10 (A) e 30 cm sobre o sulco (B) e em 10 cm entre sulco (C) de transplante (Figura 1). Esses três tratamentos foram considerados como subparcela, tendo sido executados após a

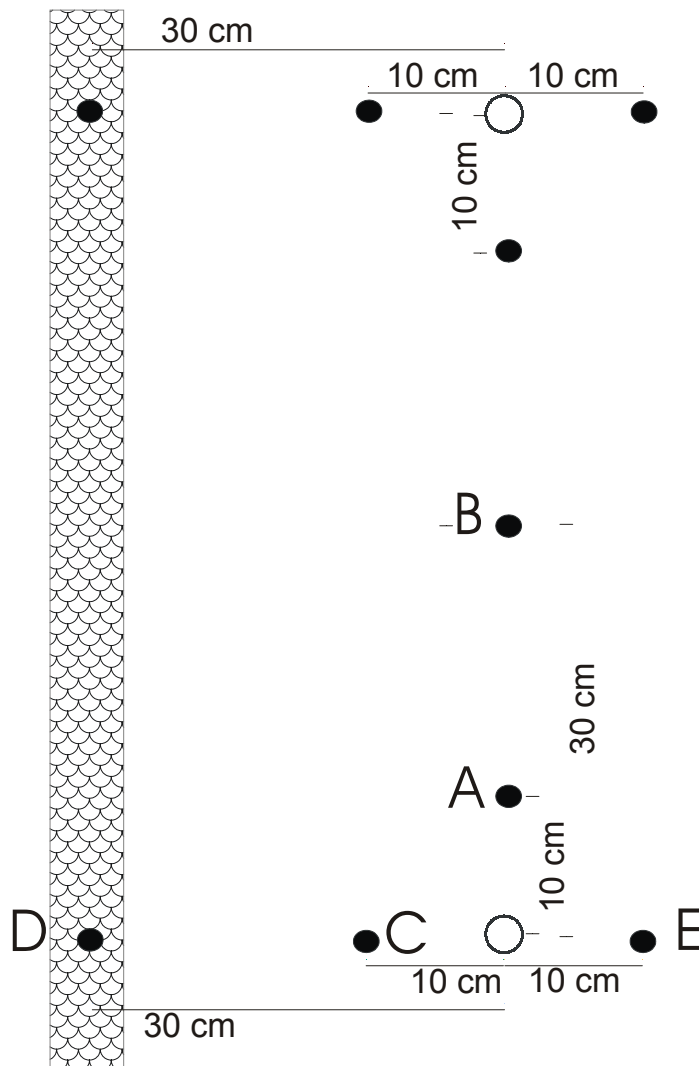
última colheita de frutos, coletando-se as amostras simples na camada de 0-20 cm de profundidade.



○ Caule das plantas úteis    ● Posição de amostragem    ☼ Aplicação do fertilizante via gotejamento

Figura 1 – Locais de retiradas de amostras de solo (A, B e C) nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (ambiente protegido e irrigação por gotejamento).

Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> foram utilizados cinco tratamentos na subparcela, que foram os locais de amostragem do solo, distanciados das plantas em 10 (A) e 30 cm (B) na linha e em 10 (C) e 30 cm à esquerda (D) e em 10 cm à direita (E) entre linha de transplante (Figura 2).



○ Caule das plantas úteis

▒ Aplicação do fertilizante sólido em cobertura e sulco de irrigação

● Posição de amostragem

Figura 2 – Locais de retiradas das amostras de solo (A, B, C, D e E) nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (experimentos no campo e irrigação em sulco, com mangueira).

Todas as amostras de solo foram secadas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm. Posteriormente foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em refrigerador a 5°C, visando paralisar atividades microbiológicas sobre as formas de N, até a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub>.

Em laboratório, foram tomadas subamostras de 5 cm<sup>3</sup> de solo, nas quais foi feita a extração de N-NO<sub>3</sub>, em copos plásticos descartáveis, utilizando KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> como extrator, na relação solo:extrator de 1:10. Após agitação em agitador horizontal, por 15

minutos, o extrato foi obtido por filtração, utilizando-se papel de filtração lenta. O N-NO<sub>3</sub> presente no extrato foi determinado utilizando-se a metodologia simplificada, baseada no método do salicilato, proposta por Yang et al. (1998).

Subamostras foram misturadas e homogeneizadas para constituir uma amostra composta onde foi determinado o pH em água, relação 1:2,5; teor de fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) extraídos pelo Mehlich 1; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) extraídos por KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (Defelipo e Ribeiro, 1997).

### **2.3. Procedimento estatístico**

Os dados foram submetidos a análise de variância. Para o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, as médias dos tratamentos da parcela e da subparcela foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes, 2000). Também, foi realizada a análise de correlação linear de Pearson entre os valores de pH e dos teores de N-NO<sub>3</sub> nas diferentes posições de amostragem, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn com as doses de N aplicadas nos diferentes tratamentos estudados. Os coeficientes de correlação foram testados a 1 (\*\*), 5 (\*) e 10% (°) de significância, pelo teste t.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL)**

#### **3.1.1. Experimento A com irrigação de lixiviação no período de verão-outono/02 (A – CIL<sub>1</sub>)**

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, houve diferenças significativas entre os tratamentos, nas três posições de amostragem quanto ao teor de N-NO<sub>3</sub> no solo (Quadro 1). O critério SPAD-2, que resultou na maior quantidade de N aplicada, 1073,0 kg.ha<sup>-1</sup>, propiciou o maior teor de N-NO<sub>3</sub> nas amostras de solo retiradas na posição B, distanciadas das plantas em 30 cm sobre a linha, e C, 10 cm na entre linha de transplante.

Em relação à posição de amostragem, houve diferença significativa somente no critério QENF, com a aplicação de 448,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Nesse critério, maior teor de N-

NO<sub>3</sub> foi observado na posição de amostragem A, distanciada das plantas em 10 cm sobre a linha de transplante.

Nos critérios DRCO e DRTR foi utilizada a mesma dose de N, 280,0 kg.ha<sup>-1</sup>, mas aplicada em cobertura ou toda no momento do transplante, respectivamente. Essa diferença no momento de aplicação do N resultou em menor teor de N-NO<sub>3</sub> no solo em todas as posições de amostragem no critério DRTR, quando o fertilizante nitrogenado foi aplicado todo no momento do transplante.

Quadro 1 – Teor de N-NO<sub>3</sub> (mg.dm<sup>-3</sup>) das amostras de solo em diferentes posições (A, B e C), em função dos critérios estudados, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Posição de amostragem <sup>1</sup>		
		A	B	C
1 – SPAD-1	246,6	96,7 defA	45,8 bcA	52,9 cdA
2 – SPAD-2	1073,0	300,7 bA	351,8 aA	407,4 aA
3 – SPAD-3	50,0,0	53,5 fgA	28,3 cA	30,1 deA
4 – PESF	90,0	74,3 efA	48,8 bcA	26,7 deA
5 – QECS	252,0	202,4 cA	56,9 bcA	76,5 cA
6 – QENF	448,0	474,1 aA	86,8 bC	221,4 bBC
7 – OVAP	200,0	131,2 dA	30,4 cA	41,4 cdeA
8 – DRCO	280,0	100,6 deA	55,0 bcA	77,7 cA
9 – DRTR	280,0	50,4 fgA	39,7 cA	32,3 deA
10 – TEST	0,0	29,4 gA	17,6 cA	8,5 eA
C.V. (%)		76,7	141,2	158,4

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O teor de N-NO<sub>3</sub> determinado em todas as posições de amostragem correlacionou positiva e significativamente com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios (Quadro 2), indicando que o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo foi proporcional às doses de N aplicadas. Maior coeficiente de correlação linear foi obtido com o teor de N-NO<sub>3</sub> das amostras de solo retiradas na posição B, distanciadas das plantas em 30 cm sobre a linha de transplante, e C, em 10 cm entre linha de transplante.

Não houve correlação entre as doses de N aplicadas nos diferentes critérios e teor dos demais nutrientes determinados no solo, exceto a correlação negativa com Mn.

Quadro 2 – Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de N-NO<sub>3</sub> determinado em amostras de solo retiradas nas posições A, B e C, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos critérios, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Característica avaliada	Coeficiente de correlação linear (r) <sup>1</sup>
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem A	0,64*
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem B	0,96**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem C	0,96**
pH	0,38
P	0,37
K	0,01
Ca	0,19
Mg	-0,10
Cu	-0,36
Fe	-0,28
Zn	-0,07
Mn	-0,56°

<sup>1</sup>\*\* , \* e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.1.2. Experimento A com irrigação de lixiviação no período de primavera/02-verão/03 (A – CIL<sub>2</sub>)

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, houve diferenças significativas entre os tratamentos nas três posições de amostragem (Quadro 3). Entretanto, o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo não foi proporcional às doses de N aplicadas. Nas amostras de solo retiradas na posição A, distanciadas das plantas em 10 cm na linha de transplante, o maior teor de N-NO<sub>3</sub> foi obtido no critério SPAD-1, devido à aplicação de 420,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aos 70 DAT.

Os resultados obtidos nos critérios DRCO e DRTR foram contrários ao que seria esperado e àqueles obtidos no experimento A – CIL<sub>1</sub> (Quadro 1). A aplicação de toda a dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante (DRTR) resultou em maior teor de N-NO<sub>3</sub> no final do ciclo de cultivo do que quando aplicada em cobertura a cada 14 dias (DRCO). Além disso, no critério DRTR, a amostra de solo distanciada da planta em 30 cm sobre a linha de transplante (B) apresentou menor teor de N-NO<sub>3</sub> do que aquelas mais próximas da planta, distanciadas em 10 cm sobre a linha (A) e na entre linha de transplante (C).

Quadro 3 – Teor de N-NO<sub>3</sub> (mg.dm<sup>-3</sup>) das amostras de solo em diferentes posições (A, B e C), em função dos critérios estudados, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Posição de amostragem <sup>1</sup>		
		A	B	C
1 – SPAD-1	470,0	332,0 aA	166,4 cA	179,8 bcA
2 – SPAD-2	593,7	89,8 bcA	358,5 aA	378,4 aA
3 – SPAD-3	229,7	78,1 bcA	118,6 cdA	124,6 cdeA
4 – PESF	538,8	98,1 bcA	177,2 bcA	172,9 bcdA
5 – QECS	296,8	87,5 bcA	269,5 abA	132,6 cdeA
6 – QENF	439,2	125,1 bA	79,2 cdA	82,2 cdefA
7 – OVAP	152,9	44,2 bcA	118,4 cdA	74,0 defA
8 – DRCO	280,0	85,5 bcA	144,1 cdA	70,5 efA
9 – DRTR	280,0	296,6 aA	155,1 cA	263,7 bA
10 – TEST	0,0	21,3 cA	46,2 dA	20,2 fA
C.V. (%)		84,3	78,4	112,9

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, os coeficientes de correlação foram significativos apenas para as amostras de solo retiradas na posição B, distanciadas das plantas em 30 cm na linha, e C, em 10 cm entre linha de transplante (Quadro 4), semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>1</sub> (Quadro 2).

O valor de pH e os teores de P, K, Ca, Mg e Cu foram negativa e significativamente correlacionados com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios.

Quadro 4 – Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de N-NO<sub>3</sub> determinado em amostras de solo retiradas nas posições A, B e C, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos critérios, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Característica avaliada	Coeficiente de correlação linear (r) <sup>1</sup>
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem A	0,36
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem B	0,63°
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem C	0,68*
pH	-0,65*
P	-0,53
K	-0,78**
Ca	-0,72*
Mg	-0,75*
Cu	0,80**
Fe	0,54
Zn	0,52
Mn	0,18

<sup>1</sup>\*\* , \* e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.1.3. Experimento A sem irrigação de lixiviação no período de primavera/02-verão/03 (A – SIL)

O teor de N-NO<sub>3</sub> no solo do experimento A – SIL foi significativamente diferente nos critérios estudados (Quadro 5). A aplicação de toda a dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante resultou em maior teor de N-NO<sub>3</sub> no final do ciclo de cultivo apenas na amostra de solo mais distante da planta, retirada na posição B, distanciada em 30 cm na linha. Não houve diferença significativa entre as posições de amostragem.

As amostras de solo retiradas na posição C, distanciadas das plantas de 10 cm entre linha de transplante, apresentaram maior teor de N-NO<sub>3</sub> do que as outras duas posições de amostragem (A e B), para os critérios SPAD-2 e QENF que resultaram na aplicação de grande quantidade de N em cobertura, sendo 269,5 e 114,2 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aos 28 e 56 DAT, respectivamente.

Quadro 5 – Teor de N-NO<sub>3</sub> (mg.dm<sup>-3</sup>) das amostras de solo em diferentes posições (A, B e C), em função dos critérios estudados, no experimento A – SIL

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Posição de amostragem <sup>1</sup>		
		A	B	C
1 – SPAD-1	166,0	197,1 eA	170,2 cdA	132,6 fA
2 – SPAD-2	319,5	358,0 bcA	492,5 aA	499,9 bA
3 – SPAD-3	50,0	90,8 fA	88,9 efA	82,9 fA
4 – PESF	570,8	551,9 aA	224,4 bcA	429,1 cA
5 – QECS	24,4	114,1 fA	70,3 fA	68,0 fA
6 – QENF	439,2	294,7 cdA	282,3 bA	631,8 aA
7 – OVAP	145,4	290,9 cdA	161,6 cdA	115,3 fA
8 – DRCO	280,0	398,4 bA	142,2 deA	322,5 dA
9 – DRTR	280,0	240,0 deA	503,1 aA	249,9 fA
10 – TEST	0,0	76,6 fA	60,0 fA	74,1 fA
C.V. (%)		70,8	56,1	61,2

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – SIL, os resultados obtidos para as correlações entre o teor de N-NO<sub>3</sub> nas diferentes posições de amostragem e as doses de N aplicadas foram diferentes daqueles observados nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 6). Correlação significativa e positiva com as doses de N aplicadas foi observada para o teor de N-NO<sub>3</sub> das amostras de solo retiradas mais próximas das plantas, na posição A e C, distanciadas em 10 cm na linha e entre linha de transplante, respectivamente, e para o teor de Fe.

Correlação negativa com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios foi observada para o valor de pH e teores de K, Ca e Mg.

Quadro 6 – Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de N-NO<sub>3</sub> determinado em amostras de solo retiradas nas posições A, B e C, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos critérios, no experimento A – SIL

Característica avaliada	Coeficiente de correlação linear (r) <sup>1</sup>
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem A	0,89**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem B	0,55
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem C	0,87**
pH	-0,66*
P	-0,05
K	-0,64*
Ca	-0,57°
Mg	-0,73*
Cu	-0,07
Fe	0,65*
Zn	-0,17
Mn	0,45

<sup>1</sup>\*\* , \* e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

## 3.2. Experimentos no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>)

### 3.2.1. Experimento B no período de verão-outono/02 (B<sub>1</sub>)

No experimento B<sub>1</sub>, houve diferenças significativas entre os critérios estudados em todas as posições de amostragem (Quadro 7). Nos critérios SPAD-2, PESF, QECS, QENF e DRCO, que resultaram na aplicação de doses de N acima de 495,9 kg.ha<sup>-1</sup>, o teor de N-NO<sub>3</sub> da amostra de solo retirada na posição D, distanciada das plantas em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado, foi significativamente diferente das demais posições de amostragem. Além disso, para a maioria dos critérios, as amostras retiradas nessa posição apresentaram os maiores teores de N-NO<sub>3</sub>. Por outro lado, menores teores de N-NO<sub>3</sub>, independentemente da posição de amostragem, foram obtidos quando não houve aplicação de N (TEST), quando a dose de N recomendada foi aplicada toda no momento do transplante (DRTR) e quando houve aplicação de pequena quantidade de N no momento do transplante e aos 28 DAT (SPAD-3).

Quadro 7 – Teor de N-NO<sub>3</sub> (mg.dm<sup>-3</sup>) das amostras de solo em diferentes posições (A, B, C, D e E), em função dos critérios estudados, no experimento B<sub>1</sub>

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Posição de amostragem <sup>1</sup>				
		A	B	C	D <sup>2</sup>	E
1 – SPAD-1	501,4	106,9 cA	138,0 cA	234,1 bcA	381,6 fA	50,5 cdA
2 – SPAD-2	1953,7	456,1 aAB	255,5 aB	651,6 aAB	718,4 dA	241,8 aB
3 – SPAD-3	131,6	55,7 cA	36,3 dA	17,3 cA	35,8 hA	20,4 dA
4 – PESF	505,0	75,2 cB	57,0 dB	89,5 bcB	1202,4 cA	27,8 dB
5 – QECS	1196,2	276,5 bB	182,2 bcB	373,0 abB	2638,4 aA	185,5 aB
6 – QENF	1656,2	259,5 bB	197,7 abB	444,1 abB	2253,0 bA	160,7 abB
7 – OVAP	250,0	59,7 cA	47,6 dA	36,1 cA	248,2 gA	104,8 bcA
8 – DRCO	500,0	90,3 cB	52,6 dB	110,3 bcB	594,1 eA	101,1 cB
9 – DRTR	500,0	91,5 cA	61,9 dA	34,9 cA	33,9 hA	58,8 cdA
10 – TEST	0,0	36,8 cA	21,3 dA	18,9 cA	25,9 hA	24,8 dA
C.V. (%)		55,9	81,9	76,5	44,3	92,9

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> Local onde foi aplicado o fertilizante em cobertura.

O teor de N-NO<sub>3</sub> de todas as posições de amostragem apresentaram correlações significativas com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios (Quadro 8), sendo maiores coeficientes obtidos para as amostras de solo retiradas na posição A, distanciadas em 10 cm na linha, B, em 30 cm na linha, e D, em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde foi aplicado o fertilizante nitrogenado.

Quadro 8 – Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de N-NO<sub>3</sub> determinado em amostras de solo retiradas nas posições A, B, C, D e E, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos tratamentos, no experimento B<sub>1</sub>

Característica avaliada	Coeficiente de correlação linear (r) <sup>1</sup>
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem A	0,96**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem B	0,95**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem C	0,65*
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem D	0,96**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem E	0,89**
pH	0,53
P	-0,55°
K	-0,36
Ca	0,20
Mg	0,36
Cu	-0,28
Fe	0,31
Zn	-0,12
Mn	0,66*

<sup>1</sup>\*\* , \* e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

### 3.2.2. Experimento B no período de primavera/02-verão/03 (B<sub>2</sub>)

No experimento B<sub>2</sub>, houve diferenças significativas entre os critérios estudados em todas as posições de amostragem (Quadro 9). Somente nas duas maiores doses de N aplicadas, 727,4 e 1420,0 kg.ha<sup>-1</sup>, o teor de N-NO<sub>3</sub> da amostra de solo retirada na posição D, distanciada das plantas em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado, foi diferente das demais posições de amostragem.

Os menores teores de N-NO<sub>3</sub> das amostras de solo retiradas fora da linha de transplante (C e D) foram observados quando não foi aplicado N (TEST) e quando foi aplicado somente no momento do transplante, em doses de 50,0 (SPAD-1 e SPAD-2) e 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N (DRTR). Em todos os critérios estudados e posições de amostragem, o teor de N-NO<sub>3</sub> foi menor do que no experimento B<sub>1</sub>.

Quadro 9 – Teor de N-NO<sub>3</sub> (mg.dm<sup>-3</sup>) das amostras de solo em diferentes posições (A, B, C, D e E) e coeficientes de correlação linear com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios estudados, no experimento B<sub>2</sub>

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Posição de amostragem <sup>1</sup>				
		A	B	C	D <sup>2</sup>	E
1 – SPAD-1	50,0	48,8 bcA	12,8 dA	32,7 dA	38,2 eA	52,7 abcA
2 – SPAD-2	727,4	49,1 bcB	29,0 bcdB	99,3 bAB	218,5 bA	66,7 abB
3 – SPAD-3	50,0	40,3 bcA	15,8 dA	43,8 cdA	37,6 eA	45,3 cA
4 – PESF	1423,5	87,5 aBC	47,7 aC	170,3 aB	359,0 aA	67,9 abBC
5 – QECS	333,1	52,1 bA	16,3 dA	59,1 cA	77,0 dA	63,2 abcA
6 – QENF	412,3	54,7 bA	22,4 dA	51,3 cA	88,2 cdA	62,4 abcA
7 – OVAP	273,0	46,1 bcA	24,0 cdA	41,6 cdA	30,7 eA	56,0 abcA
8 – DRCO	525,0	57,3 bA	43,4 abA	95,5 bA	100,1 cA	69,4 aA
9 – DRTR	525,0	40,6 bcA	41,2 abcA	52,1 cA	23,3 eA	52,3 abcA
10 – TEST	0,0	33,8 cA	20,6 dA	43,9 cdA	35,3 eA	50,5 bcA
C.V. (%)		33,1	51,7	66,7	103,0	26,5

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> Local onde foi aplicado o fertilizante em cobertura.

No experimento B<sub>2</sub>, maior correlação com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios foi obtida para o teor de N-NO<sub>3</sub> da amostra de solo retirada na posição C, distanciadas em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde foi aplicado o fertilizante nitrogenado (Quadro 10). Correlação negativa e significativa com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios foi observada para os teores de Ca e Mg.

Quadro 10 – Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de N-NO<sub>3</sub> determinado em amostras de solo retiradas nas posições A, B, C, D e E, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos tratamentos, no experimento B<sub>2</sub>

Característica avaliada	Coeficiente de correlação linear (r) <sup>1</sup>
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem A	0,86**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem B	0,80**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem C	0,91**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem D	0,94**
N-NO <sub>3</sub> na posição de amostragem E	0,72*
pH	-0,64
P	0,42
K	-0,30
Ca	-0,80**
Mg	-0,77**
Cu	-0,26
Fe	0,06
Zn	-0,21
Mn	0,36

<sup>1</sup>\*\* e \* = significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL)

A distribuição horizontal do teor de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm de profundidade do solo sob irrigação por gotejamento indicou que a maior parte do N-NO<sub>3</sub> ficou localizado próximo às plantas, na entre linha ou na linha de transplante. Dessas posições, a amostra de solo retirada na posição A, distanciada das plantas em 10 cm na linha de transplante apresentou o maior teor de N-NO<sub>3</sub>, em todos os critérios, no experimento A – CIL<sub>1</sub> (Quadro 1) e na maioria dos critérios, no experimento A – SIL (Quadro 5). Entretanto, no experimento A – CIL<sub>2</sub>, a amostra retirada nessa posição apresentou maior teor de N-NO<sub>3</sub> somente nos critérios SPAD-1, QENF e DRTR (Quadro 3). Conseqüentemente, isso acarretou ausência de correlação significativa com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios (Quadro 4).

No critério DRTR, a dose recomendada de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N foi integralmente aplicada no momento do transplante. Nesse caso, seria esperado que a amostra de solo distanciada das plantas em 30 cm, sobre a linha de transplante (B), apresentasse maior teor de N-NO<sub>3</sub> do que a amostra mais próxima da planta. Isso porque, o sistema radicular do tomateiro sob condições de irrigação localizada, por gotejamento, talvez não se desenvolva horizontalmente na direção da linha de transplante para absorver o N localizado a 30 cm de distância das plantas. Entretanto, apenas no experimento A – SIL, o teor de N-NO<sub>3</sub> da amostra de solo retirada na posição B foi maior do que nas amostras distanciadas em 10 cm sobre a linha (A) e na entre linha (C) de transplante (Quadro 5). Isso indica que, provavelmente, o sistema radicular do tomateiro desenvolveu horizontalmente na direção da linha de transplante e absorveu parte do N localizado em posição mais distante das plantas.

O critério baseado no aumento do nível crítico SPAD em 20% (SPAD-2) e baseado na quantidade esperada de N no fruto (QENF) resultaram nas maiores doses de N aplicadas no experimento A – CIL<sub>1</sub> e, conseqüentemente, no maior teor de N-NO<sub>3</sub> no final do ciclo de cultivo. Nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, além desses critérios, aquele baseado na produtividade esperada de frutos + contribuição do solo e do fertilizante (PESF) também apresentou comportamento semelhante. Isso foi devido a esses critérios terem resultado nas maiores quantidades de N aplicadas, conforme também observado por Guimarães (1998), Ferreira (2001) e Sainz Rozas et al. (2000).

Na maioria dos critérios estudados, que receberam aplicação de N em cobertura, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e A – SIL, a amostra de solo distanciada das plantas em 10 cm sobre a linha de transplante (A), apresentou teor médio de N-NO<sub>3</sub> 247 e 40% maior do que aquela distanciada em 10 cm na entre linha de transplante (C). Menor teor de N-NO<sub>3</sub> na entre linha de transplante sugere que pelo menos pequena quantidade de N fertirrigado foi movido para fora desta área devido ao tubo gotejador estar localizado a ±5 cm de distância das plantas, ao longo da entre linha de transplante (Cook e Sanders, 1990 e 1991).

Os resultados nos experimentos em ambiente protegido indicam que o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo foi proporcional às doses de N aplicadas nos diferentes critérios, conforme pode ser comprovado pelos elevados coeficientes de correlação linear (Quadros 2, 4 e 6), exceto nas amostras distanciadas em 10 cm sobre a linha de transplante, no experimento A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 4). Dessa forma, altas doses de N aplicadas resultaram em alto teor de N-NO<sub>3</sub> no solo no final do ciclo de cultivo. Esse resultado pode ser devido ao efeito da ausência de chuvas e da irrigação localizada, por gotejamento, no ambiente protegido, aliado ao solo da área que apresentava, provavelmente, altas capacidades de troca aniônica e de adsorção de N-NO<sub>3</sub> por ter argila do tipo 1:1 e óxidos de ferro e alumínio (Singhi e Kanehiro, 1969). Tais fatores podem retardar o movimento do íon no solo em relação ao movimento de água (Bellini et al., 1996), minimizando a lixiviação N-NO<sub>3</sub> para profundidades maiores do que 20 cm.

Nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, à medida que as doses de N aplicadas aumentaram, o valor de pH e teores de K, Ca e Mg no solo diminuíram, conforme pôde ser comprovado pelos coeficientes de correlação negativos e significativos (Quadros 4 e 6). A diminuição do pH é devido à forma amoniacal do fertilizante nitrogenado aplicado (sulfato de amônio) que é oxidada na reação de nitrificação e libera íons hidrogênio (H<sup>+</sup>), resultando na acidificação do solo (Tisdale et al., 1985). A interação entre doses de N aplicadas e os teores de K, Ca e Mg pode ter sido devido ao aumento da quantidade de N disponível que estimulou o crescimento do tomateiro, aumentando o potencial de utilização desses nutrientes que são exigidos em grande quantidade pelo tomateiro e conseqüente aumento da absorção pela planta e redução dos teores desses nutrientes no solo.

Recomendações de N baseadas na determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo dependem da obtenção de amostras representativas do solo (Dahnke e Johnson, 1990; Starr et al., 1992). O protocolo de amostragem inclui a coleta de amostras ao acaso dentro de áreas com similar manejo e tipo de solo. Clay et al. (1995) mostraram que se essa estratégia for utilizada em áreas onde o fertilizante nitrogenado é aplicado em

faixas, então as recomendações podem conter grandes erros. Provavelmente, o mesmo deve ser verdadeiro para aplicações de N via fertirrigação. Dessa forma, a amostragem de solo para aplicação de N via fertirrigação pode ser realizada pela utilização de amostras tomadas de posições distanciadas das plantas em 10 cm na entre linha de transplante e em 10 e 30 cm sobre a linha de transplante.

#### **4.2. Experimentos no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>)**

Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, o maior teor de N-NO<sub>3</sub> no solo nos critérios que receberam fertilizante nitrogenado em cobertura foi obtido na amostra distanciada das plantas em 30 cm à esquerda (D), no local onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado (Quadros 7 e 9). Além disso, o teor de N-NO<sub>3</sub> da amostra de solo retirada nessa posição apresentou o maior coeficiente de correlação com as doses de N (Quadros 8 e 10). Correlações positivas e significativas entre doses de N com o teor de N-NO<sub>3</sub> nas demais posições de amostragem (A, B, C, e E) indicam que houve movimento horizontal do N-NO<sub>3</sub>, conforme também observado por Clay et al. (1997). Dessa forma, mesmo considerando o elevado volume de chuvas no período de cultivo dos dois experimentos, 849,8 e 965,5 mm, respectivamente (Capítulo 3), o movimento vertical do N-NO<sub>3</sub> para camadas mais profundas do solo foi menor quando o N foi aplicado parceladamente em cobertura. Esses resultados reforçam a provável ocorrência de alta capacidade de troca aniônica e de adsorção de N-NO<sub>3</sub> no solo da área de cultivo, conforme também enfatizado para os experimentos em ambiente protegido.

Considerando as maiores doses de N aplicadas, houve menor teor de N-NO<sub>3</sub> no experimento B<sub>2</sub> (Quadro 9). Isso é devido em parte a maior quantidade de N absorvido pelas plantas que apresentaram maior produção de frutos em todos os critérios estudados e maior perda de N do sistema solo-planta causada pela alta e freqüente incidência de chuva (Everaarts et al., 1996) a partir dos 70 DAT, durante o período de colheita de frutos (Capítulo 3).

O aumento na dose de N nos critérios SPAD-2, PESF, QECS e QENF proporcionou o maior teor de N-NO<sub>3</sub> no solo e a possibilidade do mesmo ser perdido via lixiviação. No experimento B<sub>1</sub>, esses critérios proporcionaram os maiores teores de N-NO<sub>3</sub> no solo de amostras retiradas sobre o sulco de aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura (D), que foram significativamente diferentes das demais posições de amostragem (A, B, C e E). Entretanto, se a amostragem do solo fosse realizada somente sobre o sulco de aplicação do fertilizante, o teor de N-NO<sub>3</sub> seria superestimado, pois

foram obtidos valores 476, 441 e 272% maiores do que as doses de N aplicadas nos critérios PESF, QECS e QENF, respectivamente, conforme também observado por Clay et al. (1995). Para Clay et al. (1997), esse problema pode ser solucionado e o teor de N-NO<sub>3</sub> precisamente determinado, se amostras simples forem coletadas sobre o sulco e entre sulcos de aplicação do fertilizante nitrogenado para preparo de amostras compostas a serem analisadas.

Os resultados obtidos nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> indicam que se o fertilizante nitrogenado for aplicado em sulco, maior teor de N-NO<sub>3</sub> será no sulco (posição de amostragem D). Isso possibilita que uma segunda cultura possa ser cultivada sobre esses sulcos para utilizar o N-NO<sub>3</sub>, prevenindo que o mesmo possa ser perdido (Everaarts et al., 1996) e gastos desnecessários com fertilizante nitrogenado ocorram.

Pelos resultados obtidos nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado em cobertura no sulco lateral à linha de transplante com irrigação em sulcos via mangueira é a de coletar amostras sobre o sulco e em distâncias equidistantes entre o sulco e as plantas. Nas mesmas condições de irrigação, se o fertilizante nitrogenado for aplicado integralmente na linha de transplante, a amostragem do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo pode ser mais precisa quando as amostras de solo forem coletadas entre plantas na linha de transplante ou a 10 cm lateralmente a linha de transplante.

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1. Experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL)

- O teor de N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- Em condições de ambiente protegido e fertilizante nitrogenado fertirrigado por gotejamento, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> residual foi obtida pela utilização de amostra composta obtida de amostras simples tomadas em posições distanciadas em 10 cm na entre linha e sobre a linha de transplante.

## 5.2. Experimentos no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>)

- O teor de N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- Em condições de campo sem proteção e fertilizante nitrogenado aplicado em sulco, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> residual foi obtida pela utilização de amostra composta obtida de amostras simples tomadas em posições sobre o sulco e entre o sulco e as plantas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bélanger, G.; Walsh, J.R.; Richards, J.E.; Milburn, P.H.; Ziadi, N. Predicting nitrogen fertilizer requirements of potatoes in Atlantic Canada with soil nitrate determinations. **Canadian Journal of Soil Science**, v.81, p.535-544, 2001.

Belinni, G.; Sumner, M.E.; Radcliffe, D.E.; Qafoku, N.P. Anion transport through of highly weathered acid soil: adsorption and retardation. **Soil Science Society of American Journal**, v.60, p. 132-137, 1996.

Binford, G.D.; Blackmer, A.M.; Cerrato, M.E. Relationships between corn yields and soil nitrate in late spring. **Agronomy Journal**, v.84, p.53-59, 1992.

Clay, D.E.; Carlson, C.G.; Holman, P.W.; Schumacher, T.E.; Clay, S.A. Banding nitrogen fertilizer influence on inorganic nitrogen distribution. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.331-341, 1995.

Clay, D.E.; Carlson, C.G.; Brix-Davis, K.; Oolman, J.; Berg, B. Soil sampling strategies for estimating residual nitrogen. **Journal of Production Agriculture**, v.10, n.3, p.446-452, 1997.

Cook, W.P.; Sanders, D.C. Fertilizer placement effects on soil nitrogen and use by drip-irrigated and plastic-mulched tomatoes. **HortScience**, v.25, n.7, p.767-769, 1990.

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

Dahnke, W.C.; Johnson, G.V. Testing soils for available nitrogen. In: Westerman, R.L. (Ed). **Soil testing and plant analysis**. 3.ed. Madison: Soil Science Society of America, Inc, 1990. p.127-139.

Defelipo, B.V.; Ribeiro, A.C. **Análise química do solo**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997.26p.

Everaarts, A.P; De Moel, C.P. The effect of nitrogen and the method of application on the yield of cauliflower. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.43, p.409-418, 1995.

Everaarts, A.P.; De Moel, C.P.; Van Noordwijk, M. The effect of nitrogen and the method of application nitrogen uptake of cauliflower and on nitrogen in crop residues and soil at harvest. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.43-55, 1996.

Ferreira, M.M.M. **Resposta do tomateiro a doses de nitrogênio e à adubação orgânica, em duas épocas de cultivo**. Viçosa: UFV, 2001. 145p. (Tese de Doutorado).

Guimarães, T.G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. Viçosa: UFV, 1998. 184p. (Tese de Doutorado).

Kerbs, L.D.; Jones, J.P.; Thiessen, W.L.; Parks, F.P. Correlation of soil test nitrogen with potato yield. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.4, n.4, p.269-278, 1973.

Meyer, R.D.; Marcum, D.B. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. **Agronomy Journal**, v.90, p.420-429, 1998.

Neeteson, J.J. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. In: Bacon, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.295-325.

Neeteson, J.J.; Zwetsloot, H.J.C. An analysis of the response of sugar beet and potatoes to fertilizer nitrogen and soil mineral nitrogen. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.37, p.129-141, 1989.

Pimentel-Gomes, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2000. 477p.

Ris, J.; Smilde, K.W.; Wijnen, G. Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops based on soil analysis. **Fertilizer Research**, v.2, p.21-32, 1981.

Sainz Rozas, H.; Echeverría, H.E.; Studdert, G.A.; Domínguez, G. Evaluation of the presidress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting. **Agronomy Journal**, v.92, n.6, p.1176-1183, 2000.

Singhi, B.R.; Kanehiro, Y. Adsorption of nitrate in amorphous and koalinitic Hawaiian soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, v.33, p. 681-683, 1969.

Starr, J.L; Parkin, T.B; Meisinger, J.J. Sample Size consideration in the determination of soil nitrate. **Soil Science Society of American Journal**, v.56, p.1824-1830, 1992.

Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D. **Soil Fertility and fertilizers**. 4.ed. Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.

Wadman, W.P.; Neeteson, J.J.; Zwetsloot, H.J.C. Development of nitrogen fertilizer recommendations for potatoes and sugar beet on the basis of soil testing. **Kali-briefe (büntehof)**, v.20, n.2, p.171-180, 1990.

Warncke, D.D. Soil and plant tissue testing for nitrogen management in carrots. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3-4, p.597-605, 1996.

Yang, J.E.; Skogley, E.O.; Schaff, B.E.; Kim, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, v.62, p.1108-1115, 1998.

Zebarth, B.J.; Bowen, P.A.; Toivonen, M.A. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. **Canadian Journal of Plant Science**, v.75, p.717-725, 1995.

## CAPÍTULO 3

### PRODUÇÃO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO, EM FUNÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

#### RESUMO

O efeito de critérios para o manejo da adubação nitrogenada sobre a produção do tomateiro foi determinado em cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido, com fertirrigação por gotejamento (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo sem proteção, com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> foram conduzidos no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e os experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). Em cada experimento foram estudados dez critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro. Os tratamentos foram baseados nos seguintes critérios: 1) dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); igual ao tratamento 1 porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido através da utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na percentagem da dose fixa de N no experimento A – CIL<sub>1</sub> e na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QEFR); 7) doses de 50; 56; 56; 50 e 105 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 280 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, e 500 e 525 kg.ha<sup>-1</sup>, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, aplicadas parceladamente em cobertura a cada 14 dias (DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). Os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os critérios SPAD-1, PESF e

DRTR proporcionaram maiores produtividade e retorno econômico sendo os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido. No campo, os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada em relação à produtividade e ao retorno econômico foram SPAD-1, OVAP e DRCO.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, produtividade, adubação parcelada, nitrato, adubação nitrogenada.

## ABSTRACT

### UNHEATED GREENHOUSE AND FIELD TOMATO PLANT PRODUCTION, AS FUNCTION OF CRITERIONS TO MANAGEMENT NITROGEN FERTILIZER PROGRAM

Tomato fruits yield effect to different criterions to management nitrogen fertilizer program was determined in five experiments, being three in unheated greenhouse, with drip fertigation (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) and two in the field without protection and furrow solid fertilizer application and irrigation (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). The A – CIL<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments were carried out from January to May 2002 period (summer-autumn/02) and A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL and B<sub>1</sub> were carried out from September 2002 to January 2003 (spring/02-summer/03). In each experiment ten treatments or criterions were studied to management nitrogen fertilizer program in tomato plant. The treatments were set in the following criterions: 1) N rate of 50 kg.ha<sup>-1</sup> applied at transplant time and remaining N rate was sidedress applied, as necessary, using SPAD index critical level criterion to define N necessity (SPAD-1); 2) the same as the prior treatment being used the SPAD index critical value increased in 20% (SPAD-2); 3) the same as treatment 1 but the value SPAD index critical value was decreased by 10% (SPAD-3); SPAD index was obtained by SPAD-502 chlorophyll portable meter use; 4) defined based upon fruit expected yield and soil and fertilizer contributions (PESF); 5) defined based upon in fixed N rate percentage in A – CIL<sub>1</sub> experiment and expected N amount in fruit and soil contribution, in A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments (QECS); 6) defined based upon expected N amount in fruit (QEFR); 7) N rates of 50, 56, 56, 50 and 105 kg.ha<sup>-1</sup> at the transplanting time, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively, and the remaining N rates were sidedress applied, as necessary, using plant appearance visual observations to define the necessity (OVAP); 8) 280 kg.ha<sup>-1</sup> of N, the experimental recommended rate, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments; 500 and 525 kg.ha<sup>-1</sup> N rates in B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively; all rates were sidedress applied to every 14 days (DRCO); 9) same as the

prior treatment, but all N as applied at the transplant time (DRTR); 10) without nitrogen fertilizer application (TEST). The experiments were evaluated in a randomized complete-block design with five replicates. The criteria SPAD-1, PESF and DRTR provided higher yield and economic return being the best criteria to management nitrogen fertilizer program in tomato plants in unheated greenhouse. In the field, the SPAD-1, OVAP and DRTR were the best criteria to management nitrogen fertilizer program related to fruit yield and economic return.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, yield, sidedress, nitrate, nitrogen fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é hortaliça exigente em nitrogênio (N), necessário para a formação da área foliar e a produção de frutos. A elevada exigência de nitrogênio e o custo relativamente baixo do fertilizante nitrogenado quando comparado a outros insumos agrícolas levam, quase sempre, a aplicação de quantidade elevada de fertilizante nitrogenado na cultura do tomateiro. Tal prática acarreta acúmulo excessivo de nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) na parte aérea (caule e folhas), resultando em crescimento abundante das partes vegetativas, atraso na maturação dos frutos (Scholberg et al., 2000) e redução na produtividade (Huett, 1986; Coltman, 1988; Guimarães, 1998).

Além de reduzir a produtividade e aumentar o custo de produção da cultura, a utilização do fertilizante nitrogenado sem o conhecimento da capacidade de fornecimento do solo e o período de maior exigência do tomateiro, concorrem para a diminuição da eficiência de utilização do N que para a cultura do tomateiro, raramente ultrapassa 50% (Sweeney et al., 1987; Errebhi et al., 1998). Isto significa que se a aplicação do fertilizante nitrogenado for mal manejada pode aumentar, substancialmente, a quantidade de N mineral que permanece no solo e o teor de  $\text{N-NO}_3$  que pode ser perdido pela lixiviação, nitrificação e desnitrificação. Tais processos ameaçam a qualidade das águas e do ambiente pela contaminação do lençol freático, representando sério problema em áreas de agricultura intensiva.

Normalmente, a adubação nitrogenada é realizada sem levar em consideração a quantidade de N existente no solo e o proveniente da aplicação de resíduos orgânicos. Por outro lado, em países como Canadá, Estados Unidos e Holanda, a análise de solo para a determinação da disponibilidade do N está sendo utilizada para prever a necessidade de N para milho, trigo (Dahnke e Johnson, 1990), cenoura (Warncke, 1996), beterraba, batata (Neeteson e Zwetsloot, 1989; Wadman et al., 1990), cebola (De Visser

et al., 1995) e couve-flor (Everaarts et al., 1996). Através da realização de experimentos é determinada a relação entre a quantidade de fertilizante ( $N_{op} = N$  ótimo) e o teor de  $N-NO_3$  ou N mineral presente no solo que pode ser utilizada no programa de fertilização nitrogenada da cultura.

Entretanto, em regiões úmidas ou que receberam grande quantidade de material orgânico, o comportamento do N no solo é mais complexo e dinâmico e tem havido dificuldades em ser utilizada apenas a análise do solo. Nesse caso a avaliação do estado nutricional da planta é útil e possível de ser utilizada no manejo do N. A avaliação do estado nutricional pode ser feita de diversas formas, como, por exemplo, pela análise do teor de N em tecido ou índices de N na planta. Um dos índices é o teor de clorofila nas folhas. Os medidores de clorofila são bastante efetivos em avaliar o verde da planta de forma rápida e não destrutiva, no próprio campo, tornando possível e viável a utilização dos teores de clorofila como critério de determinação do estado nutricional nitrogenado da planta (Schepers et al., 1992). O teor de clorofila ou a intensidade do verde determinado com equipamento portátil, como por exemplo o SPAD-502, em determinada fase do ciclo da planta, tem sido relacionado com o estado nutricional nitrogenado de diversas espécies como batata (Minotti et al., 1994; Gil et al., 2002), tomate (Guimarães, 1998; Sandoval-Villa et al., 1999), algodão (Feibo et al., 1998), milho (Piekielek e Fox, 1992; Schepers et al., 1992; Piekielek et al., 1995; Blackmer e Schepers, 1995; Waskon et al., 1996; Varvel et al., 1997; Bullock e Anderson, 1998; Shapiro, 1999), trigo (Fox et al., 1994; Shadchina e Dmitrieva, 1995) e arroz (Peng et al., 1996), e pode ser utilizado como critério para o manejo da fertilização nitrogenada do tomateiro.

Outro critério, menos comum, que também pode ser utilizado no manejo da adubação nitrogenada, é o uso de características morfológicas do tomateiro (índices fitotécnicos ou agrônômicos) como indicativo do estado nutricional nitrogenado (Ronchi et al., 2001; Fontes, 2001). Tal critério pode ser usado como alternativa ou complementaridade às análises de N em tecido ou seiva do tomateiro (índice químico). Os teores de N ou de  $N-NO_3$  na seiva ou na matéria seca do pecíolo (índices químicos) apresentam significativos coeficientes de correlação com a produção total de frutos e com o peso da folha fresca ou seca (índices fitotécnicos) (Locascio et al., 1997; Guimarães, 1998), combinando com a praticidade de análise.

Além dos critérios anteriormente enumerados, a quantidade de N a ser aplicada pode ser recomendada, por exemplo, pelo balanço nitrogenado ou 'balance sheet' (MacKerron et al., 1993) e pelos modelos de simulação (Neeteson, 1995; Greenwood, 2001). Porém, devido às incertezas na determinação das variáveis necessárias para

operacioná-los, a utilização dos mesmos não tem sido ainda uma realidade (Geypens e Vanderdriessche, 1996; Stockle e Debaeke, 1997).

Para a obtenção de alta eficiência e manejo eficiente da adubação nitrogenada é necessário, além da escolha do procedimento para quantificar a dose de N, que seja determinado o momento oportuno de aplicação do N. A aplicação de N no momento do plantio conduz a maior lixiviação do nitrato se alta incidência de chuvas e/ou irrigação excessiva ocorrerem, principalmente se for combinada com alta dose de N. Dessa forma, a diminuição da dose de N aplicada no plantio e divisão para o período de maior exigência da planta reduziria, significativamente, o movimento do nitrato para maior profundidade do solo (Errebhi et al., 1998). Essa prática, quando realizada via água (fertirrigação), em sistemas de irrigação por gotejo, oferece considerável flexibilidade e eficiência para que o N possa ser aplicado parceladamente (Huet e Deetmann, 1988; Guimarães, 1998), em freqüências quinzenais, semanais ou diárias.

Até o momento são escassos os trabalhos utilizando as análises do solo ou da planta como critérios para fornecer N às plantas, bem como o momento mais adequado para a aplicação de N no tomateiro.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de critérios para o manejo da adubação nitrogenada sobre a produção do tomateiro em ambiente protegido e no campo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Experimentos**

Foram conduzidos cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os detalhes de cada experimento e os respectivos tratamentos estão descritos no Capítulo 1.

## 2.2. Características avaliadas em todos os experimentos

### 2.2.1. Produção classificada de frutos

Os frutos foram colhidos quando apresentavam a coloração vermelha. Foi determinada a produção de frutos de cada um dos nove cachos produzidos por planta. A última colheita, em cada tratamento, foi realizada quando os frutos que estavam na planta não apresentavam potencialidade de se transformarem em "frutos comerciais".

Os frutos colhidos foram separados em sem e com defeitos, sendo contados e classificados. Os frutos sem defeitos foram classificados de acordo com seu diâmetro transversal, através dos critérios apresentados nos Quadros 1 e 2, para o híbrido Carmem (Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e a cultivar Santa Clara (Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>), respectivamente.

Quadro 1 – Classificação dos frutos de tomate redondo, em função do maior diâmetro transversal do fruto do híbrido Carmem, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL<sup>1</sup>

Classe	Diâmetro (mm)
Gigante	> 100
Grande	> 80 até 100
Médio	> 65 até 80
Pequeno	> 50 até 65

<sup>1</sup> Portaria do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária nº 553 de 30.08.95, publicada no Diário Oficial da União de 19.09.95.

Quadro 2 – Classificação dos frutos de tomate oblongo, em função do maior diâmetro transversal da cultivar Santa Clara, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub><sup>1</sup>

Classe	Diâmetro (mm)
Graúdo AAA	≥ 80,7
Graúdo AA <sup>2</sup>	69,7 ≤ D < 80,7
Graúdo A <sup>3</sup>	60,0 ≤ D < 69,7
Médio extra <sup>4</sup>	54,8 ≤ D < 60,0
Médio especial	50,0 ≤ D < 54,8
Pequeno	40,0 ≤ D < 50,0
Refugo	D < 40,0

<sup>1</sup> Adaptado da Portaria do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária nº 553 de 30.08.95, publicada no Diário Oficial da União de 19.09.95.

<sup>2, 3</sup> e <sup>4</sup> No texto foi referido como extra AA, extra A e extra.

A produção comercial de frutos nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (híbrido Carmen) foi obtida pelo somatório das classes de gigante, grande, médio e pequeno. Os frutos com defeitos ou não-comerciais corresponderam aos frutos com diâmetro transversal menor que 50 mm; aqueles com incidência de rachaduras, manchas despigmentadas e defeitos causados pelos ataques de insetos (broca-pequena e traça do tomateiro), patógenos (pinta preta) e desordens fisiológicas (podridão apical) e os frutos remanescentes, que foram os que não apresentavam potencialidade de se transformarem em "frutos comerciais", quando foi realizada a última colheita.

No campo (cultivar Santa Clara), foi considerada como produção comercial o somatório dos pesos dos frutos das seis primeiras classes. A produção não-comercial correspondeu ao somatório dos pesos dos frutos com diâmetro < 40 mm (refugo) e dos frutos desqualificados da mesma forma que para o ambiente protegido.

Para todos os experimentos, a produção total foi obtida pelo somatório da produções comercial e não-comercial. A produção ponderada ou equivalente de frutos extra AA, na cultivar Santa Clara, foi calculada utilizando fatores de ponderação de 0,597 e 0,387 (Experimento B<sub>1</sub>); 0,607 e 0,405 (Experimento B<sub>2</sub>), para transformar em classe de frutos extra AA, as classes extra A e extra. Os fatores de ponderação foram os preços médios de cada classe do tomate tipo Santa Cruz (cultivar Santa Clara), de formato oblongo e comercializado em caixa tipo K. Para o tomate tipo salada (híbrido Carmem), de formato redondo longa vida, a produção ponderada ou equivalente a frutos grandes foi calculada utilizando fatores de ponderação de 0,658 e 0,396 (Experimento A – CIL<sub>1</sub>); 0,635 e 0,400 (Experimento A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL), para transformar em classe de frutos grande as classes médio e pequeno. Os preços médios foram obtidos na CEASA de Belo Horizonte-MG, nos meses de colheita dos frutos nos experimentos. Foi calculada, também, a produção por tempo de permanência da cultura no campo proposta por Fontes (1997) pela divisão da produção comercial pelo período de tempo do transplante até a última colheita de frutos.

### **2.2.2. Produção por época de colheita e por cacho**

As colheitas dos frutos foram realizadas nas seguintes datas:

#### **a) Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)**

Experimento A – CIL<sub>1</sub>: aos 76 (20/03/02), 82 (26/03/02), 91 (04/04/02), 97 (10/04/02), 104 (17/04/02), 117 (30/04/02) e 133 (16/05/02) dias após o transplante (DAT), respectivamente.

Experimento A – CIL<sub>2</sub>: aos 77 (26/11/02), 83 (02/12/02), 87 (06/12/02), 95 (14/12/02), 105 (24/12/02), 111 (30/12/02), 120 (08/01/03), 127 (15/01/03), 132 (20/01/03) e 143 (31/01/03) DAT, respectivamente.

Experimento A – SIL: aos 78 (27/11/02), 84 (03/12/02), 88 (07/12/02), 97 (16/12/02), 107 (26/12/02), 112 (31/12/02), 120 (08/01/03), 127 (15/01/03), 132 (20/01/03) e 141 (28/01/03) DAT, respectivamente.

#### **b) Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)**

Experimento B<sub>1</sub>: aos 69 (27/03/02), 75 (02/04/02), 83 (10/04/02), 90 (17/04/02), 97 (24/04/02), 112 (09/05/02) e 120 (17/05/02) DAT, respectivamente.

Experimento B<sub>2</sub>: aos 76 (25/11/02), 84 (03/12/02), 90 (09/12/02), 98 (17/12/03), 105 (24/12/02), 111 (30/12/02) e 121 (09/01/03) DAT, respectivamente.

Além da produção total de frutos obtida em cada época de colheita foi determinada a produção em cada cacho.

### **2.2.3. Índice de resposta**

Em cada experimento, a resposta da adubação nitrogenada foi avaliada pela determinação do índice de resposta, que corresponde a divisão da produção máxima obtida com a aplicação do fertilizante nitrogenado pela produção obtida sem a aplicação do fertilizante nitrogenado, conforme proposto por Johnson e Raun (2003).

#### **2.2.4. Análise monetária do resultado conjunto dos experimentos**

Foram considerados três situações:

- a) produção total, indicadora do potencial da cultura sem as perdas havidas por efeitos não ligados aos tratamentos;
- b) produção comercial, indicadora da capacidade da cultura em produzir frutos que podem ser vendidos em mercado não organizado como quitandas, mercearias e feiras livres;
- c) produção ponderada, indicadora da capacidade da cultura em produzir frutos que podem ser vendidos em mercado organizado como CEASA e grandes redes de supermercados.

Na análise não foram considerados os gastos extras advindos do aumento da produção. Para o cálculo da renda bruta, foram utilizados os seguintes preços para os frutos: produção total e comercial: 70% do preço de frutos da classe grande, que foi R\$ 0,93 kg<sup>-1</sup> (Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e da classe extra AA, que foi R\$ 0,72 kg<sup>-1</sup> (Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>); produção ponderada: 100% do preço de frutos da classe grande, que foi R\$ 0,93 kg<sup>-1</sup> (Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e da classe extra AA, que foi R\$ 0,72 kg<sup>-1</sup> (Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). A renda líquida foi determinada pela diferença entre a renda bruta e o custo do N, considerando como R\$ 3,87 kg<sup>-1</sup> de N. O dólar da época era cotado em R\$ 3,10.

#### **2.3. Procedimento estatístico**

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes, 2000).

Para a análise dos dados obtidos da produção total de frutos em cada época de colheita e em cada cacho, os mesmos foram submetidos a análise de medidas repetidas no tempo ou espaço, utilizando o teste de esfericidade proposto por Mauchly (1940), para verificar se os dados poderiam ser analisados como parcelas subdivididas, conforme descrito por Vivaldi (1999). Dependendo da significância ou não do teste de esfericidade, os dados foram submetidos à análise multivariada, através de três hipóteses de interesse: coincidência (efeito de critério não significativo), horizontalidade (efeito de época ou cacho não significativo) e paralelismo (efeito da interação critério x época ou

cacheo não significativo); testadas através do teste Lambda de Wilks. Todas as análises foram realizadas pelo programa SAS (SAS Institute, Inc., 1990).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Experimentos em ambiente protegido**

##### **3.1.1. Experimento A – CIL<sub>1</sub>**

As irrigações realizadas e as temperaturas máximas, mínimas e médias medidas durante a condução do experimento A – CIL<sub>1</sub> estão apresentadas no Quadro 3. Do transplante até o final do ciclo (133 dias) foram aplicados 251,5 mm de água.

Quadro 3 – Médias semanais da lâmina de água aplicada no tomateiro e das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar, registradas no interior do ambiente protegido, no período de condução do experimento A – CIL<sub>1</sub>

Semana após o transplante	Irrigação (mm.semana <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Temperatura (°C) <sup>2</sup>		
		Máxima	Mínima	Média
1 <sup>a</sup> (03 - 10/01)	6,5	32,0	16,0	24,0
2 <sup>a</sup> (11 - 17/01)	9,8	29,3	19,4	24,4
3 <sup>a</sup> (18 - 24/01)	10,3	33,6	18,1	25,9
4 <sup>a</sup> (25 - 31/01)	10,1	33,9	19,9	26,9
5 <sup>a</sup> (01 - 07/02)	14,4	30,9	18,3	24,6
6 <sup>a</sup> (08 - 14/02)	17,2	29,1	19,0	24,1
7 <sup>a</sup> (15 - 21/02)	11,8	28,7	19,4	24,1
8 <sup>a</sup> (22 - 28/02)	11,3	32,3	20,9	26,6
9 <sup>a</sup> (01 - 07/03)	14,6	33,9	17,1	25,5
10 <sup>a</sup> (08 - 14/03)	18,6	33,7	17,4	25,6
11 <sup>a</sup> (15 - 21/03)	20,0	33,1	19,9	26,5
12 <sup>a</sup> (22 - 28/03)	14,8	32,6	20,0	26,3
13 <sup>a</sup> (29/03 - 04/04)	13,7	34,0	16,0	25,0
14 <sup>a</sup> (05 - 11/04)	15,4	33,3	15,7	24,5
15 <sup>a</sup> (12 - 18/04)	13,1	32,9	16,0	24,5
16 <sup>a</sup> (19 - 25/04)	14,1	32,4	15,1	23,8
17 <sup>a</sup> (26/04 - 02/05)	14,2	31,9	15,0	23,5
18 <sup>a</sup> (03 - 09/05)	12,1	32,4	15,4	23,9
19 <sup>a</sup> (10 - 16/05/02)	9,5	32,2	16,0	24,1
	$\Sigma = 251,5$	$\bar{X} = 32,2$	$\bar{X} = 17,8$	$\bar{X} = 24,9$

<sup>1</sup> Irrigação por gotejamento.

<sup>2</sup> Medições realizadas a 1,5 m da superfície do solo.

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, as produções total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos não foram afetadas pelos critérios estudados (Quadro 4). Entretanto, maiores valores foram obtidos pela utilização dos critérios PESF, DRTR e SPAD-1, com doses de 93,2; 280,0 e 246,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aplicadas em cobertura a cada 14 dias, toda no momento do transplante e aos 28 DAT, respectivamente (Capítulo 1). As menores produções total, comercial, ponderada e diária de frutos foram obtidas quando foi aplicada a maior dose de N, 1073,0 kg.ha<sup>-1</sup>, determinada pelo critério SPAD-2.

Quadro 4 – Produção total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Total	Comercial	Ponderada	Não Comercial	Diária
	(t.ha <sup>-1</sup> )				(kg.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	109,5	90,7	57,6	18,8	681,9
2 – SPAD-2	94,5	76,5	45,9	18,0	575,4
3 – SPAD-3	101,4	82,1	52,1	19,3	617,6
4 – PESF	112,0	89,8	57,9	22,2	675,1
5 – QECS	98,3	84,0	51,1	14,3	631,5
6 – QENF	98,7	86,2	54,2	12,5	649,1
7 – OVAP	105,1	86,4	55,4	18,7	649,8
8 – DRCO	99,8	87,8	57,3	12,0	660,3
9 – DRTR	111,6	90,4	57,7	21,2	680,0
10 – TEST	100,3	86,7	52,7	13,6	652,0
C.V. (%)	21,0	17,4	13,8	38,2	17,4

Não houve diferenças significativas entre os critérios estudados, para as três classes de frutos comerciais (Quadro 5). Os critérios SPAD-2, QECS e TEST tenderam a proporcionar as menores produções de frutos grandes e as maiores de frutos pequenos. Independentemente do critério utilizado, a produção comercial de frutos foi representada por 7% de frutos grandes, 73% de frutos médios e 20% de frutos pequenos. Essas classes corresponderam a frutos com pesos variando de 210,9 a 262,2, 149,6 a 157,5 e 101,5 a 111,9 g.fruto<sup>-1</sup>, respectivamente, e não foram afetadas pelas doses e nem pelo momento de aplicação do N nos diferentes critérios.

Quadro 5 – Produção e peso médio de frutos de tomate classificado como grande, médio e pequeno, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )			Peso médio (g.fruto <sup>-1</sup> )		
	Grande	Médio	Pequeno	Grande	Médio	Pequeno
1 – SPAD-1	6.871	66.831	16.994	217,1 b	151,4	101,5
2 – SPAD-2	2.158	54.599	19.771	216,3 b	149,6	111,9
3 – SPAD-3	4.045	65.294	12.806	215,6 b	157,5	107,9
4 – PESF	10.606	60.929	18.253	232,1 ab	156,2	108,1
5 – QECS	3.697	59.682	20.605	228,8 b	151,9	104,2
6 – QENF	4.549	66.049	15.729	213,6 b	154,3	105,5
7 – OVAP	8.587	61.155	16.686	210,9 b	152,6	106,9
8 – DRCO	8.062	67.295	12.469	228,4 b	154,7	107,7
9 – DRTR	5.399	71.249	13.791	215,5 b	156,8	110,9
10 – TEST	3.013	63.279	20.426	262,2 a	150,8	104,7
C.V. (%)	94,6	26,4	60,6	6,6	3,8	6,0

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ainda no experimento A – CIL<sub>1</sub> a produção de frutos não comerciais, não apresentou diferenças significativas para os critérios estudados (Quadro 6). O principal fator responsável pela desclassificação dos frutos foram os defeitos causados pelo ataque de broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*), que correspondeu a 87 a 98% da produção não comercial de frutos, dependendo do critério utilizado para o manejo do N; o restante foi devido aos frutos remanescentes. A produção não comercial foi responsável por 16%, em média, da produção total de frutos (Quadro 4).

Quadro 6 – Distribuição da produção de frutos não comerciais (NC) do tomateiro (kg.ha<sup>-1</sup>) nas categorias brocados (BR) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Produção de frutos (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	BR	RE	NC
1 – SPAD-1	17.431	1.396	18.827
2 – SPAD-2	15.534	2.449	17.983
3 – SPAD-3	17.041	2.229	19.270
4 – PESF	20.618	1.668	22.286
5 – QECS	13.720	599	14.319
6 – QENF	10.906	1.636	12.542
7 – OVAP	18.202	537	18.739
8 – DRCO	11.684	272	11.956
9 – DRTR	20.790	361	21.151
10 – TEST	12.283	1.334	13.617
C.V. (%)	42,4	113,3	38,2

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada cacho, dentro de cada critério estudado, encontra-se no Quadro 7. Os resultados da análise multivariada indicaram que os vetores de médias foram coincidentes, não horizontais e paralelos, ou seja, houve diferença significativa entre cachos e não entre critérios dentro de cada cacho produzido.

Quadro 7 – Distribuição da produção total de frutos em nove cachos do tomateiro (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9), em função critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Produção total (t.ha <sup>-1</sup> )								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1 - SPAD-1	11,5	11,0	12,8	12,5	11,6	10,8	11,8	14,0	13,6
2 - SPAD-2	12,6	11,1	10,8	10,7	11,0	8,7	9,9	10,2	9,5
3 - SPAD-3	12,2	11,8	7,4	13,3	12,3	11,5	11,5	12,2	9,3
4 – PESF	10,5	12,8	12,2	13,6	13,4	12,7	12,2	12,9	11,6
5 – QECS	10,0	11,0	9,6	12,4	12,5	11,1	8,5	9,9	13,3
6 – QENF	11,0	10,3	9,2	10,7	11,3	12,1	11,2	11,5	11,5
7 – OVAP	12,1	11,7	11,9	13,0	12,8	10,1	11,0	11,6	10,9
8 – DRCO	11,8	12,5	10,2	12,8	12,6	9,9	8,0	11,8	10,4
9 – DRTR	12,9	12,2	10,5	14,2	12,9	11,7	12,4	13,4	11,5
10 – TEST	10,1	11,1	13,1	13,5	11,0	12,0	9,8	10,8	8,6

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada época de colheita, dentro de cada critério estudado está representada na Figura 1. Apesar do comportamento aparentemente semelhante entre os critérios estudados em todas as épocas de colheita, a análise multivariada indicou que houve diferença significativa entre critérios, épocas de colheita e interação critério x época.

A produção de frutos teve início em 20/03 (76 DAT) e foi realizada em intervalo de 7 dias até 17/04 (104 DAT), quando foi realizada a 5ª época de colheita. Essa época de colheita foi a mais significativa, representando em média, 36% de toda a produção de frutos.

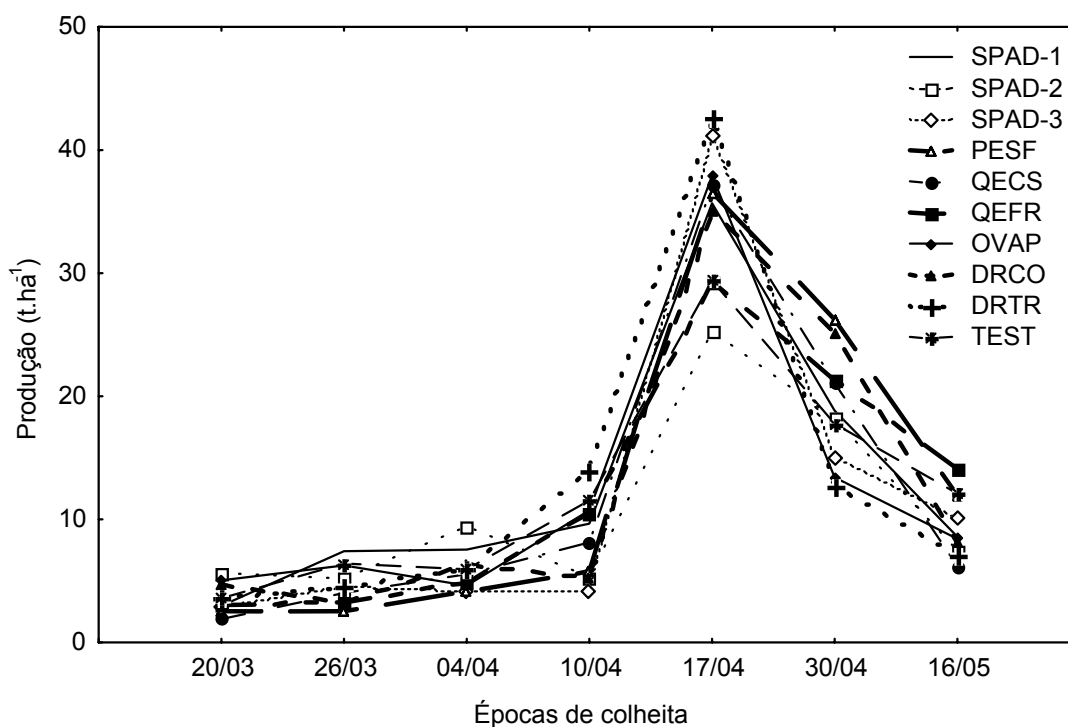


Figura 1 – Produção total de frutos em cada época de colheita de tomate ( $t.ha^{-1}$ ), em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>1</sub>.

### 3.1.2. Experimento A – CIL<sub>2</sub>

As irrigações realizadas e as temperaturas máximas, mínimas e médias ocorridas durante a condução dos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL estão apresentadas no Quadro 8. Do transplante até o final do ciclo (143 e 141 dias, respectivamente) as irrigações totalizaram 293,7 mm. Esse valor foi maior do que aquela aplicada no experimento A – CIL<sub>1</sub> (Quadro 3) e a diferença entre as lâminas aplicadas pode ser explicada pelo maior ciclo das plantas no experimento A – CIL<sub>2</sub>.

Quadro 8 – Médias semanais da lâmina de água aplicada no tomateiro e das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar, registradas no interior do ambiente protegido, no período de condução dos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Semana após o transplante	Irrigação (mm.semana <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Temperatura (°C) <sup>2</sup>		
		Máxima	Mínima	Média
1 <sup>a</sup> (11 - 17/09)	5,0	30,3	16,3	23,3
2 <sup>a</sup> (18 - 24/09)	5,0	25,6	16,7	21,2
3 <sup>a</sup> (25/09-01/10)	9,3	28,4	14,0	21,2
4 <sup>a</sup> (02 - 08/10)	14,7	29,7	15,4	22,6
5 <sup>a</sup> (09 - 15/10)	16,2	32,0	12,6	22,3
6 <sup>a</sup> (16 - 22/10)	16,0	31,7	15,0	23,4
7 <sup>a</sup> (23 - 29/10)	9,0	29,4	16,4	22,9
8 <sup>a</sup> (30/10-05/11)	11,3	29,0	19,9	24,5
9 <sup>a</sup> (06 - 12/11)	11,2	27,7	16,0	21,9
10 <sup>a</sup> (13 - 19/11)	11,8	31,2	18,9	25,1
11 <sup>a</sup> (20 - 26/11)	11,5	29,4	20,4	24,9
12 <sup>a</sup> (27/11-03/12)	21,5	31,3	16,4	23,9
13 <sup>a</sup> (04 - 10/12)	17,8	32,4	20,0	26,2
14 <sup>a</sup> (11 - 17/12)	11,2	27,1	20,0	23,6
15 <sup>a</sup> (18 - 24/12)	16,2	31,4	19,7	25,6
16 <sup>a</sup> (25 - 31/12)	20,5	28,6	19,0	23,8
17 <sup>a</sup> (01 - 07/01)	13,0	30,6	20,7	25,7
18 <sup>a</sup> (08 - 14/01)	21,2	30,0	19,3	24,7
19 <sup>a</sup> (15 - 21/01)	19,8	30,0	21,6	25,8
20 <sup>a</sup> (22 - 28/01)	31,5	31,9	19,3	25,6
	$\Sigma = 293,7$	$\bar{X} = 29,9$	$\bar{X} = 19,9$	$\bar{X} = 23,9$

<sup>1</sup> Irrigação por gotejamento.

<sup>2</sup> Medições realizadas a 1,5 m da superfície do solo.

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, houve diferenças significativas entre os critérios estudados para as produções total, comercial e diária de frutos (Quadro 9). Produções total e comercial acima de 99,0 e 95,0 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, foram obtidas pela utilização dos critérios PESF, DRTR, QENF, QECS e SPAD-1 que resultaram na recomendação de doses de 540,5; 280,0; 439,2; 296,8 e 470,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, aplicadas em diferentes momentos (Capítulo 1). As menores produções total, comercial, ponderada e diária de frutos foram obtidas quando não houve aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST).

Quadro 9 – Produção total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Total	Comercial	Ponderada	Não Comercial	Diária
	(t.ha <sup>-1</sup> )				(kg.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	99,1 a	97,0 a	52,2	2,1	609,2 ab
2 – SPAD-2	83,4 ab	77,3 ab	45,4	6,1	548,4 bc
3 – SPAD-3	82,8 ab	78,7 ab	43,4	4,1	557,8 abc
4 – PESF	106,6 a	103,5 a	61,5	3,1	778,2 a
5 – QECS	100,0 a	96,4 a	54,6	3,6	724,6 ab
6 – QENF	102,8 a	99,1 a	56,1	3,7	745,1 ab
7 – OVAP	84,5 ab	81,0 ab	44,5	3,5	609,2 abc
8 – DRCO	93,7 ab	91,5 ab	53,7	2,2	688,1 ab
9 – DRTR	104,4 a	101,1 a	59,3	3,3	760,0 ab
10 – TEST	68,3 b	64,5 b	37,5	3,8	447,6 c
C.V. (%)	10,9	12,2	17,2	56,2	11,9

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, apenas a produção de frutos pequenos foi afetada pelos critérios estudados (Quadro 10) sendo que a maior produção foi obtida pela utilização do critério SPAD-1. Menor proporção de frutos classificados como grande, médio e pequeno foi observada quando não houve aplicação do fertilizante nitrogenado. Os pesos médios variaram de 180,5 a 239,7; 137,5 a 143,4 e 98,0 a 103,0 g.fruto<sup>-1</sup>, para os frutos das classes grande, médio e pequeno, respectivamente, e não foram afetados pelas doses e momentos de aplicação do N recomendados pelos diferentes critérios.

Quadro 10 – Produção e peso médio de frutos de tomate das classes grande, médio e pequeno, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )			Peso médio (g.fruto <sup>-1</sup> )		
	Grande	Médio	Pequeno	Grande	Médio	Pequeno
1 – SPAD-1	2.324	51.243	43.442 a	211,0	140,8	100,3
2 – SPAD-2	6.521	45.038	25.771 ab	211,9	140,6	99,0
3 – SPAD-3	3.539	41.712	33.405 ab	210,3	142,5	98,0
4 – PESF	6.438	68.957	28.105 ab	220,2	140,9	99,2
5 – QECS	3.995	58.022	34.356 ab	239,7	142,5	103,0
6 – QENF	2.396	63.731	32.973 ab	215,7	141,5	101,8
7 – OVAP	1.931	46.670	32.420 ab	231,8	137,5	100,8
8 – DRCO	4.046	62.394	25.076 ab	194,1	139,5	102,7
9 – DRTR	5.402	66.564	29.110 ab	211,4	141,8	102,6
10 – TEST	2.766	42.811	18.880 b	180,5	143,4	101,7
C.V. (%)	83,5	24,2	20,1	15,2	3,8	3,3

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para os frutos não comerciais, no experimento A – CIL<sub>2</sub>, apenas a categoria dos frutos remanescentes foi influenciada pelos critérios estudados (Quadro 11); destes, o critério SPAD-2, que resultou em alta dose de N, 501,7 kg.ha<sup>-1</sup>, aplicada aos 28 DAT (Capítulo 1), apresentou a maior proporção de frutos que não apresentavam potencialidade de se transformarem em "frutos comerciais", quando foi realizada a última colheita de frutos, semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>1</sub>.

No experimento A – CIL<sub>2</sub> não houve fator principal responsável pela desclassificação de frutos. A percentagem da produção de frutos não comerciais em relação à de frutos totais ficou entre 2 e 7%, sendo distribuída em frutos brocados, remanescentes, refugos e com podridão apical. Os frutos que apresentavam podridão apical foram observados, somente, nos critérios que proporcionaram as maiores doses de N (SPAD-2, PESF e QENF) e no critério SPAD-3, porém, em quantidades insignificantes.

Quadro 11 – Distribuição da produção de frutos não comerciais (NC) do tomateiro (kg.ha<sup>-1</sup>) nas categorias brocados (BR), podridão apical (PA), refugos (RF) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Produção de frutos (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	BR	PA	RF	RE	NC
1 – SPAD-1	882	0	1.025	190 b	2.097
2 – SPAD-2	1.398	219	1.707	2.781 a	6.105
3 – SPAD-3	710	213	2.690	528 ab	4.141
4 – PESF	1.509	582	1.007	0 b	3.098
5 – QECS	1.406	0	1.376	867 ab	3.649
6 – QENF	1.204	194	1.201	1.058 ab	3.657
7 – OVAP	348	0	2.275	887 ab	3.510
8 – DRCO	389	0	829	958 ab	2.176
9 – DRTR	459	0	2.041	866 ab	3.366
10 – TEST	353	0	2.550	916 ab	3.819
C.V. (%)	99,5	272,1	62,3	90,9	56,2

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, os resultados obtidos na análise multivariada indicaram que os vetores de médias foram não coincidentes, não horizontais e não paralelos, ou seja, houve diferença significativa entre critérios, cachos e interação critérios x cachos (Quadro 12). Portanto, dependendo da quantidade e da forma de aplicação do N em cada critério estudado, a produção total de frutos foi diferenciada ao longo dos 9 cachos produzidos. Nos últimos cachos produzidos, menores produções foram observadas no critério sem aplicação de N (TEST) e naqueles que resultaram nas menores doses de N aplicadas (SPAD-3 e OVAP).

Quadro 12 – Distribuição da produção total de frutos em nove cachos do tomateiro (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Produção total (t.ha <sup>-1</sup> )								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1 - SPAD-1	13,6	11,5	8,3	12,6	9,7	11,8	12,2	8,6	10,8
2 - SPAD-2	10,7	11,2	11,1	8,9	9,0	8,7	7,9	7,9	8,2
3 - SPAD-3	13,6	10,6	8,3	8,7	8,4	9,1	5,2	10,5	8,4
4 - PESF	11,6	10,9	10,8	11,9	11,4	12,7	12,8	13,1	11,4
5 - QECS	13,9	11,9	9,5	10,4	12,2	10,0	11,9	11,1	9,2
6 - QENF	12,9	11,7	9,8	10,2	12,7	12,0	10,9	11,3	11,4
7 - OVAP	13,2	9,6	9,0	7,2	10,0	10,1	8,8	9,7	6,8
8 - DRCO	13,2	11,2	9,3	11,2	9,7	11,4	10,0	9,4	8,3
9 - DRTR	13,3	9,4	10,2	10,2	12,4	11,5	13,6	12,2	11,6
10 - TEST	10,9	7,3	7,9	7,7	6,9	5,1	6,6	7,0	9,1

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada época de colheita, dentro de cada critério estudado está representada na Figura 2. A análise multivariada indicou que houve diferença significativa entre critérios, épocas de colheita e interação critérios x épocas, semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>1</sub>.

Maior proporção da produção de frutos nos diferentes critérios foi obtida na 4ª colheita, realizada em 14/12 (95 DAT), exceto para os critérios SPAD-2 e TEST (Figura 2). Esses critérios, juntamente com o SPAD-1 e SPAD-3, que haviam recebido grande quantidade de N aplicada em dose única aos 70 DAT, resultaram em prolongamento de 11 dias de ciclo do tomateiro até a realização da última colheita de frutos.

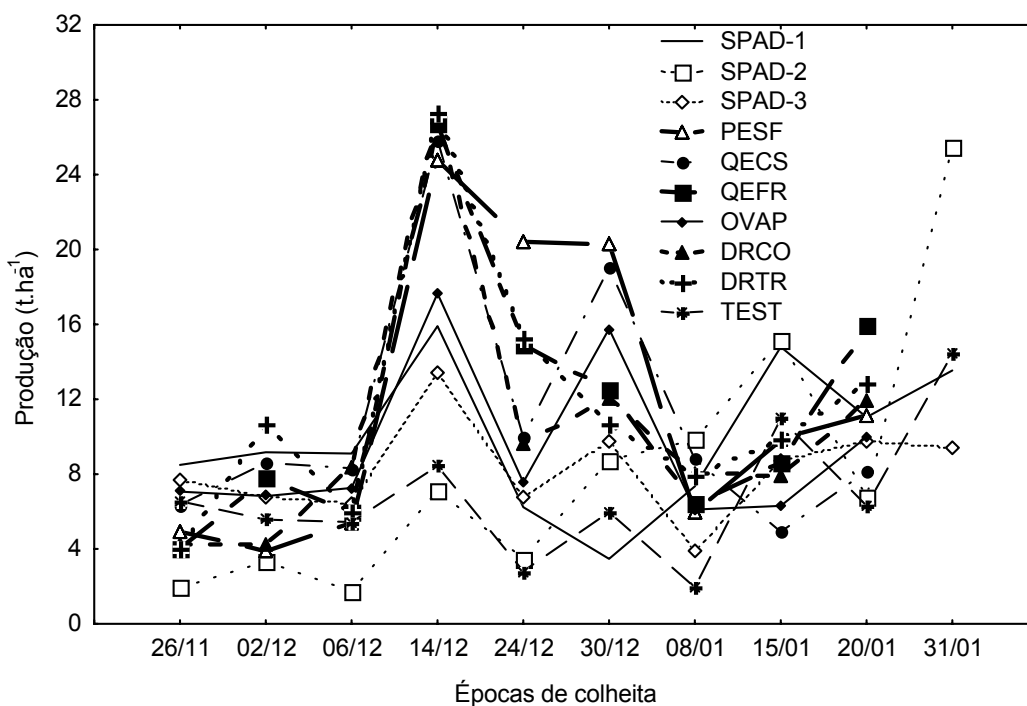


Figura 2 – Produção total de frutos em cada época de colheita de tomate (t.ha<sup>-1</sup>), em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – CIL<sub>2</sub>.

### 3.1.3. Experimento A – SIL

No experimento A – SIL, houve diferenças significativas para as produções total, comercial e diária de frutos (Quadro 13). Semelhante ao observado nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e A – CIL<sub>2</sub>, os critérios PESF e DRTR proporcionaram as maiores produções total, comercial, ponderada e diária, além do critério SPAD-1.

Quadro 13 – Produção total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL

Critério	Total	Comercial	Ponderada	Não Comercial	Diária
	(t.ha <sup>-1</sup> )				(kg.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	101,9 ab	99,7 a	61,7	2,2	749,6 a
2 – SPAD-2	86,4 ab	82,3 ab	49,2	4,1	619,1 ab
3 – SPAD-3	77,7 ab	74,9 ab	40,9	2,8	563,4 ab
4 – PESF	103,1 a	98,0 ab	57,5	5,1	777,8 a
5 – QECS	77,6 ab	72,9 ab	41,8	4,7	517,1 b
6 – QENF	88,8 ab	83,9 ab	47,1	4,9	665,7 ab
7 – OVAP	93,1 ab	88,5 ab	50,3	4,6	665,5 ab
8 – DRCO	94,3 ab	89,8 ab	55,5	4,5	675,1 ab
9 – DRTR	101,7 ab	98,1 ab	57,8	3,6	695,8 ab
10 – TEST	71,7 b	68,2 b	40,3	3,5	483,5 b
C.V. (%)	14,3	14,4	18,5	47,1	14,4

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A produção de frutos classificados como grande, médio e pequeno não foi afetada pelos critérios estudados (Quadro 14). O critério SPAD-1 tendeu a proporcionar maior produção de fruto grande, que foi traduzida em aparente maior produção ponderada de frutos (Quadro 13). Os pesos médios variaram de 187,0 a 247,8; 126,0 a 144,5 e 100,4 a 106,3 g.fruto<sup>-1</sup>, para os frutos grande, médio e pequeno, respectivamente.

Quadro 14 – Produção e peso médio de frutos de tomate das classes grande, médio e pequeno, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL

Critério	Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )			Peso médio (g.fruto <sup>-1</sup> )		
	Grande	Médio	Pequeno	Grande	Médio	Pequeno
1 – SPAD-1	10.813	65.100	23.777	218,8	141,9	104,2
2 – SPAD-2	5.540	55.194	21.609	202,4	143,8	101,9
3 – SPAD-3	2.284	40.659	31.992	220,7	141,0	102,3
4 – PESF	4.885	65.260	27.857	226,5	144,5	106,3
5 – QECS	4.492	42.357	26.066	199,4	141,9	100,4
6 – QENF	2.419	51.402	30.057	247,8	141,5	101,1
7 – OVAP	4.309	52.512	31.691	233,5	142,0	101,5
8 – DRCO	8.362	61.997	19.424	207,9	138,8	102,1
9 – DRTR	3.482	70.164	24.466	210,6	143,9	102,2
10 – TEST	5.254	42.046	20.873	187,0	126,0	102,2
C.V. (%)	65,3	27,6	27,8	11,7	6,3	3,9

No experimento A – SIL, a distribuição da produção de frutos não comerciais não apresentou diferenças significativas para os diferentes fatores responsáveis pela desclassificação dos frutos (Quadro 15). A percentagem da produção de frutos não comerciais em relação à produção total foi entre 2 e 6%, sendo distribuída entre frutos brocados, remanescentes, refugos e com podridão apical.

Quadro 15 – Distribuição da produção de frutos não comerciais (NC) do tomateiro ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nas categorias brocados (BR), podridão apical (PA), refugos (RF) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL

Critério	Produção de frutos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )				
	BR	PA	RF	RE	NC
1 – SPAD-1	689	0	715	779	2.183
2 – SPAD-2	903	438	1.245	1.560	4.146
3 – SPAD-3	768	0	852	1.221	2.841
4 – PESF	2.152	0	1.866	1.077	5.095
5 – QECS	1.277	0	1.578	1.849	4.315
6 – QENF	1.765	0	1.260	1.915	4.940
7 – OVAP	2.369	0	679	1.559	4.607
8 – DRCO	1.005	0	1.374	2.142	4.521
9 – DRTR	1.913	0	803	835	3.551
10 – TEST	698	0	1.210	1.593	3.501
C.V. (%)	109,6	-	72,9	61,2	47,1

No experimento A – SIL, os resultados obtidos na análise multivariada indicaram que os vetores de médias foram não coincidentes, não horizontais e não paralelos, ou seja, houve diferença significativa entre critérios, cachos e interação critérios x cachos (Quadro 16). Semelhante ao observado no experimento A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 12), a produção total de frutos foi diferenciada ao longo dos 9 cachos produzidos, sendo que menores produções nos últimos cachos produzidos foram observadas no critério sem aplicação de N (TEST) e naqueles que resultaram nas menores doses de N aplicadas (SPAD-3 e QECS).

Quadro 16 – Distribuição da produção total de frutos em nove cachos do tomateiro (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL

Critério	Produção total (t.ha <sup>-1</sup> )								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1 - SPAD-1	15,7	12,9	11,7	12,0	11,9	10,5	10,7	8,8	7,6
2 - SPAD-2	13,2	10,6	7,5	9,8	8,5	9,2	7,8	10,3	9,7
3 - SPAD-3	13,0	10,3	9,0	9,9	9,0	7,1	7,0	7,1	5,4
4 – PESF	14,4	12,5	11,1	11,0	11,2	10,2	11,9	12,2	8,7
5 – QECS	12,8	9,3	10,6	9,0	7,1	8,0	8,3	7,7	4,7
6 – QENF	13,6	14,4	8,8	9,6	9,9	9,0	10,5	8,1	5,0
7 – OVAP	12,6	14,5	10,1	9,4	10,5	10,1	9,6	7,9	8,6
8 – DRCO	14,5	13,2	10,7	11,0	9,6	10,9	10,1	8,0	6,1
9 – DRTR	14,5	11,7	9,7	11,0	10,6	12,3	10,1	12,3	9,6
10 – TEST	11,8	9,2	8,5	9,2	5,4	7,3	6,4	7,7	6,2

No experimento A – SIL, a distribuição da produção total de frutos em cada época de colheita, dentro de cada critério estudado está representada na Figura 3. A análise multivariada indicou que os vetores de médias foram coincidentes, ou seja, não houve diferença significativa entre critérios em cada época de colheita. Por outro lado, as épocas de colheita foram diferentes, sendo que maior proporção da produção de frutos nos diferentes critérios estudados foi obtida na 4ª colheita, realizada em 16/12 (97 DAT). Menor ciclo do tomateiro foi obtido pela utilização do critério PESF (127 dias), que resultou na maior dose de N aplicada, 571,8 kg.ha<sup>-1</sup>. Novamente, os critérios SPAD-2 e TEST, além do QECS e DRTR, resultaram em prolongamento do ciclo do tomateiro, com a última colheita de frutos sendo realizada em 28/01 (141 DAT).

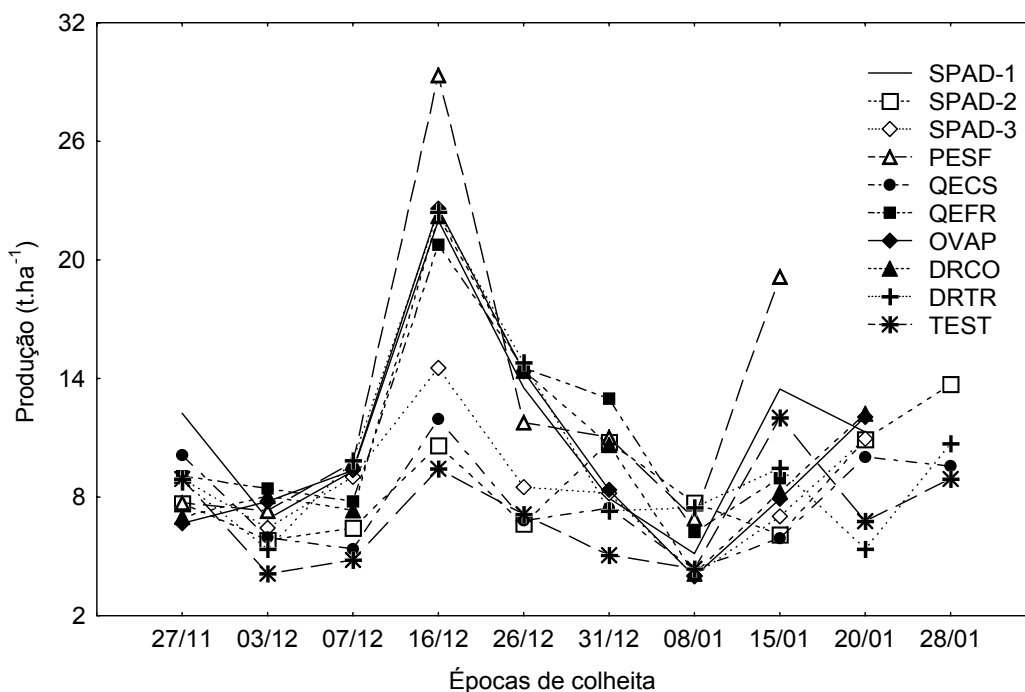


Figura 3 – Produção total de frutos em cada época de colheita do tomateiro (t.ha<sup>-1</sup>), em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento A – SIL.

### 3.1.4. Índice de resposta dos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

O índice de resposta para as produções total, comercial e ponderada de frutos variaram de 1,0 a 1,1 e 1,4 a 1,5 nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e A – SIL (Quadro 17). No experimento A – CIL<sub>2</sub>, o índice de resposta foi 1,6 para todas as produções avaliadas. No experimento A – SIL, índice de resposta de 1,4 foi obtido para a produção ponderada, que não apresentou diferença significativa entre os critérios utilizados (Quadro 13).

Quadro 17 – Índice de resposta (IR) para as produções total, comercial e ponderada de frutos (t.ha<sup>-1</sup>) do tomateiro, nos três experimentos em ambiente protegido, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimento	Maior produção (MP)	Produção com 0 N (PZ)	IR (MP ÷ PZ)
Total			
A – CIL <sub>1</sub>	112,0 (PESF)	100,3	1,1 ns
A – CIL <sub>2</sub>	106,6 (PESF)	68,3	1,6 *
A – SIL	103,1 (PESF)	71,4	1,4 *
Comercial			
A – CIL <sub>1</sub>	90,7 (SPAD-1)	86,7	1,0 ns
A – CIL <sub>2</sub>	103,5 (PESF)	64,5	1,6 *
A – SIL	99,7 (SPAD-1)	68,2	1,5 *
Ponderada			
A – CIL <sub>1</sub>	57,9 (PESF)	52,7	1,1 ns
A – CIL <sub>2</sub>	61,5 (PESF)	37,5	1,6 *
A – SIL	61,7 (SPAD-1)	40,3	1,4 ns

### 3.1.5. Análise conjunta dos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

De forma geral, as produções obtidas nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL foram maiores do que aquelas no experimento A – CIL<sub>1</sub>. Nos experimentos A – CIL<sub>1</sub> e A – SIL é possível observar que as maiores produções total (Quadro 18), comercial (Quadro 19) e ponderada de frutos (Quadro 20) foram obtidas pelo critério PESF, que foi baseado na quantidade de N-NO<sub>3</sub> no solo no início do ciclo e na produção esperada de frutos; DRTR, que foi baseado na utilização de dose recomendada de N e aplicada totalmente no transplante, sem adubação em cobertura; e SPAD-1, que foi baseado no nível crítico do índice SPAD determinado pelo medidor portátil de clorofila SPAD-502. No experimento A – CIL<sub>2</sub>, comportamento semelhante pôde ser observado para os tratamentos PESF e DRTR, mas não para o SPAD-1.

Ao comparar apenas os dois tratamentos, DRTR e DRCO, produções total, comercial e ponderada de frutos obtidas nos três experimentos (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) foram maiores quando a dose recomendada de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N foi aplicada totalmente no transplante (DRTR) do que quando aplicada em cobertura (DRCO). Dessa forma, o fertilizante nitrogenado pode ser aplicado todo no momento do transplante ou se aplicado em cobertura, há necessidade de adicionar maior quantidade de N.

Em média dos três experimentos, maiores produções total, comercial e ponderada de frutos foram obtidas pela utilização do critério PESF, seguida pelos critérios DRTR e SPAD-1. Esses critérios resultaram na aplicação de doses de 401,2; 280,0 e 294,2 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Além do critério sem aplicação de N (TEST), menores produções total, comercial e ponderada de frutos foram obtidas pelos critérios SPAD-2 e SPAD-3, que resultaram na aplicação da maior e menor dose média de N, respectivamente.

Quadro 18 – Ordem decrescente da produção total de frutos (PT) obtida nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Critério	A – CIL <sub>1</sub>		A – CIL <sub>2</sub>			A – SIL			Média		
	Dose N	PT	Critério	Dose N	PT	Critério	Dose N	PT	Critério	Dose N	PT
	(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )
4 - PESF	94,0	112,0	4 - PESF	538,8	106,6	4 - PESF	570,8	103,1	4 - PESF	401,2	107,2
9 - DRTR	280,0	111,6	9 - DRTR	280,0	104,4	1 - SPAD-1	166,0	101,7	9 - DRTR	280,0	105,8
1 - SPAD-1	246,6	109,3	6 - QENF	439,2	102,8	9 - DRTR	280,0	101,5	1 - SPAD-1	294,2	103,4
7 - OVAP	200,0	105,1	5 - QECS	296,8	100,0	8 - DRCO	280,0	93,8	6 - QENF	442,1	96,5
3 - SPAD-3	50,0	101,4	1 - SPAD-1	470,0	99,1	7 - OVAP	145,4	92,6	8 - DRCO	280,0	95,8
10 - TEST	0,0	100,3	8 - DRCO	280,0	93,7	6 - QENF	439,2	88,0	7 - OVAP	166,1	94,1
8 - DRCO	280,0	99,8	7 - OVAP	152,9	84,5	2 - SPAD-2	319,5	86,0	5 - QECS	191,1	91,8
6 - QENF	448,0	98,7	2 - SPAD-2	593,7	83,4	3 - SPAD-3	50,0	77,5	2 - SPAD-2	662,1	88,0
5 - QECS	252,0	98,3	3 - SPAD-3	229,7	82,8	5 - QECS	24,4	77,2	3 - SPAD-3	109,9	87,2
2 - SPAD-2	1073,0	94,5	10 - TEST	0,0	68,3	10 - TEST	0,0	71,4	10 - TEST	0,0	80,0

Quadro 19 – Ordem decrescente da produção comercial de frutos (PC) obtida nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

A – CIL <sub>1</sub>			A – CIL <sub>2</sub>			A – SIL			Média		
Critério	Dose N	PC	Critério	Dose N	PC	Critério	Dose N	PC	Critério	Dose N	PC
	(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )
1 - SPAD-1	246,6	90,7	4 - PESF	538,8	103,5	1 - SPAD-1	166,0	99,7	4 - PESF	401,2	97,1
9 - DRTR	280,0	90,4	9 - DRTR	280,0	101,1	9 - DRTR	280,0	98,1	9 - DRTR	280,0	96,5
4 - PESF	94,0	89,8	6 - QENF	439,2	99,1	4 - PESF	570,8	98,0	1 - SPAD-1	294,2	95,8
8 - DRCO	280,0	87,8	1 - SPAD-1	470,0	97,0	8 - DRCO	280,0	89,8	6 - QENF	442,1	89,7
10 - TEST	0,0	86,7	5 - QECS	296,8	96,4	7 - OVAP	145,4	88,5	8 - DRCO	280,0	89,7
7 - OVAP	200,0	86,4	8 - DRCO	280,0	91,5	6 - QENF	439,2	83,9	7 - OVAP	166,1	85,3
6 - QENF	448,0	86,2	7 - OVAP	152,9	81,0	2 - SPAD-2	319,5	82,3	5 - QECS	191,1	84,4
5 - QECS	252,0	84,0	3 - SPAD-3	229,7	78,7	3 - SPAD-3	50,0	74,9	2 - SPAD-2	662,1	78,7
3 - SPAD-3	50,0	82,1	2 - SPAD-2	593,7	77,3	5 - QECS	24,4	72,9	3 - SPAD-3	109,9	78,6
2 - SPAD-2	1073,0	76,5	10 - TEST	0,0	64,5	10 - TEST	0,0	68,2	10 - TEST	0,0	73,1

Quadro 20 – Ordem decrescente da produção ponderada de frutos (PP) obtida nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

A – CIL <sub>1</sub>			A – CIL <sub>2</sub>			A – SIL			Média		
Critério	Dose N	PP	Critério	Dose N	PP	Critério	Dose N	PP	Critério	Dose N	PP
	(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )
4 - PESF	94,0	57,9	4 - PESF	538,8	61,5	1 - SPAD-1	166,0	61,7	4 - PESF	401,2	59,0
9 - DRTR	280,0	57,7	9 - DRTR	280,0	59,3	9 - DRTR	280,0	57,8	9 - DRTR	280,0	58,3
1 - SPAD-1	246,6	57,6	6 - QENF	439,2	56,1	4 - PESF	570,8	57,5	1 - SPAD-1	294,2	57,2
8 - DRCO	280,0	57,3	5 - QECS	296,8	54,6	8 - DRCO	280,0	55,5	8 - DRCO	280,0	55,5
7 - OVAP	200,0	55,4	8 - DRCO	280,0	53,7	7 - OVAP	145,4	50,3	6 - QENF	442,1	52,5
6 - QENF	448,0	54,2	1 - SPAD-1	470,0	52,2	2 - SPAD-2	319,5	49,2	7 - OVAP	166,1	50,1
10 - TEST	0,0	52,7	2 - SPAD-2	593,7	45,4	6 - QENF	439,2	47,1	5 - QECS	191,1	49,2
3 - SPAD-3	50,0	52,1	7 - OVAP	152,9	44,5	5 - QECS	24,4	41,8	2 - SPAD-2	662,1	46,8
5 - QECS	252,0	51,1	3 - SPAD-3	229,7	43,4	3 - SPAD-3	50,0	40,9	3 - SPAD-3	109,9	45,5
2 - SPAD-2	1073,0	45,9	10 - TEST	0,0	37,5	10 - TEST	0,0	40,3	10 - TEST	0,0	43,5

Em relação à quantidade de N recomendada, os critérios utilizados nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL podem ser separados em dois grupos tomando como referência os critérios DRCO e DRTR, que foram baseados na utilização da dose de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, recomendada para o tomateiro (Quadro 21). O primeiro compreende os critérios SPAD-1, SPAD-3, QECS e OVAP, que resultaram em dose de N abaixo daquela recomendada para o tomateiro. O segundo grupo compreende os critérios SPAD-2, PESF e QENF, que resultaram em doses de N acima daquela recomendada.

Ao comparar os experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL que foram realizados em mesmo período, mas com e sem irrigação de lixiviação do solo, respectivamente, pode ser observado que a irrigação de lixiviação proporcionou aumento de 7, 4 e 1% nas produções total, comercial e ponderada de frutos (Quadros 18, 19 e 20); mas conseguidos com 44% a mais de N, em média dos tratamentos (Capítulo 1).

Quadro 21 – Ordem crescente de doses de N aplicada nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

A – CIL <sub>1</sub>		A – CIL <sub>2</sub>		A – SIL		Média	
Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )
3 - SPAD-3	50,0	7 - OVAP	152,9	5 - QECS	24,4	3 - SPAD-3	109,9
4 - PESF	94,0	3 - SPAD-3	229,7	3 - SPAD-3	50,0	7 - OVAP	166,1
7 - OVAP	200,0	8 - DRCO	280,0	7 - OVAP	145,4	5 - QECS	191,1
5 - QECS	252,0	9 - DRTR	280,0	1 - SPAD-1	166,0	8 - DRCO	280,0
1 - SPAD-1	246,6	5 - QECS	296,8	8 - DRCO	280,0	9 - DRTR	280,0
8 - DRCO	280,0	6 - QENF	439,2	9 - DRTR	280,0	1 - SPAD-1	294,2
9 - DRTR	280,0	1 - SPAD-1	470,0	2 - SPAD-2	319,5	4 - PESF	401,2
6 - QENF	448,0	4 - PESF	538,8	6 - QENF	439,2	6 - QENF	442,1
2 - SPAD-2	1073,0	2 - SPAD-2	593,7	4 - PESF	570,8	2 - SPAD-2	662,1

### **3.1.6. Análise monetária do resultado conjunto dos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL**

Em todas as situações, os critérios PESF, DRTR e SPAD-1 proporcionaram as maiores rendas líquidas advinda da adubação nitrogenada (Quadro 22). Dessa forma, dose de N próxima àquela recomendada para o tomateiro cultivado em ambiente protegido pode ser aplicada preferencialmente toda no momento do transplante ou em cobertura, quando necessário, baseada no nível crítico do índice SPAD. Para aplicações mais freqüentes de N em cobertura, há necessidade de adicionar maior quantidade de N para obter maior renda líquida. Por outro lado, menor renda líquida foi obtida pelos critérios SPAD-2 e SPAD-3, que resultaram, em média, na maior e menor quantidade de N aplicada, respectivamente.

Quadro 22 – Análise monetária do resultado conjunto dos três experimentos, A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, para as produções total (PT), comercial (PC) e ponderada de frutos (PP) obtidas nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Δx da produção <sup>1</sup> (t.ha <sup>-1</sup> de fruto)			Δx da renda bruta <sup>1</sup> (R\$.ha <sup>-1</sup> )			Gasto com N (R\$.ha <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	Renda líquida <sup>6</sup> (R\$.ha <sup>-1</sup> )		
		PT	PC	PP	PT <sup>2</sup>	PC <sup>3</sup>	PP <sup>4</sup>		PT	PC	PP
		4 - PESF	401,2	27,2	24,0	16,5	17.707,00		15.624,00	15.345,00	1.553,00
9 - DRTR	280,0	25,8	23,4	14,8	16.795,00	15.233,00	13.764,00	1.084,00	15.711,00	14.149,00	12.680,00
1 - SPAD-1	294,2	23,4	22,7	13,7	15.233,00	14.778,00	12.741,00	1.139,00	14.094,00	13.639,00	11.602,00
8 - DRCO	280,0	15,8	16,6	12,0	10.285,00	10.807,00	11.160,00	1.084,00	9.201,00	9.723,00	10.076,00
6 - QENF	442,1	16,5	16,6	9,0	10.741,00	10.807,00	8.370,00	1.711,00	9.030,00	9.096,00	6.659,00
7 - OVAP	166,1	14,1	12,2	6,6	9.179,00	7.942,00	6.138,00	643,00	8.536,00	7.299,00	5.495,00
5 - QECS	191,1	11,8	11,3	5,7	7.682,00	7.356,00	5.301,00	740,00	6.942,00	6.616,00	4.561,00
2 - SPAD-2	662,1	8,0	5,5	3,3	5.208,00	3.581,00	3.069,00	2.562,00	2.646,00	1.019,00	507,00
3 - SPAD-3	109,9	7,2	5,6	2,0	4.687,00	3.646,00	1.860,00	425,00	4.262,00	3.221,00	1.435,00

<sup>1</sup> Normalizado em relação a testemunha (TEST).

<sup>2</sup> Renda bruta da PT: Δx da PT (t.ha<sup>-1</sup>) x 1000 x 0,65 (R\$.kg<sup>-1</sup> de fruto).

<sup>3</sup> Renda bruta da PC: Δx da PC (t.ha<sup>-1</sup>) x 1000 x 0,65 (R\$.kg<sup>-1</sup> de fruto).

<sup>4</sup> Renda bruta da PP: Δx da PP (t.ha<sup>-1</sup>) x 1000 x 0,93 (R\$.kg<sup>-1</sup> de fruto).

<sup>5</sup> Preço do N: R\$ 3,87 kg<sup>-1</sup>.

<sup>6</sup> Renda líquida: Δx da renda bruta – gasto com N.

## 3.2. Experimentos no campo

### 3.2.1. Experimento B<sub>1</sub>

A quantidade de água aplicada e as temperaturas máximas, mínimas e médias medidas durante a condução do experimento B<sub>1</sub> estão apresentadas no Quadro 23. As plantas do tomateiro receberam durante todo o ciclo o equivalente a 849,8 mm, proveniente principalmente de chuvas ocorridas no período. As chuvas foram mais intensas da 2<sup>a</sup> até a 9<sup>a</sup> semana após o transplante, que corresponderam aos meses de janeiro e fevereiro, decrescendo, posteriormente, nos meses de março, abril e maio.

As temperaturas máximas, mínimas e médias registradas foram próximas daquelas no experimento A – CIL<sub>1</sub>, conduzido em ambiente protegido no mesmo período.

Quadro 23 – Médias semanais da lâmina de água aplicada, via irrigação e chuva, e das temperaturas máximas, mínimas e médias no experimento B<sub>1</sub>

Semana após o transplante	Lâmina de água (mm.semana <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)		
		Máxima	Mínima	Média
1 <sup>a</sup> (03 - 10/01)	9,5 – 16,6 <sup>1</sup>	29,5	19,2	24,4
2 <sup>a</sup> (11 - 17/01)	110,1	25,6	19,1	22,4
3 <sup>a</sup> (18 - 24/01)	53,5	28,0	18,3	23,2
4 <sup>a</sup> (25 - 31/01)	140,4	30,1	19,3	24,7
5 <sup>a</sup> (01 - 07/02)	139,0	27,6	18,3	23,0
6 <sup>a</sup> (08 - 14/02)	24,3	28,4	19,9	24,2
7 <sup>a</sup> (15 - 21/02)	44,7	26,9	19,6	23,3
8 <sup>a</sup> (22 - 28/02)	81,4	28,9	20,4	24,7
9 <sup>a</sup> (01 - 07/03)	37,5	29,5	17,2	23,4
10 <sup>a</sup> (08 - 14/03)	12,1 – 15,8 <sup>1</sup>	30,5	18,4	24,5
11 <sup>a</sup> (15 - 21/03)	21,6 – 25,0 <sup>1</sup>	30,3	19,0	24,7
12 <sup>a</sup> (22 - 28/03)	27,3	29,3	19,2	24,3
13 <sup>a</sup> (29/03 - 04/04)	11,7 <sup>1</sup>	30,3	16,4	23,4
14 <sup>a</sup> (05 - 11/04)	1,8 – 8,3 <sup>1</sup>	29,7	17,8	23,8
15 <sup>a</sup> (12 - 18/04)	8,3 <sup>1</sup>	32,0	18,3	25,2
16 <sup>a</sup> (19 - 25/04)	16,6 <sup>1</sup>	30,9	16,2	23,6
17 <sup>a</sup> (26/04 - 02/05)	8,3 <sup>1</sup>	30,5	16,6	23,6
18 <sup>a</sup> (03 - 09/05)	30,8	28,0	16,3	22,2
19 <sup>a</sup> (10 - 16/05)	5,2	27,2	16,7	22,0
	$\Sigma = 849,8$	$\bar{X} = 29,1$	$\bar{X} = 18,2$	$\bar{X} = 23,7$

<sup>1</sup> Irrigação por sulcos, complementar à precipitação. Os demais valores correspondem a precipitação ocorrida durante o período de cultivo.

No experimento B<sub>1</sub>, houve diferenças significativas entre os critérios estudados para as produções total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos (Quadro 24). Maiores valores da produção total foram obtidos pela utilização dos critérios SPAD-1, PESF, DRCO e DRTR, com doses de N de 501,4; 495,9; 500,0 e 500,0 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mas aplicadas de forma diferenciada. As menores produções total, comercial, ponderada e diária de frutos foram obtidas quando não foi aplicado N (TEST).

A percentagem de produção não comercial variou de 18 a 32% da produção total para os diferentes tratamentos. Essas percentagens estão acima daquelas observadas nos experimentos em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL).

Quadro 24 – Produção total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Critério	Total	Comercial	Ponderada	Não Comercial	Diária
	(t.ha <sup>-1</sup> )				(kg.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
1 - SPAD-1	63,7 a	43,4 a	24,6 a	20,3 abc	361,7 a
2 - SPAD-2	42,7 ab	26,1 ab	11,3 ab	16,6 abc	217,5 ab
3 - SPAD-3	48,9 a	36,1 ab	20,2 ab	12,8 abc	300,8 ab
4 – PESF	54,2 a	37,4 ab	20,6 ab	16,8 abc	311,6 ab
5 - QECS	53,0 a	35,0 ab	17,6 ab	18,0 abc	291,7 ab
6 - QENF	44,7 ab	27,8 ab	13,3 ab	16,9 abc	231,6 ab
7 - OVAP	44,1 ab	36,3 ab	16,9 ab	7,8 bc	302,5 ab
8 - DRCO	65,5 a	42,1 a	23,7 ab	23,5 a	350,8 a
9 - DRTR	55,9 a	34,2 ab	17,6 ab	21,7 ab	285,0 ab
10 - TEST	22,5 b	16,4 b	6,1 b	6,1 c	136,7 b
C.V. (%)	21,5	26,9	43,2	35,8	26,9

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento B<sub>1</sub>, somente a produção de frutos extra A foi afetada pelos critérios estudados (Quadro 25). O critério SPAD-1 proporcionou a maior produção de frutos extra A. Em todos critérios, com exceção da testemunha (TEST), os frutos do tipo extra A representaram a maior proporção de frutos produzidos, seguidos pelas classes extra, extra AA, médio especial e pequeno. A aparente maior produção de frutos extra AA foi obtida pela utilização do critério DRCO, que foi baseado na aplicação da dose recomendada de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aplicada em cobertura, a cada 14 dias.

Quadro 25 – Produção classificada de frutos do tomateiro (kg.ha<sup>-1</sup>), nas classes comerciais, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Critério	Produção classificada de frutos (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio especial	Pequeno
1 – SPAD-1	5.482	27.334 a	7.323	1.406	1.844
2 – SPAD-2	1.225	12.730 ab	6.417	5.323	417
3 – SPAD-3	5.204	20.193 ab	7.469	2.906	281
4 – PESF	2.813	23.692 ab	9.406	1.302	156
5 – QECS	3.740	16.511 ab	10.302	3.307	1.135
6 – QENF	867	13.665 ab	11.156	1.281	823
7 – OVAP	1.635	19.951 ab	8.709	4.292	1.747
8 – DRCO	6.219	23.826 ab	8.281	2.927	802
9 – DRTR	3.438	17.869 ab	8.927	3.167	841
10 – TEST	438	5.427 b	6.336	3.760	396
C.V. (%)	127,7	48,4	40,8	98,0	149,3

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso médio de frutos em todas as classes de frutos comerciais, exceto extra A (Quadro 26). O peso dos frutos da classe extra AA, extra A, extra, médio especial e pequeno variaram de 185,9 a 232,5; 136,5 a 160,0; 104,9 a 112,3; 82,1 a 90,8 e 62,5 a 75,0 g.fruto<sup>-1</sup>, respectivamente.

Quadro 26 – Peso médio de frutos do tomateiro (g.fruto<sup>-1</sup>), nas classes comerciais, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Critério	Peso médio de frutos (g.fruto <sup>-1</sup> )				
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio especial	Pequeno
1 – SPAD-1	196,5	146,8 ab	106,7	84,0	64,8
2 – SPAD-2	195,9	146,9 ab	106,8	84,9	63,8
3 – SPAD-3	185,6	147,5 ab	104,9	83,2	67,5
4 – PESF	232,5	151,3 ab	110,1	87,0	75,0
5 – QECS	225,4	160,0 a	109,8	83,8	69,4
6 – QENF	208,2	147,0 ab	106,9	87,3	65,8
7 – OVAP	187,5	143,6 ab	104,9	82,4	65,8
8 – DRCO	214,1	152,0 ab	111,4	82,1	64,2
9 – DRTR	201,3	151,0 ab	112,3	90,8	68,5
10 – TEST	210,0	136,5 b	105,1	86,7	62,5
C.V. (%)	12,4	5,0	3,7	4,4	9,12

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os principais fatores responsáveis pela desclassificação de frutos no experimento B<sub>1</sub> foram os defeitos causados pelo ataque de broca-pequena, e as ocorrências de podridão apical, alternaria e os frutos remanescentes (Quadro 27).

Quadro 27 – Distribuição da produção de frutos não comerciais (NC) do tomateiro (kg.ha<sup>-1</sup>) nas categorias brocados (BR), podridão apical (PA), alternária (AL) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Critério	Produção de frutos (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	BR	PA	AL	RE	NC
1 – SPAD-1	12.011	4.746	3.552	0	20.309 ab
2 – SPAD-2	6.982	5.950	3.219	479	16.630 abc
3 – SPAD-3	6.625	2.348	3.875	0	12.848 abc
4 – PESF	9.187	3.809	3.677	94	16.767 abc
5 – QECS	8.235	5.202	4.219	374	18.030 abc
6 – QENF	10.429	4.521	1.896	94	16.940 abc
7 – OVAP	3.606	438	3.733	0	7.777 bc
8 – DRCO	13.205	3.904	6.396	0	23.505 a
9 – DRTR	11.091	5.749	4.531	354	21.725 ab
10 – TEST	4.571	135	1.281	102	6.089 c
	54,4	76,5	71,1	240,4	35,8

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento B<sub>1</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada cacho, dentro de cada critério estudado encontra-se no Quadro 28. Os resultados da análise multivariada indicaram que os vetores de médias foram coincidentes, não horizontais e paralelos, ou seja, houve efeito diferença significativa apenas entre cachos. Nesse, experimento, independentemente da quantidade e do momento em que o N foi aplicado, maior proporção da produção de frutos foi obtida até o 6º cacho.

Quadro 28 – Distribuição da produção total de frutos em nove cachos do tomateiro (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>

Critério	Produção total (t.ha <sup>-1</sup> )								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1 – SPAD-1	10,1	10,3	8,9	10,1	11,9	7,8	2,4	1,0	1,2
2 – SPAD-2	9,7	9,7	6,1	6,6	3,6	2,8	1,6	1,1	1,6
3 – SPAD-3	6,7	10,8	8,4	8,1	7,0	4,3	1,7	1,4	0,5
4 – PESF	6,6	8,1	10,1	10,0	10,0	5,3	1,9	1,6	0,5
5 – QECS	7,5	10,5	8,5	8,3	5,1	6,6	3,1	1,4	2,0
6 – QENF	9,7	7,6	7,3	6,1	5,7	3,0	2,5	1,8	0,9
7 – OVAP	10,1	9,9	7,3	4,3	4,0	2,7	3,8	0,8	1,0
8 – DRCO	11,9	8,3	11,3	10,3	6,9	8,1	4,7	2,6	1,6
9 – DRTR	9,2	8,7	10,3	9,6	8,4	3,7	2,5	2,1	1,2
10 – TEST	7,4	4,9	3,7	2,5	2,1	0,9	0,7	0,3	0,0

No experimento B<sub>1</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada época de colheita, dentro de cada critério estudado está representada na Figura 4. A análise multivariada indicou que houve diferença significativa entre critérios, épocas de colheita e interação critérios x épocas. De forma geral, a maior proporção de frutos foi obtida entre a 3ª e 5ª colheitas, realizadas entre 10/04 (83 DAT) e 24/04 (97 DAT), sendo a 3ª mais representativa para os critérios SPAD-2 e SPAD-3, que resultaram na maior e menor dose de N, respectivamente, e a 5ª para os critérios SPAD-1, PESF, DRCO e DRTR, que resultaram nas maiores produções total, comercial, ponderada e diária de frutos (Quadro 23) e em doses de N entre 495,9 e 501,4 kg.ha<sup>-1</sup>.

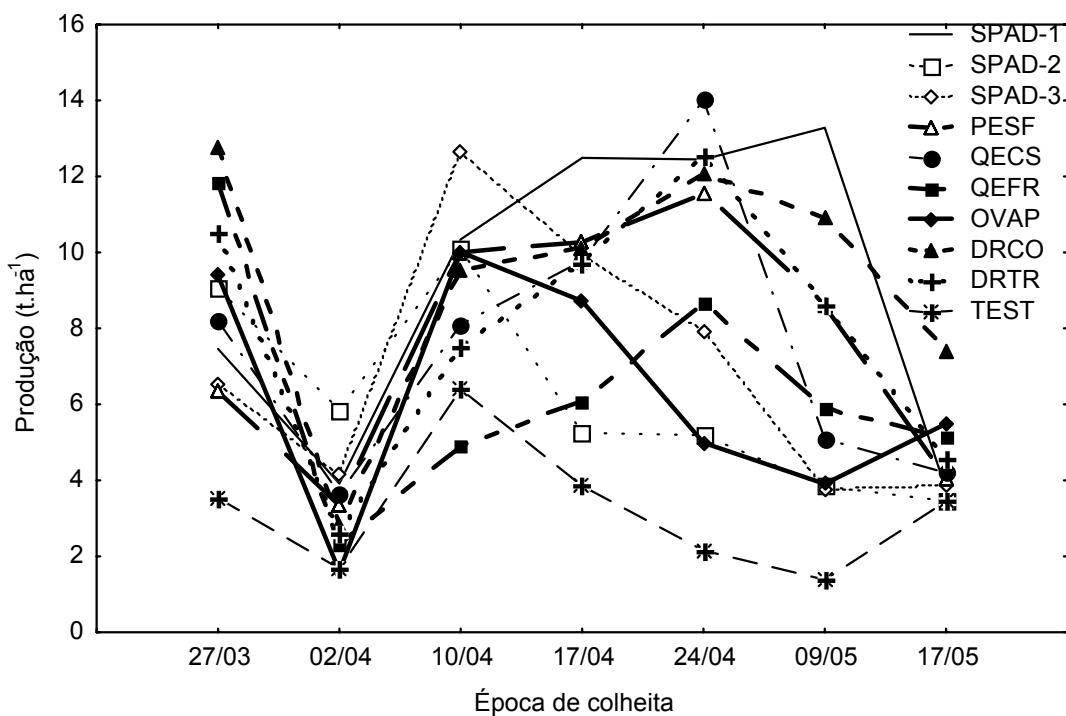


Figura 4 – Produção total de frutos em cada época de colheita de tomate (t.ha<sup>-1</sup>), em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>1</sub>.

### 3.2.2. Experimento B<sub>2</sub>

A distribuição de chuvas foi desuniforme durante a condução do experimento B<sub>2</sub>, tendo sido observado maior volume de chuvas na 11<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 17<sup>a</sup> semana após o transplante (Quadro 29). Nesse experimento, as plantas receberam o equivalente a 965,5 mm de água, que foi maior do que a quantidade de água registrada no experimento B<sub>1</sub> (Quadro 23), proveniente principalmente de chuvas ocorridas no período.

As temperaturas máximas, mínimas e médias registradas foram próximas daquelas nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, que foram conduzidos em ambiente protegido no mesmo período.

Quadro 29 – Médias semanais da lâmina de água aplicada, via irrigação e chuva, e das temperaturas máximas, mínimas e médias, no experimento B<sub>2</sub>

Semana após o transplante	Lâmina de água (mm.semana <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)		
		Máxima	Mínima	Média
1 <sup>a</sup> (11 - 17/09)	11,7 <sup>1</sup>	27,5	15,2	21,4
2 <sup>a</sup> (18 - 24/09)	32,1 – 8,3 <sup>1</sup>	24,0	15,7	19,9
3 <sup>a</sup> (25/09-01/10)	12,4 – 3,3 <sup>1</sup>	25,7	13,7	19,7
4 <sup>a</sup> (02 - 08/10)	19,8 – 20,0 <sup>1</sup>	29,5	16,0	22,8
5 <sup>a</sup> (09 - 15/10)	25,0 <sup>1</sup>	31,2	14,0	22,6
6 <sup>a</sup> (16 - 22/10)	7,4 – 25,0 <sup>1</sup>	30,8	16,5	23,7
7 <sup>a</sup> (23 - 29/10)	0,3 – 25,0 <sup>1</sup>	28,9	17,3	23,1
8 <sup>a</sup> (30/10-05/11)	26,8	27,8	19,3	23,6
9 <sup>a</sup> (06 - 12/11)	29,0 – 8,3 <sup>1</sup>	25,9	15,5	20,7
10 <sup>a</sup> (13 - 19/11)	37,2	28,5	18,6	23,6
11 <sup>a</sup> (20 - 26/11)	122,6	28,4	20,3	24,4
12 <sup>a</sup> (27/11-03/12)	2,6 – 16,7 <sup>1</sup>	30,3	17,5	23,9
13 <sup>a</sup> (04 - 10/12)	24,7 – 25,0 <sup>1</sup>	30,6	20,4	25,5
14 <sup>a</sup> (11 - 17/12)	169,4	24,0	19,8	21,9
15 <sup>a</sup> (18 - 24/12)	77,4	29,9	19,2	24,6
16 <sup>a</sup> (25 - 31/12)	7,6	27,8	20,1	24,0
17 <sup>a</sup> (01 - 07/01)	199,7	28,2	20,7	24,5
18 <sup>a</sup> (08 - 14/01) <sup>2</sup>	28,2	25,0	17,5	21,3
	Σ = 965,5	$\bar{X} = 28,0$	$\bar{X} = 17,6$	$\bar{X} = 22,8$

<sup>1</sup> Irrigação por sulcos, complementar à precipitação.

<sup>2</sup> Volume de água aplicado às plantas na 18<sup>a</sup> semana refere-se aos dias 08 e 09/01/03 (data da colheita das plantas).

No experimento B<sub>2</sub>, houve diferenças significativas entre os critérios estudados, para as produções total, ponderada e não comercial de frutos (Quadro 30). Maior produção ponderada foi obtida no critério QENF que resultou na aplicação de 412,3 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

Quadro 30 – Produção total, comercial, ponderada, não comercial e diária de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>

Critério	Total	Comercial	Ponderada	Não Comercial	Diária
	(t.ha <sup>-1</sup> )				(kg.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	78,8 ab	68,5	38,4 ab	10,3 ab	590,7
2 – SPAD-2	83,2 ab	66,5	42,1 ab	16,7 a	572,8
3 – SPAD-3	83,2 ab	73,0	36,2 ab	10,2 ab	629,3
4 – PESF	72,3 ab	63,0	36,0 ab	9,3 ab	542,7
5 – QECS	86,5 ab	73,7	45,9 ab	12,8 ab	635,2
6 – QENF	90,6 a	79,9	53,3 a	10,7 ab	688,5
7 – OVAP	91,4 a	78,0	44,1 ab	13,4 ab	672,7
8 – DRCO	80,2 ab	70,4	39,3 ab	9,8 ab	606,7
9 – DRTR	75,6 ab	65,8	33,4 ab	9,8 ab	567,6
10 – TEST	54,5 b	50,0	20,6 b	4,5 b	430,8
C.V. (%)	18,3	20,8	31,6	44,7	20,8

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento B<sub>2</sub>, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as classes de frutos comerciais de tomate (Quadro 31). Aparentemente, a proporção de frutos extra foi maior do que no experimento B<sub>1</sub> (Quadro 26). Sem a aplicação de fertilizante nitrogenado não houve produção de frutos extra AA.

Quadro 31 – Produção classificada de frutos comerciais do tomateiro (kg.ha<sup>-1</sup>), em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>

Critério	Produção classificada de frutos (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio especial	Pequeno
1 – SPAD-1	3.961	48.455	12.337	1.674	2.093
2 – SPAD-2	15.758	36.163	10.936	2.554	1.029
3 – SPAD-3	3.997	36.131	25.486	4.037	3.342
4 – PESF	12.054	26.389	19.659	2.981	1.867
5 – QECS	15.893	41.796	11.437	3.054	1.507
6 – QENF	22.193	45.863	8.002	2.590	1.213
7 – OVAP	5.993	53.305	14.113	2.027	2.596
8 – DRCO	7.121	41.205	17.827	2.689	1.533
9 – DRTR	1.968	35.107	25.025	2.046	1.698
10 – TEST	-	25.022	13.264	8.075	3.610
C.V. (%)	147,3	30,5	47,3	134,5	92,8

No experimento B<sub>2</sub> não houve efeito das doses de N recomendadas pelos diferentes critérios sobre os pesos médios de todas as classes de frutos comerciais (Quadro 32). O peso dos frutos da classe extra AA, extra A, extra, médio especial e pequeno variaram de 188,0 a 203,0; 144,9 a 157,0; 110,9 a 119,0; 86,1 a 91,3 e 61,8 a 76,9 g.fruto<sup>-1</sup>, respectivamente.

Quadro 32 – Peso médio de frutos do tomateiro (g.fruto<sup>-1</sup>), nas classes comerciais, em função de critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>

Critério	Peso médio de frutos (g.fruto <sup>-1</sup> )				
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio especial	Pequeno
1 – SPAD-1	192,1	150,5	115,7	89,1	71,5
2 – SPAD-2	203,0	157,0	110,9	86,1	71,3
3 – SPAD-3	188,0	146,5	113,1	87,8	73,7
4 – PESF	197,2	148,9	112,9	90,0	61,8
5 – QECS	194,0	153,5	114,0	91,3	73,0
6 – QENF	196,9	155,2	119,0	88,9	75,8
7 – OVAP	191,3	154,1	112,6	88,7	73,0
8 – DRCO	193,0	148,7	114,2	86,5	72,6
9 – DRTR	188,0	146,1	115,6	89,2	71,4
10 – TEST	-	144,9	112,3	90,3	76,9
C.V. (%)	6,2	4,3	3,9	3,9	7,8

No experimento B<sub>2</sub>, houve diferenças significativas entre os critérios estudados apenas para a produção de frutos das categorias brocados e com podridão apical (Quadro 33). Os fatores responsáveis pela desclassificação de frutos foram os mesmos ocorridos no experimento B<sub>1</sub> (Quadro 27), além da ocorrência de traça do tomateiro (*Tuta absoluta*) e de frutos de diâmetro menor que 40 mm ou frutos refugos.

Quadro 33 – Distribuição da produção de frutos não comerciais (NC) do tomateiro (kg.ha<sup>-1</sup>) nas categorias brocados (BR), podridão apical (PA), alternária (AL), traça (TR) refugos (RF) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>

Critério	BR	PA	AL	TR	RF	RE	NC
1 - SPAD-1	1.614 b	8.706 a	1.745	712	3.534	1.951	10.340 ab
2 - SPAD-2	308 b	783 b	2.077	333	4.633	681	16.738 a
3 - SPAD-3	1.755 ab	1.725 b	741	1.789	1.634	2.544	10.190 ab
4 – PESF	906 b	1.131 b	767	2.003	4.019	451	9.277 ab
5 – QECS	1.114 b	3.770 ab	1.468	342	3.896	2.195	12.785 ab
6 – QENF	5.028 a	1.320 b	969	0	2.783	579	10.678 ab
7 – OVAP	1.407 b	4.754 ab	1.146	849	4.087	1.201	13.443 ab
8 – DRCO	479 b	1.854 b	1.949	0	2.407	3.124	9.815 ab
9 – DRTR	1.527 b	2.842 ab	142	765	1.236	3.303	9.815 ab
10 – TEST	0 b	88 b	604	0	3.137	674	4.503 b
C.V. (%)	95,2	91,0	152,3	160,7	114,5	85,2	44,7

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento B<sub>2</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada cacho, dentro de cada critério estudado encontra-se no Quadro 34. Os resultados da análise multivariada indicaram que os vetores de médias foram coincidentes, não horizontais e paralelos, ou seja, houve diferença significativa apenas entre cachos. Semelhantemente ao observado no experimento B<sub>1</sub> (Quadro 28), maior proporção da produção de frutos foi obtida até o 6º cacho, independentemente do critério utilizado.

Quadro 34 – Distribuição da produção total de frutos em nove cachos do tomateiro (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenado, no experimento B<sub>2</sub>

Critério	Produção total (t.ha <sup>-1</sup> )								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1 - SPAD-1	13,3	12,8	14,3	12,6	9,7	7,5	5,8	2,1	0,8
2 - SPAD-2	12,4	14,4	14,6	10,9	11,6	8,0	6,4	4,7	0,4
3 - SPAD-3	11,3	13,6	11,2	11,1	11,0	9,7	8,4	4,8	2,1
4 – PESF	9,5	10,2	8,1	7,0	5,7	4,6	3,3	2,7	3,0
5 – QECS	13,7	14,2	13,7	12,6	10,0	8,5	6,1	4,8	3,0
6 – QENF	14,2	16,5	15,6	15,1	8,8	6,3	6,5	6,5	0,9
7 – OVAP	12,1	13,1	13,9	14,7	11,3	9,5	7,7	5,6	3,5
8 – DRCO	12,7	15,2	13,6	10,2	9,9	8,3	4,9	3,6	2,0
9 – DRTR	11,4	10,9	11,9	12,1	11,3	7,9	5,4	2,5	2,1
10 – TEST	9,4	12,2	11,3	8,7	6,4	3,1	2,2	1,2	0,0

No experimento B<sub>2</sub>, a distribuição da produção total de frutos em cada época de colheita, dentro de cada critério estudado está representada na Figura 5. A análise multivariada indicou que houve diferença significativa apenas entre épocas de colheita. Para todos os critérios, maior proporção de frutos foi obtida entre a 3ª e 5ª colheita, realizadas entre 09/12 (90 DAT) e 24/12 (105 DAT). A última colheita, realizada em 09/01 (121 DAT), foi relativamente baixa em todos os critérios estudados, exceto para o QECS.

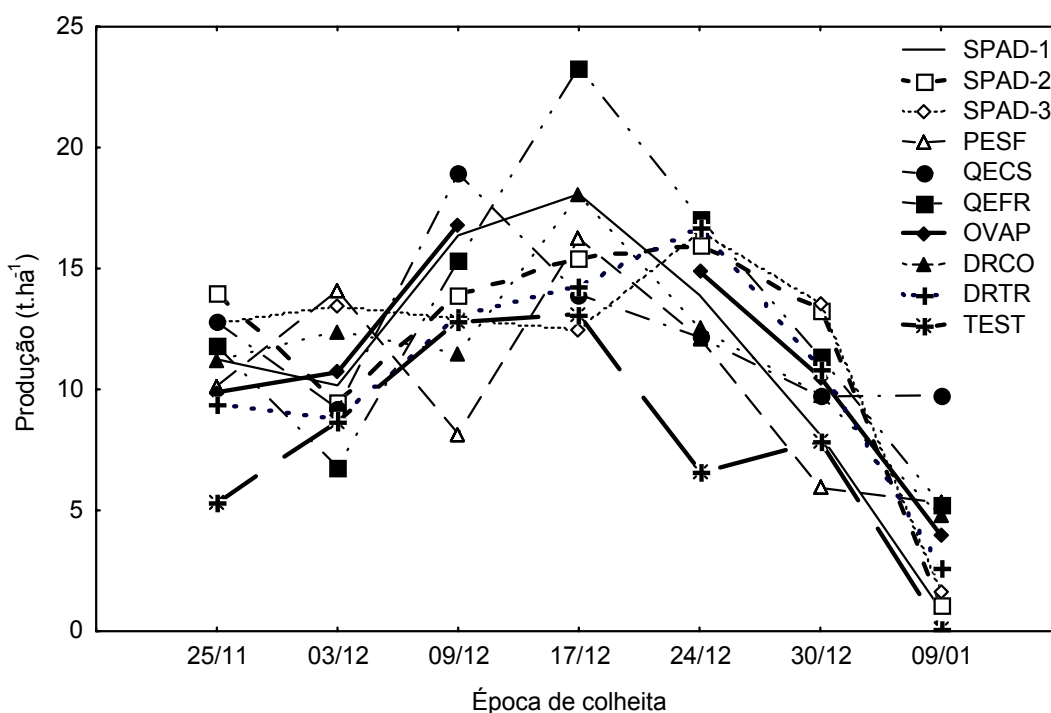


Figura 5 – Produção total de frutos em cada época de colheita do tomateiro (t.ha<sup>-1</sup>), em função dos critérios estudados para o manejo da adubação nitrogenada, no experimento B<sub>2</sub>.

### 3.2.2. Índice de resposta

Maiores índices de resposta para as produções total, comercial e ponderada de frutos foram obtidas no experimento B<sub>1</sub> (Quadro 35). No experimento B<sub>2</sub>, o índice de resposta 1,6 foi obtido para a produção comercial de frutos que não apresentou diferenças significativas entre os critérios avaliados (Quadro 30).

Quadro 35 – Índice de resposta (IR) para as produções total, comercial e ponderada de frutos (t.ha<sup>-1</sup>) do tomateiro cultivado nos dois experimentos no campo B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimento	Maior produção (MP)	Produção com 0 N (PZ)	IR (MP ÷ PZ)
Total			
B <sub>1</sub>	65,5 (DRCO)	22,5	2,9 *
B <sub>2</sub>	91,4 (OVAP)	54,5	1,7 *
Comercial			
B <sub>1</sub>	43,4 (SPAD-1)	16,4	2,6 *
B <sub>2</sub>	79,9 (QEFR)	50,0	1,6 ns
Ponderada			
B <sub>1</sub>	24,6 (SPAD-1)	6,1	4,0 *
B <sub>2</sub>	53,3 (QEFR)	20,6	2,6 *

### 3.2.3. Análise conjunta dos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Os critérios utilizados não proporcionaram mesmos padrões de produções total, comercial e ponderada de frutos nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Quadros 36, 37 e 38, respectivamente). Independentemente do critério utilizado, maiores produtividades foram obtidas no experimento B<sub>2</sub> do que em B<sub>1</sub>.

Em média dos dois experimentos, maiores produções total, comercial e ponderada de frutos foram obtidas pelos critérios SPAD-1, OVAP e DRCO, que resultaram na aplicação de 272,7, 262,5 e 512,5 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Quadro 36 – Ordem decrescente da produção total de frutos (PT) obtida nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>			Média		
Critério	Dose de N	PT	Critério	Dose de N	PT	Critério	Dose de N	PT
	(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )
8 – DRCO	500,0	65,5	7 – OVAP	273,0	91,4	8 – DRCO	512,5	72,9
1 – SPAD-1	501,4	63,7	6 – QENF	412,3	90,6	1 – SPAD-1	275,7	71,3
9 – DRTR	500,0	55,9	5 – QECS	333,1	86,5	5 – QECS	764,7	69,8
4 – PESF	505,0	54,2	3 – SPAD-3	50,0	83,2	7 – OVAP	261,5	67,8
5 – QECS	1196,2	53,0	2 – SPAD-2	727,4	83,2	6 – QENF	1034,3	67,7
3 – SPAD-3	131,6	48,9	8 – DRCO	525,0	80,2	3 – SPAD-3	90,8	66,1
6 – QENF	1656,2	44,7	1 – SPAD-1	50,0	78,8	9 – DRTR	512,5	65,8
7 – OVAP	250,0	44,1	9 – DRTR	525,0	75,6	4 – PESF	964,3	63,3
2 – SPAD-2	1953,7	42,7	4 – PESF	1423,5	72,3	2 – SPAD-2	1340,6	63,0
10 – TEST	0,0	22,5	10 – TEST	0,0	54,5	10 – TEST	0,0	38,5

Quadro 37 – Ordem decrescente da produção comercial de frutos (PC) obtida nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>			Média		
Critério	Dose de N	PC	Critério	Dose de N	PC	Critério	Dose de N	PC
	(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )		(kg.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	501,4	43,4	6 – QENF	412,3	79,9	7 – OVAP	261,5	57,2
8 – DRCO	500,0	42,1	7 – OVAP	273,0	78,0	8 – DRCO	512,5	56,3
4 – PESF	505,0	37,4	5 – QECS	333,1	73,7	1 – SPAD-1	275,7	56,0
7 – OVAP	250,0	36,3	3 – SPAD-3	50,0	73,0	3 – SPAD-3	90,8	54,6
3 – SPAD-3	131,6	36,1	8 – DRCO	525,0	70,4	5 – QECS	764,7	54,4
5 – QECS	1196,2	35,0	1 – SPAD-1	50,0	68,5	6 – QENF	1034,3	53,9
9 – DRTR	500,0	34,2	2 – SPAD-2	727,4	66,5	4 – PESF	964,3	50,2
6 – QENF	1656,2	27,8	9 – DRTR	525,0	65,8	9 – DRTR	512,5	50,0
2 – SPAD-2	1953,7	26,1	4 – PESF	1423,5	63,0	2 – SPAD-2	1340,6	46,3
10 – TEST	0,0	16,4	10 – TEST	0,0	50,0	10 – TEST	0,0	33,2

Quadro 38 – Ordem decrescente da produção ponderada de frutos (PP) obtida nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Critério	B <sub>1</sub>		Critério	B <sub>2</sub>		Critério	Média	
	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	PP (t.ha <sup>-1</sup> )		Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	PP (t.ha <sup>-1</sup> )		Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	PP (t.ha <sup>-1</sup> )
1 – SPAD-1	501,4	24,6	6 – QENF	412,3	53,3	6 – QENF	1034,3	33,3
8 – DRCO	500,0	23,7	5 – QECS	333,1	45,9	5 – QECS	764,7	31,8
4 – PESF	505,0	20,6	7 – OVAP	273,0	44,1	1 – SPAD-1	275,7	31,5
3 – SPAD-3	131,6	20,2	2 – SPAD-2	727,4	42,1	8 – DRCO	512,5	31,5
9 – DRTR	500,0	17,6	8 – DRCO	525,0	39,3	7 – OVAP	261,5	30,5
5 – QECS	1196,2	17,6	1 – SPAD-1	50,0	38,4	3 – SPAD-3	90,8	28,2
7 – OVAP	250,0	16,9	3 – SPAD-3	50,0	36,2	4 – PESF	964,3	28,3
6 – QENF	1656,2	13,3	4 – PESF	1423,5	36,0	2 – SPAD-2	1340,6	26,7
2 – SPAD-2	1953,7	11,3	9 – DRTR	525,0	33,4	9 – DRTR	512,5	25,5
10 – TEST	0,0	6,1	10 – TEST	0,0	20,6	10 – TEST	0,0	13,4

Os critérios estudados resultaram em doses de N diferentes nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Quadro 39). Somente os critérios SPAD-3 e OVAP apresentaram comportamento semelhante nos dois experimentos, resultando em doses de N abaixo daquelas de 500,0 e 525,0 kg.ha<sup>-1</sup>, recomendadas para o tomateiro cultivado no campo, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente.

Quadro 39 – Ordem crescente das doses de N estabelecidas pelos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro, nos dois experimentos, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )
3 – SPAD-3	131,6	1 – SPAD-1	50,0
7 – OVAP	250,0	3 – SPAD-3	50,0
4 – PESF	505,0	7 – OVAP	273,0
8 – DRCO	500,0	5 – QECS	333,1
9 – DRTR	500,0	6 – QENF	412,3
1 – SPAD-1	501,4	8 – DRCO	525,0
5 – QECS	1196,2	9 – DRTR	525,0
6 – QENF	1656,2	2 – SPAD-2	727,4
2 – SPAD-2	1953,7	4 – PESF	1423,5

#### 3.2.4. Análise monetária do resultado conjunto dos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Maior renda líquida foi observada pela utilização dos critérios SPAD-1 e DRCO que resultaram, em média, na aplicação de 275,7 e 512,5 kg.ha<sup>-1</sup> (Quadro 40). Portanto, em condições de campo sem proteção, a aplicação de N quando necessário, baseado no nível crítico do índice SPAD, possibilitou a redução na quantidade de N recomendada, sem correspondente perda na renda líquida. Por outro, quando o nível crítico SPAD foi aumentado em 20% (SPAD-2), houve aumento significativo na quantidade de N aplicada e menor renda líquida foi observada.

Quadro 40 – Análise monetária do resultado conjunto dos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, para as produções total (PT), comercial (PC) e ponderada de frutos (PP) obtidas nos diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenado do tomateiro

Critério	Dose de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Δx da produção <sup>1</sup> (t.ha <sup>-1</sup> de fruto)			Renda bruta <sup>1</sup> (R\$.ha <sup>-1</sup> )			Gasto com N (R\$.ha <sup>-1</sup> )	Renda líquida <sup>5</sup> (R\$.ha <sup>-1</sup> )		
		PT	PC	PP	PT	PC	PP		PT	PC	PP
		1 – SPAD-1	275,7	32,8	22,8	18,0	16.531,00		11.491,00	12.960,00	1.067,00
8 – DRCO	512,5	34,4	23,1	18,0	17.338,00	11.642,00	12.960,00	1.983,00	15.355,00	9.659,00	10.977,00
7 – OVAP	261,5	29,3	24,0	17,0	14.767,00	12.096,00	12.240,00	1.012,00	13.755,00	11.084,00	11.228,00
3 – SPAD-3	90,8	27,6	21,4	14,7	13.910,00	10.786,00	10.584,00	351,00	13.559,00	10.435,00	10.233,00
5 – QECS	764,7	31,3	21,2	18,3	15.775,00	10.685,00	13.176,00	2.959,00	12.816,00	7.726,00	10.217,00
9 – DRTR	512,5	27,3	16,8	12,0	13.759,00	8.467,00	8.640,00	1.983,00	11.776,00	6.484,00	6.657,00
6 – QENF	1034,3	29,2	20,7	19,8	14.717,00	10.433,00	14.256,00	4.003,00	10.714,00	6.430,00	10.253,00
4 – PESF	964,3	24,8	17,0	14,8	12.499,00	8.568,00	10.656,00	3.732,00	8.767,00	4.836,00	6.924,00
2 – SPAD-2	1340,6	24,5	13,1	13,2	12.348,00	6.602,00	9.504,00	5.188,00	7.160,00	1.414,00	4.316,00

<sup>1</sup> Normalizado em relação à testemunha.

<sup>2</sup> Renda bruta da PT: Δx da PT (t.ha<sup>-1</sup>) x 1000 x 0,72 (R\$.kg<sup>-1</sup> de fruto) x 70%.

<sup>3</sup> Renda bruta da PC: Δx da PC (t.ha<sup>-1</sup>) x 1000 x 0,72 (R\$.kg<sup>-1</sup> de fruto) x 70%.

<sup>4</sup> Renda bruta da PP: Δx da PP (t.ha<sup>-1</sup>) x 1000 x 0,72 (R\$.kg<sup>-1</sup> de fruto).

<sup>5</sup> Renda líquida: Δx da renda bruta – gasto com N.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)

#### 4.1.1. Experimento A – CIL<sub>1</sub>

No experimento A – CIL<sub>1</sub> os diferentes tratamentos não proporcionaram resposta significativa da produção de frutos (Quadro 4), talvez, devido ao alto teor de N-NO<sub>3</sub> no solo na área cultivada, 301,8 kg.ha<sup>-1</sup>. Essa quantidade está acima de 210,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N acumulada pelo tomateiro para a produção de 115,0 t.ha<sup>-1</sup> de frutos (Fayad, 1998). Esse resultado concorda com aquele obtido por Warncke (1996) ao observar que a aplicação de fertilizante nitrogenado não resultou em aumento da produção de cenoura em solo que continha 150,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, valor maior do que aquele recomendado para a cultura. O alto teor de N-NO<sub>3</sub> no solo foi o resultado de cultivos prévios na área, utilizando-se alta quantidade de fertilizante nitrogenado. Mesmo os critérios PESF e QECS, baseados na análise do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, não foram capazes de identificar que a área utilizada não necessitava de adubação nitrogenada. Áreas com elevado conteúdo de N-NO<sub>3</sub> no solo antes do plantio necessitam de aplicação de fertilizante nitrogenado somente sob condições que favorecem a perda significativa de N-NO<sub>3</sub>, tais como período chuvoso e irrigação excessiva (Bilbao et al., 2004), fato que não ocorreu no cultivo em ambiente protegido.

Apesar de não ter havido diferenças significativas entre os critérios avaliados, o critério SPAD-2, baseado no nível crítico SPAD aumentado em 20%, resultou nas aparentes menores produções total, comercial e ponderada de frutos (Quadro 4), especialmente pela redução na proporção de frutos grandes e médios (Quadro 5). Para atingir o nível crítico do índice SPAD desejado foi necessária a aplicação de elevada quantidade de N, 686,0 kg.ha<sup>-1</sup>, no início do período de cultivo. Nessa ocasião, as plantas apresentavam pouco desenvolvimento e a alta concentração de N pode ter acarretado o aumento, pelo menos momentâneo, da concentração salina da solução do solo, causando danos às raízes das plantas jovens, menor absorção do N aplicado (Locascio et al., 1997) e, conseqüentemente, redução no peso médio dos frutos (Guimarães, 1998). Além disso, essa quantidade de N pode ter acarretado a partição de assimilados para as folhas e caules em detrimento dos frutos (Scholberg et al., 2000), resultando no prolongamento do ciclo vegetativo, maturação mais tardia de frutos (Huet e Deetman, 1988) e maior proporção de frutos remanescentes (Quadro 6) e de frutos totais na última colheita de frutos (Figura 2).

Em todos os critérios estudados, a produção total de frutos foi homogênea para os diferentes cachos produzidos ao longo da planta (Quadro 7), indicando que nas condições experimentais vigentes, principalmente o ambiente protegido, irrigação por gotejo e número constante de frutos por cacho, a produção de frutos nos últimos cachos pode representar grande proporção da produção total. Resultado semelhante também foi obtido no experimento A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 12). Provavelmente, isso foi devido ao ambiente protegido ter proporcionado condições de temperatura e irradiância que contribuíram para que as últimas folhas surgidas apresentassem área foliar suficiente para suportar o desenvolvimento dos últimos cachos e frutos minimizando a competição entre as partes vegetativa e reprodutiva, no final do ciclo do tomateiro. Em condições de cultivo semelhantes, Guimarães (1998) também obteve proporção constante do número de frutos em sete cachos produzidos por planta, embora nos últimos cachos a maior proporção tenha sido de frutos não-comerciais.

#### **4.1.2. Experimento A – CIL<sub>2</sub>**

Nesse experimento, a maior produtividade foi obtida pela utilização do critério PESF, que foi baseado na produtividade esperada de frutos e capacidade de fornecimento de N pelo solo e pelo fertilizante. O critério PESF, de modo semelhante ao critério QECS, leva em consideração o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo. O critério QECS, baseado na quantidade esperada de N no fruto + a capacidade de fornecimento de N pelo solo proporcionou alta produção de frutos (Quadro 9) e a recomendação de 296,8 kg.ha<sup>-1</sup> de N, próxima de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> recomendada por Fontes e Guimarães (1999) e que foi utilizada nos critérios DRCO e DRTR.

#### **4.1.3. Experimento A – SIL**

No experimento A – SIL, onde o solo apresentava teor de 254,9 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>, o critério QECS resultou na recomendação de 24,4 kg.ha<sup>-1</sup> de N e redução de 16,9 e 25,2 t.ha<sup>-1</sup> na produção comercial de frutos quando comparado aos critérios DRCO e DRTR, que foram baseados na aplicação da dose recomendada de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e toda no momento do transplante, respectivamente (Quadro 13). Dessa forma, o critério QECS, mesmo sendo baseado no teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, não parece ser preciso em determinar a quantidade de N a ser aplicado quando o teor inicial de N-NO<sub>3</sub>

no solo for elevado. Bélanger et al. (2001) observaram que a análise do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo antes do plantio de batata pode não prever precisamente o requerimento de N para a cultura, mas sim fornecer alguma informação geral da quantidade de fertilizante nitrogenado necessário no plantio.

#### **4.1.3. Análise conjunta dos três experimentos em ambiente protegido**

As produções médias por dia de permanência da cultura no ambiente protegido para os diferentes critérios variaram de 575,1 a 681,9; 447,6 a 778,2 e 483,5 a 749,6 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, respectivamente (Quadros 4, 9 e 13). Essas produções estão entre 682 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> obtidas por Camargos (1998) e abaixo de e 834,0 e 1080,0 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> obtidas por Guimarães (1998) e Fontes et al. (1997), respectivamente. Nesses experimentos houve maior proporção de frutos médios, seguidos pelas classes pequenos e grandes, independentemente da quantidade de N aplicada (Quadros 5, 10 e 14). Resultados semelhantes foram obtidos por Guimarães (1998). Camargos (1998) observou que a maior proporção de frutos médios foi seguida pela de frutos grandes e poucos frutos pequenos.

O critério PESF, baseado na produção esperada de frutos combinado com a contribuição do solo e do fertilizante demonstrou grande potencial na recomendação da adubação nitrogenada por ter propiciado as maiores produções total, comercial, ponderada e diária dos experimentos A – CIL<sub>1</sub> (Quadro 4), A – CIL<sub>2</sub> (Quadro 9) e A – SIL (Quadro 13), além da maior renda líquida advinda da adubação nitrogenada (Quadro 22).

Os resultados de produtividade obtidos nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Quadros 18, 19 e 20) também comprovam o potencial em utilizar o índice SPAD no manejo da adubação nitrogenada, isto é, em indicar a quantidade e o momento de aplicar o N. Pela utilização do critério SPAD-1 foi necessária a aplicação do fertilizante nitrogenado aos 70 DAT, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, com doses de N de 420,0 e 116,0 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, além de 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> aplicado no momento do transplante. A quantidade média de N nos três experimentos, aplicada com base no critério do nível crítico do índice SPAD, foi de 294,2 kg.ha<sup>-1</sup> de N, próxima de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> recomendada por Fontes e Guimarães (1999) para tomateiro cultivado em ambiente protegido. Para Peng et al. (1996), coincidir o fornecimento de N com a demanda da cultura foi a razão principal para aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado e obter alta produtividade com manejo da adubação nitrogenada baseada em valores SPAD. Provavelmente, essas doses diferenciadas de N estão relacionadas

com o teor de 123,2 e 193,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> no solo, para os dois experimentos, respectivamente. Esses teores de N-NO<sub>3</sub> no solo foram suficientes para satisfazer a demanda de N das plantas até os 59 DAT, que coincide como início do florescimento e aumento da demanda de N pelo tomateiro, conforme observado por Tapia e Gutierrez (1997). Esses teores de N-NO<sub>3</sub> no solo podem ter acarretado diferenciação na proporção de N retranslocada das folhas para os frutos, na diminuição do teor de clorofila ou da intensidade do verde das folhas do tomateiro e nos valores da leitura SPAD obtido aos 70 DAT, nos dois experimentos. Isso foi traduzido na recomendação de doses diferentes de N, utilizando o nível crítico do índice SPAD.

A utilização de 70,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N parece ter sido adequada para elevar cada unidade SPAD na folha do tomateiro, pois no critério SPAD-1 a produtividade foi elevada nos três experimentos em ambiente protegido, sendo necessária uma aplicação apenas de fertilizante nitrogenado para elevar a leitura SPAD próximo ou acima do nível crítico. Entretanto, para espécies e condições diferentes, outras doses de N podem ser necessárias. Para milho, a aplicação de 30,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, quando a leitura com medidor de clorofila estiver abaixo do nível crítico de 35 unidades SPAD (US), pode ser suficiente para obter a produção máxima (Varvel et al., 1997). Em cultivo de batata, no campo, foi necessário 61,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N para aumentar 1 US (Gil et al., 2002) e para algodão, a dose de N deve ser de 25,0 kg.ha<sup>-1</sup> para cada unidade SPAD abaixo do nível crítico de 32,4 US (Feibo et al., 1998). Dessa forma, os resultados obtidos contrariam aqueles de Zebarth et al. (2002) ao concluírem não ser possível utilizar o índice SPAD para o cálculo da quantidade de N a ser aplicada na cultura do milho, servindo somente para separar áreas que responderiam ou não à aplicação do fertilizante nitrogenado.

A produtividade obtida pela utilização dos critérios DRCO e DRTR indica que, sob condições de ambiente protegido e irrigação por gotejo, o fertilizante nitrogenado pode ser aplicado preferencialmente no sulco de transplante, de forma mais fácil e menos trabalhosa, sem a necessidade de aplicações freqüentes em cobertura via água de irrigação (Quadros 18, 19 e 20). Rhoads et al. (1996) e Locascio et al. (1997) também observaram que a produção de frutos de tomate foi semelhante quando o fertilizante nitrogenado foi aplicado todo no momento do transplante ou em cobertura. Isso ocorreu, provavelmente, pela menor perda de N via lixiviação e ausência de alta salinidade no solo, devido ao efeito da aplicação de água em quantidade adequada e constante, localizada próxima à região de maior concentração das raízes, por gotejamento, e, provavelmente, devido à aplicação parcelada do K que pode ter evitado a salinização momentânea do solo. Menor lixiviação pode ter ocorrido também, porque o solo da área apresentava, provavelmente, altas capacidades de troca aniônica e de adsorção de

nitrito por ter argila do tipo 1:1 e óxidos de ferro e alumínio (Singh e Kanehiro, 1969). Solos com essas características retardam o movimento do íon em relação ao movimento de água, minimizando o efeito da lixiviação (Bellini et al., 1996), ainda mais em ambiente protegido, e aumentando a eficiência da adubação nitrogenada.

A análise multivariada indicou que a produção de frutos foi diferenciada ao longo dos nove cachos (Quadros 7, 12 e 16), mas não seguiu padrão esperado onde maior proporção da produção de frutos seria concentrada nos primeiros cachos em detrimento daquela obtida nos últimos cachos produzidos. Provavelmente, isso não ocorreu devido às condições de cultivo e o número constante de frutos por cacho não ter favorecido a forte competição entre as partes vegetativas (fonte e dreno) e reprodutivas (dreno) ao longo do ciclo da planta (Fontes e Silva, 2002).

Independentemente do critério utilizado, a produção total de frutos foi concentrada na 4ª e 5ª colheita, realizadas entre 95 e 104 DAT, respectivamente (Figuras 2 e 3). Esses resultados são semelhantes àqueles obtidos por Faria e Ferreira (1987) ao observarem que a produção total em sete colheitas do tomateiro rasteiro cultivado sob diferentes doses de N foi concentrada na 3ª e 4ª colheitas. Portanto, maior atenção deve ser dispensada na realização dessas colheitas devido ao maior volume de produto a ser colhido e comercializado.

O efeito da adubação nitrogenada também foi avaliado através da determinação do índice de resposta (Quadro 17) que corresponde à divisão da produção máxima obtida com a aplicação do fertilizante nitrogenado pela produção obtida sem a aplicação do fertilizante nitrogenado, proposto por Johnson e Raun (2003). O valor do índice de resposta no presente experimento, separando áreas de produção de tomate que responderam ou não a aplicação do fertilizante nitrogenado foi 1,4. Para trigo e milho, esses autores propuseram que a resposta à aplicação do fertilizante nitrogenado ocorreria quando o índice de resposta fosse maior do que 1,5.

Independentemente da forma de comercialização de tomate, maior renda líquida foi obtida pela utilização dos critérios PESF, DRTR e SPAD-1 (Quadro 22), com valores variando de R\$ 11.602,00 a 16.154,00. Dessa forma, maior lucratividade do tomateiro em ambiente protegido foi obtida pela utilização dos critérios baseados na produção esperada de frutos + contribuição de N pelo solo e pelo fertilizante (PESF), no nível crítico SPAD (SPAD-1) e na dose de N recomendada para a cultura aplicada totalmente no momento do transplante (DRTR). Provavelmente, isso seja proveitoso, mesmo considerando o aumento nas despesas com mão-de-obra, caixas para comercialização e transporte da produção.

## **4.2. Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)**

### **4.2.1. Experimento B<sub>1</sub>**

No experimento B<sub>1</sub>, pode ser observado que os critérios responsáveis pelas maiores produções total, comercial, ponderada e diária de frutos foram o SPAD-1, PESF, DRCO e DRTR (Quadro 24), que resultaram em doses de N próxima de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> (Quadro 39). Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Guimarães (1998), que obteve maior produção com dose de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Por outro lado, os critérios baseados na redução do nível crítico SPAD em 10% (SPAD-3) e em observações visuais da aparência da planta (OVAP) resultaram em doses menores de N, 250 e 131,6 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sem perda significativa em produção. Provavelmente, isso foi devido ao alto teor inicial de N-NO<sub>3</sub> no solo, de 293,6 kg.ha<sup>-1</sup> (Capítulo 1).

Apesar do teor de 293,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> no solo (Capítulo 1) e da aplicação de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N no sulco de transplante, as leituras SPAD indicaram valores abaixo dos níveis críticos dos critérios SPAD-1, SPAD-2 e SPAD-3 a partir da primeira leitura realizada aos 28 DAT. A elevada incidência de chuvas ocorrida nas quatro primeiras semanas após o transplante (Quadro 23) pode ter acarretado a perda de parte do N-NO<sub>3</sub> no solo, via lixiviação, e menor quantidade de N-NO<sub>3</sub> disponível para as plantas, reduzindo o teor de N nas folhas e, conseqüentemente, a concentração de clorofila.

### **4.2.2. Experimento B<sub>2</sub>**

No experimento B<sub>2</sub> as maiores produções foram obtidas pelos critérios QECS, QENF e OVAP (Quadro 30), que resultaram na recomendação de doses de 333,1; 412,3 e 273,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, abaixo de 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, que foi a dose ótima encontrada por Ferreira (2001) para tomateiro cultivado no campo em período de cultivo semelhante (Quadro 39). Desses critérios, o OVAP parece ser mais indicado para a recomendação da adubação nitrogenada por ser simples, podendo ser realizado no próprio campo e não necessitar equipamentos e análise em laboratório (Weier et al., 2001), apenas de tabela padrão para a comparação de características como coloração e número de folhas, altura de plantas e diâmetro do caule com valores padrões previamente estabelecidos. Ao comparar esse critério com a dose ótima de 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N encontrada por Ferreira (2001), houve redução de 48% na quantidade de N aplicada e aumento de 7,6 e 12,2 t.ha<sup>-1</sup> da produção comercial de frutos, quando a dose

recomendada foi aplicada em cobertura (DRCO) e totalmente no momento do transplante (DRTR), respectivamente.

#### **4.2.3. Análise conjunta dos dois experimentos no campo**

No experimento B<sub>1</sub>, as maiores produções foram obtidas com os critérios que resultaram na recomendação de doses de N próximas de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> aplicadas em cobertura (Quadros 36, 37 e 38). Entretanto, no experimento B<sub>2</sub>, que apresentava menor teor de N-NO<sub>3</sub> inicial no solo, houve aumento médio em produção de 60,8% e redução de 66,5% na quantidade de N aplicada em relação ao experimento B<sub>1</sub>. Dessa forma, a reposta a aplicação do fertilizante nitrogenado foi maior para solo que apresentava menor teor de N-NO<sub>3</sub> (Binder et al., 2000). Além disso, maior incidência de chuvas no início do período de cultivo do experimento B<sub>1</sub> (Quadro 23) pode ter favorecido o aumento da quantidade de N-NO<sub>3</sub> lixiviado para camada mais profunda do solo. Essas condições também foram favoráveis à incidência de pinta preta e requeima no início do período de cultivo, comprometendo a obtenção de maior produção. No experimento B<sub>2</sub> maior incidência de chuvas ocorreu após 70 DAT (Quadro 29), momento onde todos os cachos já haviam surgido e a colheita de frutos iniciada, e o aumento na incidência de doenças não resultou em perda significativa de produção (Quadro 33), especialmente dos frutos dos primeiros cachos, que representam a maior proporção da produção de frutos do tomateiro no campo sem proteção (Quadro 34).

Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, a aplicação de doses de 500,0 e 525,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N parceladas em cobertura, que foram as doses ótimas encontradas por Guimarães (1998) e Ferreira (2001), respectivamente, resultaram em maior efeito produtivo do que quando aplicada toda no momento do transplante (Quadros 36, 37 e 38), devido a maior proporção de frutos extra AA (Quadros 25 e 31). Cook e Sanders (1991) também observaram aumento na produção de frutos comerciais devido a maior proporção de frutos grandes, obtida pela aplicação mais freqüente do fertilizante nitrogenado. Dessa forma, em condições de campo sem proteção, o fertilizante nitrogenado deve ser aplicado parceladamente em cobertura, especialmente quando o cultivo for realizado em período chuvoso, pois a perda pela lixiviação pode ser grande (Errebhi et al., 1998).

O critério PESF, que é baseado na capacidade de fornecimento de N pelo fertilizante e solo, resultou na recomendação de doses de N distintas entre os dois experimentos (Quadro 39). No experimento B<sub>1</sub>, esse critério resultou em dose de N próxima a dose ótima de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, encontrada por Guimarães (1998). Por outro

lado, no experimento B<sub>2</sub> a dose recomendada de N foi de 1420,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N. A maior dose de N no experimento B<sub>2</sub> foi o resultado do aumento na produção esperada de frutos de 70,0 para 95,0 t.ha<sup>-1</sup>, combinado com menor teor inicial de N-NO<sub>3</sub> no solo (Capítulo 1). Além disso, esse critério não resultou em maior produtividade (Quadros 36, 37 e 38), não sendo adequado para a recomendação da dose de N a ser aplicada no tomateiro no campo.

Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, parte da produção não comercial de frutos foi devido à incidência de pinta-preta, causada por *Alternaria solani* (Quadros 27 e 33), favorecida pela alta precipitação e temperatura durante o período de cultivo (Quadros 23 e 29). Essas condições favoreceram também a incidência de requeima, causada por *Phytophthora infestans*, que resultou, provavelmente, na diminuição da área foliar e na produção de fotoassimilados para os frutos dos últimos cachos, que tiveram a produção reduzida (Quadros 28 e 34). Dessa forma, no campo sem proteção e sob alta precipitação, o tomateiro pode ser conduzido, preferencialmente, com até seis cachos. Isso contribuirá para a redução no ciclo da cultura e nos gastos com mão-de-obra e aplicação de defensivos agrícolas.

O manejo da adubação nitrogenada realizada através de diferentes critérios apresentou maior efeito sobre a produção total de frutos obtida em cada época de colheita (Figuras 4 e 5). De forma geral, no campo sem proteção, dependendo do momento e da quantidade de N aplicada, maior proporção de frutos pode ser obtida entre a 3<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> colheita.

Em média dos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, o critério SPAD-1, resultou em maior renda líquida advinda da adubação nitrogenada para a comercialização de tomate na forma de produções total e ponderada de frutos e o critério OVAP para a comercialização na forma de produção comercial (Quadro 40). Renda líquida semelhante também foi obtida pela utilização do critério DRCO. Os valores obtidos variaram de R\$ 9.659,00 a 15.464,00. Dessa forma, maior lucratividade do tomateiro no campo foi obtida pela utilização dos critérios baseados no nível crítico SPAD (SPAD-1), em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e na dose de N recomendada para a cultura (DRCO).

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1. Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)

- Considerando a produtividade e retorno econômico, os melhores critérios para a recomendação da adubação nitrogenada do tomateiro cultivado em ambiente protegido foram aqueles em que o N foi aplicado quando necessário e a dose baseada no nível crítico SPAD utilizando medidor portátil de clorofila SPAD-502 (SPAD-1), parceladamente a cada 14 dias e a dose baseada na produção esperada de frutos + contribuição do N pelo solo e pelo fertilizante (PESF) e totalmente no momento do transplante e a dose baseada na recomendação para a cultura (DRTR) proporcionaram maior produtividade e retorno econômico, sendo esses os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido.

### 5.2. Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

- Considerando a produtividade e retorno econômico, os melhores critérios para a recomendação da adubação nitrogenada do tomateiro no campo sem proteção foram aqueles em que o N foi aplicado quando necessário e a dose baseada no nível crítico SPAD (SPAD-1), utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502, ou em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e N aplicado parceladamente a cada 14 dias e a dose baseada na recomendação de N para a cultura (DRCO).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bélanger, G.; Walsh, J.R.; Richards, J.E.; Milburn, P.H.; Ziadi, N. Predicting nitrogen fertilizer requirements of potatoes in Atlantic Canada with soil nitrate determinations. **Canadian Journal of Soil Science**, v.81, p.535-544, 2001.

Belinni, G.; Sumner, M.E.; Radcliffe, D.E.; Qafoku, N.P. Anion transport through of highly weathered acid soil: adsorption and retardation. **Soil Science Society of American Journal**, v.60, p.132-137, 1996.

Bilbao, M.; Martínez, J.J.; Delgado, A. Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, v.96, p.18-25, 2004.

Binder, D.L.; Sander, D.H.; Walters, D.T. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. **Agronomy Journal**, v.92, p.1228-1236, 2000.

Blackmer, T.M.; Schepers, J.S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, n.1, p.56-60, 1995.

Bullock, D.G.; Anderson, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.4, p.741-755, 1998.

Camargos, M.I. **Produção e qualidade de tomate longa vida em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. Viçosa: UFV, 1998. 68p. (Tese de Mestrado).

Coltman, R.R. Yield of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate. **HostScience**, v.23, n.1, p.148-151, 1988.

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

Dahnke, W.C.; Johnson, G.V. Testing soils for available nitrogen. In: Westerman, R.L. (Ed). **Soil testing and plant analysis**. 3.ed. Madison: Soil Science Society of America, Inc, 1990. p.127-139.

De Visser, C.L.M.; Berg, W.V.D.; Niers, H. Relation between soil mineral nitrogen before sowing and optimum nitrogen fertilization in onions. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.43, p.333-345, 1995.

Errebhi, M.; Rosen, C.J.; Gupta, S.C.; Birong, D.E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, p.10-15, 1998.

Everaarts, A.P.; De Moel, C.P.; Noordwijk, M.V. The effect of nitrogen and the method of application on nitrogen uptake of cauliflower and on nitrogen in crop residues and soil harvest. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.43-55, 1996.

Faria, C.M.B., Ferreira, J.R. Fontes, níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na produtividade do tomateiro rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.4, p.381-381, 1987.

Fayad, J.A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa**. Viçosa: UFV, 1998. 81p. (Tese de Mestrado).

Feibo, W.; Lianghuan, W.; Fuhua, X. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Research**, v.56, p.309-314, 1998.

Ferreira, M.M.M. **Resposta do tomateiro a doses de nitrogênio e à adubação orgânica, em duas épocas de cultivo**. Viçosa: UFV, 2001. 145p. (Tese de Doutorado).

Fontes, P.C.R. Produtividade do tomateiro: kg/ha ou kg/ha x dia? **Horticultura Brasileira**, v.15, n.2, p.83-84, 1997.

Fontes, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

Fontes, P.C.R.; Dias, E.N.; Zanin, S.R.; Finger, F.L. Produção de cultivares de tomate em estufa coberta com plástico. **Revista Ceres**, v.44, n.252, p.152-160, 1997.

Fontes, P.C.R.; Guimarães, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200-201, p.36-44, 1999.

Fontes, P.C.R.; Silva, D.J.H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 196p.

Fox, R.H.; Piekielek, W.P.; Macneal, K.M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.171-181, 1994.

Geypens, M.; Vandendriessche, H. Advisory systems for nitrogen fertilizer recommendations. **Plant and Soil**, v.181, p.31-38, 1996.

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 de batata. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.611-615, 2002.

Greenwood, D.J. Modeling N-response of field vegetable crops grown under diverse conditions with N-ABLE: a review. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.11, p.1799-1815, 2001.

Guimarães, T.G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. Viçosa: UFV, 1998. 184p. (Tese de Doutorado).

Huett, D.O. Response to nitrogen and potassium of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.26, p.133-138, 1986.

Huett, D.O.; Dettmann, E.B. Effect of nitrogen on grown, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.28, n.3, p.391-399, 1988.

Johnson, G.V.; Raun, W.R. Nitrogen response index as a guide to fertilizer management. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, n.2, p.249-262, 2003.

Locascio, S.J.; Hochmuth, G.J.; Rhods, F.M.; Olson, S.M.; Smajstrla, A.G.; Hanlon, E.A. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. **HortScience**, v.32, n.2, p.230-235, 1997.

MaCkerron, D.K.L.; Young, M.W.; Davies, H.V. A method to optimize N application in relation to soil supply of N, and yield of potato. **Plant and Soil**, v.154, p.139-144, 1993.

Mauchly, J.W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, v.11, p.204-209, 1940.

Minotti, P.L.; Halseth, D.E.; Sieczka, J.B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **HortScience**, v.29, n.12, p.1497-1500, 1994.

Neeteson, J.J. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. In: Bacon, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.295-325.

Neeteson, J.J.; Zwetsloot, H.J.C. An analysis of the response of sugar beet and potatoes to fertilizer nitrogen and soil mineral nitrogen. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.37, p.129-141, 1989.

Peng, S.; Garcia, F.V.; Laza, M.R.C.; Sanico, A.L.; Visperas, R.M.; Cassman, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crop Research**, v.47, p.243-252, 1996.

Piekieliek, W.P.; Fox, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v.84, p.59-65, 1992.

Piekieliek, W.P.; Fox, R.H.; Toth, J.D.; Macneal, K.E. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, v.87, p.403-408, 1995.

Pimentel-Gomes, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2000. 477p.

Rhoads, F.M.; Olson, S.M.; Hochmuth, G.J.; Hnalon, E.A. Yield na petiole-sap nitrate levels of tomato with N rates applied preplant or fertigated. **Soil Crop Sciences Society of Florida Proceedings**, v.55, p.20-22, 1996.

Ronchi, C.P.; Fontes, P.C.R.; Pereira, P.R.G.; Nunes, J.C.S.; Martinez, H.E.P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v.48, p.469-484, 2001.

Sandoval-Villa, M.; Wood, C.W.; Guertal, E.A. Ammonium concentration in solution affects chlorophyll meter readings in tomato leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.11, p.1717-1729, 1999.

SAS Institute, INC. **Statistical Analysis System User's Guide. SAS/STAT**. SAS Institute, Inc., Cary, NC, 1990.

Scharf, P. Soil and plant tests to predict optimum nitrogen rates for corn. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.6, p.805-826, 2001.

Schepers, J.S.; Francis, D.D.; Vigil, M.; Below, F.E. Comparison of corn leaf-nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, n.17-20, p.2173-2187, 1992.

Scholberg, J.; Macneal, B.L.; Boote, K.J.; Jones, J.W.; Locascio, S.J.; Olson, S.M. Nitrogen stress effects on growth and nitrogen accumulation by field-growth tomato. **Agronomy Journal**, v.92, p.159-167, 2000.

Shadchina, T.M.; Dmitrieva, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1427-1437, 1995.

Shapiro, C.A. Using a chlorophyll meter to manage nitrogen applications to corn with high nitrate irrigation water. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.30, n.7-8, p.1037-1049, 1999.

Singhi, B.R.; Kanehiro, Y. Adsorption of nitrate in amorphous and koalinitic Hawaiian soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, v.33, p. 681-683, 1969.

Stockle, C.O.; Debaeke, P. Modeling crop nitrogen requirements: a critical analysis. **European Journal of Agronomy**, v.7, p.161-199, 1997.

Sweeney, D.W.; Graetz, D.A.; Bottcher, A.B.; Locascio, S.J.; Campbell, K.L. Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. **HortScience**, v.22, n.1, p.27-29, 1987.

Tapia, M.L.; Gutierrez, V. Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium through tomato ontogenesis. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, n.6, p.783-791, 1997.

Varvel, G.E.; Schepers, J.S.; Francis, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of American Journal**, v.61, p.1233-1239, 1997.

Vivaldi, L.J. **Análise de experimentos com dados repetidos ao longo do tempo ou espaço**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 52p.

Wadman, W.P.; Neeteson, J.J.; Zwetsloot, H.J.C. Development of nitrogen fertilizer recommendations for potatoes and sugar beet on the basis of soil testing. **Kali-briefe (büntehof)**, v.20, n.2, p.171-180, 1990.

Warncke, D.D. Soil and plant tissue testing for nitrogen management in carrots. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3-4, p.597-605, 1996.

Waskon, R.M.; Westfall, D.G.; Spellman, D.E.; Soltanpour, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3-4, p.545-560, 1996.

Weier, U.; van Riesen, U.; Scharpf, C. Nil-N-plots: a system to estimate the amount of the nitrogen top dressing of vegetables. **Acta Horticulturae**, v.563, p.47-52, 2001.

Zebarth, B.J.; Younie, M.; Paul, J.W.; Bittman, S. Evaluation of leaf chlorophyll index for making fertilizer nitrogen recommendations for silage corn in a high fertility environment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, n.5-6, p.665-584, 2002.

## CAPÍTULO 4

### EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO PELO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO, EM FUNÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

#### RESUMO

O efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada sobre a eficiência de uso do N e seus componentes e o balanço de entrada e saída de N foi determinado em cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido, com fertirrigação por gotejamento (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo sem proteção, com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> foram conduzidos no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e os experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). Em cada experimento foram estudados dez critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro. Os tratamentos foram baseados nos seguintes critérios: 1) dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); igual ao tratamento 1 porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido através da utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na percentagem da dose fixa de N no experimento A – CIL<sub>1</sub> e na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QEFR); 7) doses de 50; 56; 56; 50 e 105 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 280 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, e 500 e 525 kg.ha<sup>-1</sup>, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, aplicadas parceladamente em cobertura a cada 14 dias (DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). Os

experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições. Nos experimentos em ambiente protegido, as eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N foram inversamente proporcionais à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios. A eficiência da adubação nitrogenada não foi afetada pelo momento de aplicação do N e a eficiência de recuperação relativa do N variou entre critérios e experimentos, com valores de -7,0 a 53,2%. Os critérios mais eficientes no manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido SPAD-1, PESF e DRTR. Nos experimentos no campo sem proteção, a eficiência de recuperação do N do fertilizante foi inversamente proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios, com valores variando de 2,5 a 178,3%. Maior eficiência da adubação nitrogenada foi obtida pela aplicação de N em cobertura a cada 14 dias e quando necessário do que totalmente no momento do transplante. Os critérios mais eficientes no uso e na recuperação do N derivado do fertilizante foram SPAD-1, SPAD-3 e OVAP.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, eficiência de utilização, eficiência agronômica, nitrogênio recuperado, orçamento do nitrogênio.

## ABSTRACT

### NITROGEN USE EFFICIENCY OF THE TOMATO IN UNHEATED GREENHOUSE AND FIELD, AS FUNCTIONS OF CRITERIONS TO MANAGEMENT NITROGEN FERTILIZER PROGRAM

Nitrogen efficiency use and its components and N input and output budget effect to different criterions to management nitrogen fertilizer program was determined in five experiments, being three in unheated greenhouse, with drip fertigation (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) and two in field without protection and furrow solid fertilizer application and irrigation (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). The A – CIL<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments were carried out from January to May 2002 period (summer-autumn/02) and A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL and B<sub>2</sub> experiments were carried out from September 2002 to January 2003 (spring/02-summer/03). In each experiment ten treatments or criterions were studied to management nitrogen fertilizer program in tomato plant. The treatments were set in following criterions: 1) N rate of 50 kg.ha<sup>-1</sup> applied at transplant time and remaining N rate was sidedress applied, as necessary, using SPAD index critical level criterion to define N necessity (SPAD-1); 2) the same as the prior treatment being used the SPAD index critical value increased in 20%

(SPAD-2); 3) the same as treatment 1 but the value SPAD index critical value was decreased by 10% (SPAD-3); SPAD index was obtained by SPAD-502 chlorophyll portable meter use; 4) defined based upon fruit expected yield and soil and fertilizer contributions (PESF); 5) defined based upon in fixed N rate percentage in A – CIL<sub>1</sub> experiment and expected N amount in fruit and soil contribution, in A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments (QECS); 6) defined based upon expected N amount in fruit (QEFR); 7) N rates of 50, 56, 56, 50 and 105 kg.ha<sup>-1</sup> at the transplanting time, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively, and the remaining N rates were sidedress applied, as necessary, using plant appearance visual observations to define the necessity (OVAP); 8) 280 kg.ha<sup>-1</sup> of N, the experimental recommended rate, in A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> and A – SIL experiments; 500 and 525 kg.ha<sup>-1</sup> N rates in B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> experiments, respectively; all rates were sidedress applied to every 14 days (DRCO); 9) same as the prior treatment, but all N as applied at the transplant time (DRTR); 10) without nitrogen fertilizer application (TEST). The experiments were evaluated in a randomized complete-block design with five replicates. In unheated greenhouse experiments, the N use, utilization, absorption and agronomic efficiencies were inversely proportional to N applied amount in different criterions. The fertilizer nitrogen efficiency was not affected by N application moment and N recovery efficiency ranged between criterions and experiments, with values from -7.0 a 53.2%. The most efficient criterions to management nitrogen fertilizer program in tomato plants in unheated greenhouse were SPAD-1, PESF and DRTR. In field experiments, the N recovery efficiency fertilizer was inversely proportional to N applied amount in different criterions, with values ranged from 2.5 a 178.3%. Higher nitrogen fertilization efficiency was obtained by N sidedress applied every 14 days and as necessary than in moment at transplant totally. The N use and recovery fertilizer most efficient criterions were SPAD-1, SPAD-3 and OVAP.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, utilization efficiency, agronomic efficiency, nitrogen recovered, nitrogen budget.

## 1. INTRODUÇÃO

O requerimento de nitrogênio (N) pelo tomateiro varia de local para local. A otimização da recomendação de fertilizantes nitrogenados é difícil de ser realizada devido aos vários processos que afetam a capacidade de fornecimento de N pelo solo (Andersen et al., 1999) aliada a poucas informações sobre a capacidade de absorção de N pela planta (Sainju et al., 1999). Como resultado, a dose utilizada é, normalmente, elevada

para assegurar maior produtividade, a qual, muitas vezes é obtida com pouca eficiência econômica. Dose supra ótima de N resulta em crescimento excessivo das partes vegetativas prolongando o ciclo vegetativo, causando maior ocorrência de frutos defeituosos, pequenos e de maturação mais tardia (Scholberg et al., 2000), redução na produtividade (Huett, 1986; Coltman, 1988; Guimarães, 1998; Ferreira et al., 2003) e, conseqüentemente, baixa eficiência de uso do N proveniente do fertilizante (Sweeney et al., 1987; Errebhi et al., 1998; Meyer e Marcum, 1998, Sainju et al., 1999; Scholberg et al., 2000).

Para se obter alta eficiência no uso do N e produtividade econômica de tomate é importante manejar eficientemente a adubação nitrogenada, e escolher adequadamente o procedimento para a recomendação da dose de N a ser aplicada no solo. Dentre as principais medidas para a otimização do manejo do N destacam-se a aplicação parcelada, no transplante e em cobertura (Sowers et al., 1994; Errebhi et al., 1998), sincronizando a aplicação do fertilizante nitrogenado com a demanda de N da planta (Blackmer e Schepers, 1994; Binder et al., 2000). Outra medida é estimar a dose de N com base na disponibilidade de nitrato (N-NO<sub>3</sub>), amônio (N-NH<sub>4</sub>) ou mineral (N-NO<sub>3</sub> + N-NH<sub>4</sub>) existente no solo antes do transplante, ou estimar a dose de N com base no potencial de produção da cultura (Meyer e Marcum, 1998). Adicionalmente, o programa de adubação nitrogenada pode ser monitorado pela análise do estado nutricional nitrogenado da planta, por meios diretos ou indiretos (Fontes, 2001). Estes envolvem, entre outros métodos, a análise dos teores de N na matéria seca das folhas, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva dos pecíolos e de clorofila das folhas (Guimarães, 1998; Scharf, 2001).

A eficiência de utilização do N aplicado como fertilizante (quantidade de N absorvida pela planta dividida pela dose de N aplicada como fertilizante), não considerando a contribuição do solo, que pode ser alta, 53 a 81% (Sowers et al., 1994), depende do sistema de irrigação (Scholberg et al., 2000), das condições climáticas (Sainju et al., 1999), da quantidade e forma de aplicação do N (Sowers et al., 1994; Errebhi et al., 1998) e do teor de N presente no solo antes da aplicação do fertilizante (Doss et al., 1975; Meyer e Marcum, 1998; Schröder et al., 1998). Para o tomateiro, há relatos da utilização do N de apenas 12 a 28% (Hills et al., 1983; Jackson e Bloom, 1990; Sainju et al., 1999) até valores entre 61 e 96%, dependendo do sistema de irrigação utilizado (Scholberg et al., 2000) mas, raramente, ultrapassa 50% (Sweeney et al., 1987). Como resultado, maiores quantidades de N residual acumulam no solo após o término do ciclo da cultura, representando potencial de ser lixiviado para o lençol freático.

A eficiência de utilização do N tem sido quantificada em estudos envolvendo quantidade e época de aplicação mas, raramente, utilizando o teor de N no solo. Além

disso, a avaliação da eficiência de uso do N isoladamente pode não ser suficiente para identificar e melhorar ineficiências através da alteração do manejo da adubação nitrogenada (Sowers et al., 1994). Nesse caso, a eficiência no uso do N pode ser dividida em componentes multiplicativos associados a processos do solo e planta, contribuindo para o uso global do N (Moll et al., 1982). Esta análise pode ser expandida para examinar o impacto do manejo nos componentes de eficiência de uso do N, tais como absorção, utilização e retenção de N (Huggins e Pan, 1993) nas diferentes partes que compõem a planta (raízes, folhas, caule e frutos).

O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro sobre a eficiência de uso do N e seus componentes e o balanço de entrada e saída de N.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Experimentos**

Foram conduzidos cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Em todos os experimentos foram estudados dez tratamentos ou critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro cultivado em ambiente protegido e no campo, os quais estão descritos em maiores detalhes no Capítulo 1.

### **2.2. Caracterização das áreas**

Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> (verão-outono/02) foram conduzidos em áreas contíguas de solo. No experimento A – CIL<sub>1</sub>, o solo foi arado e gradeado, posteriormente houve a formação de tabuleiros para realização de irrigação de lixiviação conforme descrito no Capítulo 1.

Depois de terminado o experimento A – CIL<sub>1</sub>, a área do ambiente protegido foi dividida em duas partes. Em uma delas os tratamentos foram aplicados nas mesmas parcelas por mais um ciclo, sem haver novamente uma irrigação de lixiviação (Experimento A sem irrigação de lixiviação: A – SIL). Na outra parte, foi realizada, novamente, a irrigação de lixiviação (Experimento A com irrigação de lixiviação: A – CIL<sub>2</sub>).

O experimento B<sub>2</sub> foi instalado em área próxima aquela utilizada no experimento B<sub>1</sub>.

Nas áreas de todos os experimentos foram coletadas 15 amostras simples de solo, na profundidade de 0 a 20 cm. Cada grupo de 5 amostras simples foi misturado e homogeneizado, de forma a constituir três amostras compostas para cada experimento. Essas amostras foram secadas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm e as subamostras foram enviadas para o laboratório de rotina da UFV para análise química, cujos resultados estão apresentados nos Quadros 1 e 2 do Capítulo 1. Posteriormente, subamostras foram analisadas quanto ao teor de N-NO<sub>3</sub> (Quadro 1).

Quadro 1 – Teor de N-NO<sub>3</sub> em amostras de solo retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade 15 dias antes do transplântio das mudas nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimento	N-NO <sub>3</sub> (kg.ha <sup>-1</sup> )
A – CIL <sub>1</sub>	301,8
A – CIL <sub>2</sub>	123,2
A – SIL	101,9 e 259,4*
B <sub>1</sub>	293,6
B <sub>2</sub>	103,2

\* Valores referem-se ao teor de N-NO<sub>3</sub> em amostras de solo retiradas nos tratamentos 4 (PESF) e 5 (QECS), respectivamente, descritos detalhadamente no Capítulo 1.

### 2.3. Quantidades de matéria seca produzida e de N recuperado

Na quarta colheita, três frutos comercializáveis por tratamento, escolhidos ao acaso, foram pesados e secados em estufa a 70°C até atingirem peso constante, sendo determinado o teor de matéria seca. As amostras de frutos secos foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh, e submetidas à extração em água para a determinação do N-NO<sub>3</sub>, de acordo com Cataldo et al. (1975) e à digestão sulfúrica para determinação do N-orgânico, pelo método de Nessler (Jackson, 1958). Pelo somatório do teor de N-orgânico e N-NO<sub>3</sub> foi determinada a quantidade de N total.

Após a última colheita de frutos, as plantas úteis de cada parcela foram cortadas rente ao solo e separadas em caules e folhas frescas. Amostras de folhas e caule foram pesadas para a determinação das matérias frescas. Em seguida, foram secadas e

analisadas para determinação do teor de N-orgânico e do N-NO<sub>3</sub> de acordo com a metodologia descrita para os frutos.

Para a determinação da quantidade de matéria seca total das plantas foi utilizada a soma dos pesos das matérias secas de folhas, caules e frutos. Pela multiplicação da quantidade de matéria seca (kg.ha<sup>-1</sup>) pelo teor de N total na matéria seca (dag.kg<sup>-1</sup>) das folhas, caules e frutos foi obtido o conteúdo de N em cada órgão; pelo somatório foi obtido o conteúdo de N na parte aérea do tomateiro.

#### **2.4. Teor residual de N-NO<sub>3</sub> no solo**

No final do ciclo do tomateiro em ambiente protegido e no campo, amostras de solo foram obtidas a 20 cm de profundidade para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub>. Nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, foi utilizado o teor médio de N-NO<sub>3</sub> obtido de amostras de solo retiradas em pontos distanciados das plantas em 10 cm, entre plantas e entre sulco de transplante. Nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, foi utilizado o teor médio de N-NO<sub>3</sub> obtido de amostras retiradas em pontos distanciados das plantas em 10 cm, entre plantas, e em 10 e 30 cm, entre sulco de transplante.

As amostras de solo foram secadas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm e levadas para o laboratório para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub>. Para tal, foram utilizadas subamostras de 5 cm<sup>3</sup> de solo. Nessas a extração de N-NO<sub>3</sub> foi feita em copos plásticos descartáveis, utilizando-se KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> como extrator, na relação solo:extrator de 1:10. Após agitação em agitador horizontal, por 15 minutos, o extrato foi obtido por filtração, utilizando papel de filtração lenta. O N-NO<sub>3</sub> presente nos extratos foi dosado por metodologia simplificada, baseada no método do salicilato, proposta por Yang et al. (1998).

#### **2.5. Balanços de entrada e saída de N**

Para o cálculo do balanço de entrada ( $N_{ENT}$ ) e saída ( $N_{SAI}$ ) de N do sistema foi utilizado a aproximação do balanço de massa para todos os tratamentos (Errebhi et al., 1998), conforme descrito abaixo:

$$N_{ENT} = N_{ini} + N_{fer} + N_{irr}$$

Onde,  $N_{ini}$  é a quantidade inicial de N-NO<sub>3</sub> na camada de 0-20 cm do solo (kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>);  $N_{fert}$  é a dose do fertilizante nitrogenado aplicada (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $N_{irr}$  é a quantidade de N-NO<sub>3</sub> proveniente da água de irrigação (kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>). A quantidade de N proveniente da mineralização não foi quantificada.

$$N_{SAI} = N_{pla} + N_{fin} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde,  $N_{pla}$  é a quantidade de N absorvida na parte aérea das plantas (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $N_{fin}$  é a quantidade de N-NO<sub>3</sub> presente na camada de 0-20 cm do solo, no final do período de cultivo (kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>). A quantidade de N perdido via lixiviação não foi quantificada.

## 2.6. Modo de expressar eficiência

A eficiência de uso do fertilizante nitrogenado foi expressa por diferentes modos mostrados no Quadro 2, de acordo com a terminologia encontrada em Delogu et al. (1998) e López-Bellido e López-Bellido (2001), ou adaptadas de Siddiqi e Glass (1981), Huggins e Pan (1993) e Sowers et al. (1994).

Quadro 2 – Modos de expressar eficiência de uso de N para o tomateiro cultivado nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Modo de expressar eficiência	Relação <sup>1</sup>	Unidades
1) Eficiência do uso do N (EUSN)	$\frac{\text{Produção de frutos}}{N_x + N_{\text{solo}} + N_{\text{irrig}}}$	kg.kg <sup>-1</sup>
2) Eficiência de utilização do N (EUTN)	$\frac{\text{Produção de frutos}}{QNPA}$	kg.kg <sup>-1</sup>
3) Eficiência de absorção do N (EABN)	$\frac{QNPA}{N_x + N_{\text{solo}} + N_{\text{irrig}}}$	kg.kg <sup>-1</sup>
4) Eficiência agrônômica do N (EAGN)	$\frac{\text{Produção } N_x - \text{Produção } N_0}{N_x}$	kg.kg <sup>-1</sup>
5) Eficiência fisiológica (EFIN)	$\frac{\text{Produção } N_x - \text{Produção } N_0}{QNPA N_x - QNPA N_0}$	kg.kg <sup>-1</sup>
6) Eficiência de utilização do N para produção de folhas (EUFOL)	$\frac{(QMS_{\text{fol}})^2}{QNPA}$	kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup>
7) Eficiência de utilização do N para produção de caule (EUCAU)	$\frac{(QMS_{\text{cau}})^2}{QNPA}$	kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup>
8) Eficiência de utilização do N para produção de frutos (EUFRU)	$\frac{(QMS_{\text{fru}})^2}{QNPA}$	kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup>
9) Eficiência de utilização do N para produção da parte aérea (EUPA)	$\frac{(QMS_{\text{pa}})^2}{QNPA}$	kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup>
10) Eficiência de recuperação relativa do N (ERRN)	$\frac{QNPA N_x - QNPA N_0}{N_x} \times 100$	%
11) Índice de colheita do N (ICN)	$\frac{QNFRUT}{QNPA}$	

<sup>1</sup>  $N_x$  = dose de N aplicada em cada tratamento (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $N_{\text{solo}}$  = quantidade de N-NO<sub>3</sub> no solo (kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>);  $N_{\text{irrig}}$  = quantidade de N-NO<sub>3</sub> na água de irrigação (kg.ha<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>);  $\text{Produção } N_x$  = produção total de frutos do tratamento x (kg.ha<sup>-1</sup>);  $\text{Produção } N_0$  = produção total de frutos da testemunha (kg.ha<sup>-1</sup>);  $QNPA N_x$  = quantidade de N da parte aérea no tratamento x (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $QNPA N_0$  = quantidade de N da parte aérea na testemunha (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $QNPA$  = quantidade de N da parte aérea (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $QNFRU$  = quantidade de N nos frutos (kg.ha<sup>-1</sup> de N);  $QMS_{\text{fol}}$  = quantidade de matéria seca de folhas (kg.ha<sup>-1</sup>);  $QMS_{\text{cau}}$  = quantidade de matéria seca de caule (kg.ha<sup>-1</sup>);  $QMS_{\text{fru}}$  = quantidade de matéria seca de frutos (kg.ha<sup>-1</sup>);  $QMS_{\text{pa}}$  = quantidade de matéria seca da parte aérea (kg.ha<sup>-1</sup>).

## 2.7. Procedimento estatístico

Os dados obtidos das características avaliadas foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes, 2000).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)

#### 3.1.1. Experimento A – CIL<sub>1</sub>

As eficiências de uso, de utilização, de absorção, agronômica e fisiológica e índice de colheita do N para os diferentes critérios no experimento A – CIL<sub>1</sub>, encontram-se no Quadro 3. O critério SPAD-2 resultou nas menores eficiências de uso, de utilização e de absorção do N. Esse critério também propiciou baixa eficiência agronômica e índice de colheita do N.

Quadro 3 – Eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), agronômica (EAGN) e fisiológica (EFIN) e índice de colheita do N (ICN) nos critérios, experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	EUSN	EUTN	EABN	EAGN	EFIN	ICN
	(kg.kg <sup>-1</sup> )					
1 – SPAD-1	198,7 b	363,1 ab	54,9 bc	37,7	299,8	0,53 b
2 – SPAD-2	68,4 d	291,6 b	23,3 d	-5,5	327,8	0,54 b
3 – SPAD-3	287,0 a	402,4 a	72,2 ab	37,7	300,3	0,57 ab
4 – PESF	282,3 a	387,7 a	73,6 a	128,8	38,2	0,66 a
5 – QECS	177,0 bc	404,0 a	44,8 c	-6,6	-9,3	0,57 ab
6 – QENF	131,2 c	337,2 ab	39,1 cd	-3,1	-15,7	0,59 ab
7 – OVAP	208,9 b	389,5 a	53,7 c	26,0	14,9	0,57 ab
8 – DRCO	171,0 bc	341,2 ab	50,3 c	-0,7	-8,8	0,59 ab
9 – DRTR	191,3 b	371,0 ab	51,7 c	41,5	37,0	0,57 ab
10 – TEST	329,5 a	413,8 a	80,4 a	-	-	0,61 ab
C.V. (%)	12,1	11,6	15,8	366,8	470,9	9,0

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As eficiências de utilização para a produção de folhas, caule, frutos e parte aérea e de recuperação relativa do N para os diferentes critérios no experimento A – CIL<sub>1</sub>, encontram-se no Quadro 4. Maior quantidade de matéria seca acumulada nas folhas e caule, por quantidade de N aplicado, foi observado no critério SPAD-1. Para a matéria seca acumulada nos frutos e na parte aérea, maior quantidade, por quantidade de N aplicado, foi observada no critério DRTR.

Quadro 4 – Eficiência de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e parte aérea (EUPA) e de recuperação relativa do N (ERRN) nos critérios, experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	EUFOL	EUCAU	EUFRU	EUPA	ERRN
	(kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> )				(%)
1 – SPAD-1	2,35	0,83	5,75 ab	23,37 ab	23,7
2 – SPAD-2	2,02	0,74	4,10 b	18,18 b	7,1
3 – SPAD-3	2,07	0,72	6,02 ab	22,37 ab	1,9
4 – PESF	1,70	0,62	6,38 ab	21,00 ab	53,2
5 – QECS	2,26	0,80	5,82 ab	23,04 ab	2,1
6 – QENF	1,83	0,68	4,96 ab	19,33 ab	11,1
7 – OVAP	2,00	0,79	6,08 ab	22,57 ab	13,1
8 – DRCO	1,90	0,66	5,19 ab	19,77 ab	17,6
9 – DRTR	2,33	0,75	6,81 a	25,18 a	20,6
10 – TEST	1,84	0,54	5,54 ab	19,64 ab	-
C.V. (%)	28,6	27,2	19,4	14,9	242,8

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, em cada critério o total de entrada de N foi comparado com o total de saída de N (Quadro 5). Em todos os critérios estudados, exceto o QENF, houve perda de N do sistema solo-planta. Menor quantidade de N perdido ocorreu no critério PESF.

Quadro 5 – Entrada ( $N_{ENT}$ ), saída ( $N_{SAI}$ ) e balanço entre ambos, em relação à quantidade de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos diferentes critérios, experimento A – CIL<sub>1</sub>

Critério	Entrada			Saída			Balanço
	$N_{ini}$	$N_{fert} + N_{irr}$	$N_{ENT}$	$N_{pla}$	$N_{fin}$	$N_{SAI}$	$N_{ENT} - N_{SAI}$ <sup>1</sup>
1 – SPAD-1	301,8	248,2	550,0	302,3	130,2	432,5	117,5 ab
2 – SPAD-2	301,8	1074,6	1376,4	320,0	706,6	1026,6	349,8 a
3 – SPAD-3	301,8	51,6	353,4	255,2	72,7	327,9	25,5 ab
4 – PESF	301,8	91,6	393,4	291,8	99,9	391,7	1,8 ab
5 – QECS	301,8	253,6	555,4	249,1	223,8	472,9	82,5 ab
6 – QENF	301,8	449,6	751,4	293,7	521,5	815,2	-63,8 b
7 – OVAP	301,8	201,6	503,4	270,2	135,3	405,5	97,9 ab
8 – DRCO	301,8	281,6	583,4	293,3	155,5	448,8	134,6 ab
9 – DRTR	301,8	281,6	583,4	301,7	81,7	383,4	200,0 ab
10 – TEST	301,8	1,6	303,4	243,9	37,0	280,9	22,5 ab

<sup>1</sup> Valores negativos e positivos correspondem à quantidade provável de N que foi mineralizado e perdido, respectivamente.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

### 3.1.2. Experimento A – CIL<sub>2</sub>

As eficiências de uso, de utilização, de absorção, agrônômica e fisiológica e índice de colheita do N para os diferentes critérios no experimento A – CIL<sub>2</sub>, encontram-se no Quadro 6. O critério SPAD-2 resultou nas menores eficiências de uso, de absorção e agrônômica do N. As maiores eficiências de utilização e fisiológica do N, além de elevadas eficiências de uso e agrônômica do N, foram observadas no critério OVAP.

Quadro 6 – Eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), agrônômica (EAGN) e fisiológica (EFIN) e índice de colheita do N (ICN) nos critérios, experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	EUSN	EUTN	EABN	EAGN	EFIN	ICN
	(kg.kg <sup>-1</sup> )					
1 – SPAD-1	166,2 bc	503,1 ab	33,1 b	65,6	144,0	0,70
2 – SPAD-2	115,9 d	448,5 ab	26,0 b	25,5	831,0	0,75
3 – SPAD-3	232,6 bcd	487,8 ab	48,8 b	63,2	1114,0	0,70
4 – PESF	159,9 cd	380,5 b	42,3 b	70,9	404,0	0,70
5 – QECS	236,4 bcd	467,7 ab	50,7 b	107,0	575,0	0,71
6 – QENF	181,7 bcd	410,2 b	44,4 b	78,5	402,0	0,69
7 – OVAP	302,8 b	601,1 a	50,7 b	106,3	4990,0	0,68
8 – DRCO	230,6 bcd	459,1 ab	50,5 b	90,8	511,0	0,71
9 – DRTR	257,1 bc	458,4 ab	56,1 b	129,1	918,0	0,65
10 – TEST	540,7 a	460,7 ab	120,6 a	-	-	0,68
C.V. (%)	18,8	12,1	28,0	48,2	246,4	7,7

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, não houve diferença significativa para as eficiências de utilização para a produção de folhas, caule, frutos e parte aérea entre os critérios estudados (Quadro 7). O critério OVAP apresentou eficiência de recuperação relativa do N negativa, ou seja, nesse critério as plantas não recuperaram o N derivado do fertilizante. Maior eficiência de recuperação relativa do N foi observada no critério onde a dose de N foi aplicada totalmente no momento do transplante (DRTR).

Quadro 7 – Eficiência de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e parte aérea (EUPA) e de recuperação relativa do N (ERRN) nos critérios, experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	EUFOL	EUCAU	EUFRU	EUPA	ERRN
	(kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> )				(%)
1 – SPAD-1	0,86	0,44	7,28	18,35	9,5 ab
2 – SPAD-2	0,69	0,29	5,51	13,70	5,9 ab
3 – SPAD-3	0,89	0,48	5,52	15,85	9,3 ab
4 – PESF	0,86	0,63	5,88	17,18	24,0 a
5 – QECS	0,74	0,57	6,39	17,15	20,9 a
6 – QENF	0,89	0,50	6,73	18,02	22,5 a
7 – OVAP	0,80	0,67	5,29	15,97	-7,0 b
8 – DRCO	0,87	0,53	5,72	16,37	18,9 ab
9 – DRTR	1,02	0,54	6,11	17,72	27,0 a
10 – TEST	1,30	0,60	4,62	16,20	-
C.V. (%)	32,7	25,3	16,4	13,5	65,4

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O balanço de entrada e saída de N nos critérios estudados no experimento A – CIL<sub>2</sub>, encontram-se no Quadro 8. Perda de N do sistema solo-planta ocorreu para os critérios PESF e QENF.

Quadro 8 – Entrada ( $N_{ENT}$ ), saída ( $N_{SAI}$ ) e balanço entre ambos, em relação à quantidade de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos diferentes critérios, experimento A – CIL<sub>2</sub>

Critério	Entrada			Saída			Balanço
	$N_{ini}$	$N_{fert} + N_{irr}$	$N_{ENT}$	$N_{pla}$	$N_{fin}$	$N_{SAI}$	$N_{ENT} - N_{SAI}$ <sup>1</sup>
1 – SPAD-1	123,2	473,1	596,3	197,2	452,1	649,3	-53,0
2 – SPAD-2	123,2	596,8	720,0	187,6	551,1	738,7	-18,7
3 – SPAD-3	123,2	232,8	356,0	173,6	214,2	387,8	-31,8
4 – PESF	123,2	543,6	666,8	282,1	298,8	580,9	85,9
5 – QECS	123,2	299,9	423,1	214,4	220,1	434,5	-11,4
6 – QENF	123,2	442,3	565,5	250,9	191,0	441,9	123,6
7 – OVAP	123,2	156,0	279,2	141,7	157,8	299,5	-20,3
8 – DRCO	123,2	283,1	406,3	205,4	200,1	405,5	0,8
9 – DRTR	123,2	283,1	406,3	228,0	476,9	704,9	-298,6
10 – TEST	123,2	3,1	126,3	152,3	58,5	210,8	-84,5

<sup>1</sup> Valores negativos e positivos correspondem à quantidade provável de N que foi mineralizado e perdido, respectivamente.

### 3.1.3. Experimento A – SIL

As eficiências de uso, de utilização, de absorção, agronômica e fisiológica e índice de colheita do N para os diferentes critérios no experimento A – SIL, encontram-se no Quadro 9. Os critérios SPAD-2, PESF e QENF resultaram nas menores eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N.

Quadro 9 – Eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), agronômica (EAGN) e fisiológica (EFIN) e índice de colheita do N (ICN) nos critérios, experimento A – SIL

Critério	EUSN	EUTN	EABN	EAGN	EFIN	ICN
	(kg.kg <sup>-1</sup> )					
1 – SPAD-1	335,9 bc	467,3 ab	72,5 b	182,0	110,8	0,68 ab
2 – SPAD-2	97,9 c	375,2 b	26,1 b	46,4	9,9	0,71 ab
3 – SPAD-3	577,3 b	505,9 ab	119,8 b	122,1	42,7	0,66 ab
4 – PESF	156,0 c	400,3 ab	39,2 b	54,8	47,3	0,63 b
5 – QECS	313,9 bc	521,9 a	60,0 b	243,7	17,3	0,69 ab
6 – QENF	98,9 c	417,1 ab	24,3 b	39,1	18,0	0,72 ab
7 – OVAP	332,2 bc	500,1 ab	68,0 b	147,5	81,0	0,75 ab
8 – DRCO	219,8 bc	425,8 ab	51,6 b	80,9	51,9	0,74 ab
9 – DRTR	276,1 bc	455,8 ab	61,1 b	107,1	80,5	0,65 ab
10 – TEST	2269,3 a	489,6 ab	477,3 a	-	-	0,76 a
C.V. (%)	34,5	12,7	48,3	325,0	118,7	7,2

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As eficiências de utilização para a produção de folhas, caule, frutos e parte aérea e de recuperação relativa do N para os diferentes critérios no experimento A – SIL, encontram-se no Quadro 10. Maior quantidade de matéria seca acumulada nas folhas, caule, frutos e parte aérea, por quantidade de N aplicado, foi observada no critério DRTR.

Quadro 10 – Eficiência de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e parte aérea (EUPA) e de recuperação relativa do N (ERRN) nos critérios, experimento A – SIL

Critério	EUFOL	EUCAU	EUFRU	EUPA	ERRN
	(kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> )				(%)
1 – SPAD-1	1,12 ab	0,44	6,60	18,35 ab	43,8
2 – SPAD-2	1,10 ab	0,40	4,65	14,69 b	26,0
3 – SPAD-3	1,10 ab	0,55	5,78	17,57 ab	28,6
4 – PESF	1,35 ab	0,51	6,14	18,80 ab	19,5
5 – QECS	1,04 ab	0,48	5,71	16,59 ab	13,1
6 – QENF	1,00 b	0,44	5,65	16,25 ab	15,2
7 – OVAP	1,03 ab	0,48	6,64	18,29 ab	28,2
8 – DRCO	1,06 ab	0,44	6,11	17,32 ab	26,8
9 – DRTR	1,86 a	0,65	6,75	22,59 a	27,9
10 – TEST	0,96 b	0,33	5,24	14,67 b	-
C.V. (%)	29,7	29,2	15,8	15,0	123,2

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O balanço de entrada e saída de N nos critérios estudados no experimento A – SIL, encontram-se no Quadro 11. Não houve perda de N do sistema solo-planta em nenhum dos critérios estudados.

Quadro 11 – Entrada ( $N_{ENT}$ ), saída ( $N_{SAI}$ ) e balanço entre ambos, em relação à quantidade de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos diferentes critérios, experimento A – SIL

Critério	Entrada			Saída			Balanço
	$N_{ini}$	$N_{fert} + N_{irr}$	$N_{ENT}$	$N_{pla}$	$N_{fin}$	$N_{SAI}$	$N_{ENT} - N_{SAI}^1$
1 – SPAD-1	137,5	169,1	306,6	219,8	333,2	553,0	-246,4
2 – SPAD-2	736,4	322,6	1059,0	230,6	900,3	1130,9	-71,3
3 – SPAD-3	81,4	53,1	134,5	161,6	175,1	336,7	-202,0
4 – PESF	83,6	576,3	659,9	258,8	803,5	1062,3	-402,5
5 – QECS	243,5	27,5	271,0	150,6	168,3	318,9	-47,6
6 – QENF	473,6	442,3	915,9	213,7	805,9	1019,6	-103,7
7 – OVAP	149,3	148,5	297,8	188,1	378,5	566,6	-268,7
8 – DRCO	151,8	283,1	434,9	222,3	575,4	797,7	-362,7
9 – DRTR	85,6	283,1	368,7	225,1	662,0	887,1	-518,4
10 – TEST	29,8	3,1	32,9	147,3	140,5	287,8	-254,7

<sup>1</sup>Valores negativos e positivos correspondem à quantidade provável de N que foi mineralizado e perdido, respectivamente.

## 3.2. Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)

### 3.2.1. Experimento B<sub>1</sub>

As eficiências de uso, de utilização, de absorção, agrônômica e fisiológica e índice de colheita do N para os diferentes critérios no experimento B<sub>1</sub>, encontram-se no Quadro 12. O critério SPAD-1, baseado no nível crítico do índice SPAD propiciou a maior eficiência fisiológica do N. Quando o nível crítico do índice SPAD foi reduzido em 10% (SPAD-3), maiores eficiências de uso, de absorção e agrônômica do N foram observadas.

Quadro 12 – Eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), agrônômica (EAGN), fisiológica (EFIN) e índice de colheita do N (ICN) nos critérios, experimento B<sub>1</sub>

Critério	EUSN	EUTN	EABN	EAGN	EFIN	ICN
	(kg.kg <sup>-1</sup> )					
1 – SPAD-1	80,0 ab	422,6	18,9 a	82,3 ab	384,7 a	0,80
2 – SPAD-2	19,0 d	396,6	4,8 c	10,4 b	194,4 b	0,87
3 – SPAD-3	114,7 a	514,7	22,2 a	201,0 a	263,7 ab	0,87
4 – PESF	68,5 abc	406,4	16,8 a	63,9 b	239,7 ab	0,85
5 – QECS	35,6 bcd	431,5	8,2 bc	25,5 b	242,5 ab	0,77
6 – QENF	22,9 cd	441,9	5,3 c	13,5 b	232,7 ab	0,83
7 – OVAP	81,0 ab	455,0	17,7 a	86,7 ab	234,2 ab	0,86
8 – DRCO	82,5 ab	472,5	17,5 a	86,2 ab	319,4 ab	0,83
9 – DRTR	70,4 ab	465,7	15,1 ab	67,1 b	271,5 ab	0,79
10 – TEST	76,2 ab	518,6	15,0 ab	-	-	0,82
C.V. (%)	29,6	11,9	24,4	71,5	26,3	5,6

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As eficiências de utilização para a produção de folhas, caule, frutos e parte aérea, e de recuperação relativa do N para os diferentes critérios no experimento B<sub>1</sub>, encontram-se no Quadro 13. Maior quantidade de matéria seca acumulada nos frutos e na parte aérea, por quantidade de N aplicado, foi observada no critério SPAD-1. Esse critério, juntamente com o SPAD-3 e OVAP apresentaram maior eficiência na recuperação do N derivado do fertilizante.

Quadro 13 – Eficiência de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e total (EUPA) e de recuperação relativa do N (ERRN) nos critérios, experimento B<sub>1</sub>

Critério	EUFOL	EUC	EUFRU	EUPA	ERRN
	(kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> )				(%)
1 – SPAD-1	0,025 ab	0,38	4,66 a	8,44 a	16,4 ab
2 – SPAD-2	0,017 b	0,18	3,13 ab	5,36 ab	2,5 b
3 – SPAD-3	0,013 b	0,27	3,40 ab	6,00 ab	38,3 a
4 – PESF	0,056 a	0,44	3,68 ab	7,88 a	15,9 ab
5 – QECS	0,043 ab	0,53	3,49 ab	7,83 a	6,5 b
6 – QENF	0,023 ab	0,24	3,16 ab	5,69 ab	3,3 b
7 – OVAP	0,021 b	0,27	2,74 ab	5,27 ab	26,5 ab
8 – DRCO	0,022 ab	0,39	4,81 a	8,72 a	17,9 ab
9 – DRTR	0,037 ab	0,53	3,64 ab	7,83 a	17,2 ab
10 – TEST	0,015 b	0,27	1,46 b	3,37 b	-
C.V. (%)	52,7	46,9	30,5	22,6	58,1

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O balanço de entrada e saída de N nos critérios estudados no experimento B<sub>1</sub>, encontram-se no Quadro 14. A aplicação da dose recomendada de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N totalmente no momento do transplante (DRTR) apresentou maior perda de N do que quando essa mesma dose foi aplicada em cobertura, a cada 14 dias (DRCO). A maior perda de N observada entre os critérios foi para o SPAD-2, que resultou na maior dose de N adicionada, 1953,7 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

Quadro 14 – Entrada ( $N_{ENT}$ ), saída ( $N_{SAI}$ ) e balanço entre ambos, em relação à quantidade de N (kg.ha<sup>-1</sup>) nos diferentes critérios, experimento B<sub>1</sub>

Critério	Entrada			Saída			Balanço
	$N_{ini}$	$N_{fert} + N_{irr}$	$N_{ENT}$	$N_{pla}$	$N_{fin}$	$N_{SAI}$	$N_{ENT} - N_{SAI}$ <sup>†</sup>
1 – SPAD-1	293,6	502,6	796,2	126,5	396,2	522,7	273,5 bc
2 – SPAD-2	293,6	1954,9	2248,5	93,2	1224,7	1317,9	930,6 a
3 – SPAD-3	293,6	132,8	426,4	94,7	64,6	159,3	267,1 bc
4 – PESF	293,6	497,1	790,7	123,4	588,5	711,9	78,8 bc
5 – QECS	293,6	1197,4	1491,0	122,6	1462,2	1584,8	-93,8 c
6 – QENF	293,6	1657,4	1951,0	99,2	1474,5	1573,7	377,3 bc
7 – OVAP	293,6	251,2	544,8	110,6	240,9	351,6	193,2 bc
8 – DRCO	293,6	501,2	794,8	133,6	432,1	565,7	229,1 bc
9 – DRTR	293,6	501,2	794,8	130,5	100,4	230,9	563,9 ab
10 – TEST	293,6	1,2	294,8	44,3	53,2	97,5	197,3 bc

<sup>†</sup> Valores negativos e positivos correspondem à quantidade provável de N que foi mineralizado e perdido, respectivamente.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

### 3.2.2. Experimento B<sub>2</sub>

As eficiências de uso, de utilização, de absorção, agronômica e fisiológica e índice de colheita do N para os diferentes critérios no experimento B<sub>2</sub>, encontram-se no Quadro 15. Nesse experimento, o critério SPAD-3 apresentou as maiores eficiências de absorção e agronômica do N, além de elevada eficiência de uso do N.

Quadro 15 – Eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), agronômica (EAGN), fisiológica (EFIN) e índice de colheita do N (ICN) nos critérios, experimento B<sub>2</sub>

Critério	EUSN	EUTN	EABN	EAGN	EFIN	ICN
	(kg.kg <sup>-1</sup> )					
1 – SPAD-1	508,4 a	541,4	99,9 ab	486,8	418,5 a	0,95
2 – SPAD-2	100,3 cb	392,6	26,5 cd	39,6	111,6 b	0,91
3 – SPAD-3	537,0 a	388,6	138,7 a	575,6	120,2 b	0,96
4 – PESF	47,2 c	430,9	11,1 d	10,1	85,3 b	0,93
5 – QECS	197,4 bc	427,3	46,6 cd	96,3	166,2 b	0,90
6 – QENF	175,8 bc	419,8	43,4 cd	88,6	154,3 b	0,96
7 – OVAP	245,4 b	381,6	65,2 bc	140,3	165,1 b	0,93
8 – DRCO	127,3 bc	427,6	31,6 cd	49,1	140,3 b	0,92
9 – DRTR	120,1 bc	409,8	29,8 cd	40,5	120,8 b	0,93
10 – TEST	518,6 a	427,0	122,5 a	-	-	0,94
C.V. (%)	29,0	14,2	28,7	138,9	72,3	3,8

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No experimento B<sub>2</sub>, não houve diferença significativa para as eficiências de utilização para a produção de folhas, caule, frutos e parte aérea entre os critérios estudados (Quadro 13). O critério SPAD-3 foi mais eficiente em recuperar o N derivado do fertilizante que os demais critérios.

Quadro 16 – Eficiência de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e total (EUPA) e de recuperação relativa do N (ERRN) nos critérios, experimento B<sub>2</sub>

Critério	EUFOL	EUCAU	EUFRU	EUPA	ERRN
	(kg <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> )				(%)
1 – SPAD-1	0,019	0,011	5,98	7,16	52,3 b
2 – SPAD-2	0,089	0,035	7,04	9,57	12,5 b
3 – SPAD-3	0,011	0,015	9,04	10,41	172,8 a
4 – PESF	0,017	0,021	6,51	7,81	2,0 b
5 – QECS	0,206	0,012	7,77	10,61	22,7 b
6 – QENF	0,005	0,008	9,21	10,17	23,3 b
7 – OVAP	0,027	0,068	8,10	10,29	43,2 b
8 – DRCO	0,075	0,012	8,01	10,11	13,4 b
9 – DRTR	0,033	0,014	7,72	9,36	11,3 b
10 – TEST	0,030	0,002	5,48	6,47	-
C.V. (%)	204,9	173,3	26,8	25,3	115,2

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O balanço de entrada e saída de N nos critérios estudados no experimento B<sub>2</sub>, encontram-se no Quadro 17. Maior quantidade de N perdida do sistema solo-planta foi observado nos critérios SPAD-2 e PESF, que resultaram nas maiores doses de N, e também no DRTR.

Quadro 17 – Entrada ( $N_{ENT}$ ), saída ( $N_{SAI}$ ) e balanço entre ambos, em relação à quantidade de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos diferentes critérios, experimento B<sub>2</sub>

Critério	Entrada			Saída			Balanço
	$N_{ini}$	$N_{fert} + N_{irr}$	$N_{ENT}$	$N_{pla}$	$N_{fin}$	$N_{SAI}$	$N_{ENT} - N_{SAI}$ <sup>1</sup>
1 – SPAD-1	103,2	51,7	154,9	154,6	79,8	234,4	-79,5 de
2 – SPAD-2	103,2	726,1	829,3	219,4	244,6	464,1	365,2 b
3 – SPAD-3	103,2	51,7	154,9	214,9	81,1	296,0	-141,7 e
4 – PESF	103,2	1421,7	1524,9	168,6	411,1	537,7	987,2 a
5 – QECS	103,2	334,8	438,0	204,1	125,5	329,6	108,4 cd
6 – QENF	103,2	414,0	517,2	224,4	129,4	353,8	163,4 bc
7 – OVAP	103,2	274,7	377,9	246,4	79,0	325,4	52,5 cde
8 – DRCO	103,2	526,7	629,9	198,6	168,6	367,2	262,7 bc
9 – DRTR	103,2	526,7	629,9	187,7	77,3	265,0	364,9 b
10 – TEST	103,2	1,7	104,9	128,5	75,4	203,9	-99,0 de

<sup>1</sup> Valores negativos e positivos correspondem à quantidade provável de N que foi mineralizado e perdido, respectivamente.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)

#### 4.1.1. Experimento A – CIL<sub>1</sub>

No experimento A – CIL<sub>1</sub>, os critérios SPAD-1, PESF e DRTR foram mais eficientes em recuperar o N derivado do fertilizante (Quadro 4). Desses critérios, o PESF parece ser mais adequado para a recomendação da adubação nitrogenada do tomateiro por ter resultado em menor quantidade de N aplicado e maior produtividade e renda

líquida advinda da adubação nitrogenada do que os critérios SPAD-1 e DRTR (Capítulo 3). Menor quantidade de N pela utilização do critério PESF foi devido a esse critério ser baseado na contribuição do solo, que apresentava alto teor de N-NO<sub>3</sub> no início do período de cultivo. O resultado indica a necessidade da obtenção do teor de N-NO<sub>3</sub> no solo antes do plantio para a determinação da dose adequada de N. Isso permite a otimização da produtividade, alta eficiência de uso do N e minimização da lixiviação do N-NO<sub>3</sub> abaixo da zona radicular (Meyer e Marcum, 1998). Além disso, a análise do balanço de entrada e saída indicou que pelo critério PESF praticamente não houve perda de N no sistema solo-planta (Quadro 5).

Provável mineralização do N foi observada apenas no critério QENF, que foi baseado na quantidade esperada de N nos frutos (Quadro 5). Entretanto, o teor de N-NO<sub>3</sub> no solo no final do ciclo do tomateiro (N<sub>fin</sub>) foi relativamente elevado, 521,5 kg.ha<sup>-1</sup>, o que não é desejável, pois a adubação nitrogenada tem que ser conduzida de tal maneira que máxima produtividade seja obtida com menor teor de N-NO<sub>3</sub> possível no solo, no final do período de cultivo (Ibrikci et al., 2001), reduzindo o potencial de perda desse íon via lixiviação ou desnitrificação.

#### **4.1.2. Experimento A – CIL<sub>2</sub>**

No experimento A – CIL<sub>2</sub>, elevadas eficiências de uso, de utilização, de absorção, agronômica e fisiológica do N (Quadro 6) observadas pela utilização do critério OVAP, resultaram em menor teor de N-NO<sub>3</sub> no solo no final do ciclo do tomateiro (N<sub>fin</sub>) e balanço de entrada e saída de N, indicando que houve provável mineralização nesse critério. Entretanto, esses fatores não foram suficientes para que o critério OVAP apresentasse maior eficiência de recuperação relativa do N (Quadro 7) e produtividade (Capítulo 3). Esses resultados comprovam que comparações de eficiência de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N, quando utilizadas isoladamente, podem não expressar o real efeito de determinada prática de manejo da adubação nitrogenada. Além disso, os resultados são contrários àqueles obtidos por Raun e Johnson (1999) e Lopez-Bellido e Lopez-Bellido (2001) ao observarem que o aumento na eficiência de uso do N foi acompanhado do aumento na produtividade de trigo.

O critério DRTR resultou em maior eficiência de recuperação relativa do N (Quadro 7) e entrada de N além daquela analisada (Quadro 8). Dessa forma, em condições de ambiente protegido, o fertilizante nitrogenado pode ser aplicado totalmente no momento do transplante, sem efeito prejudicial sobre a quantidade de N recuperado

pela planta, derivado do fertilizante. Esses resultados comprovam o efeito da irrigação localizada, via gotejamento, e das prováveis altas capacidades de troca aniônica e de adsorção de N-NO<sub>3</sub> pelo solo da área de cultivo, que retardaram o movimento do íon em relação ao movimento de água, minimizando o efeito da lixiviação (Bellini et al., 1996). Conseqüentemente, maior quantidade de N permaneceu disponível para ser absorvido (Capítulo 2) e maior produtividade foi obtida (Capítulo 3). O aumento na quantidade de N recuperado, associado com aumento em produtividade é vantajoso, pois o N absorvido pela planta é convertido em formas orgânicas, evitando que o mesmo possa ser perdido via lixiviação (Errebhi et al., 1998). Isso também pode ser válido para os critérios PESF, QECS e QENF, que apresentaram valores de eficiência de recuperação relativa do N (Quadro 7) e de produtividade estatisticamente iguais ao critério DRTR (Capítulo 3).

#### **4.1.3. Experimento A – SIL**

No experimento A – SIL, a quantidade de N aplicada foi inversamente proporcional às eficiências de uso, de utilização, de absorção e agrônômica do N (Quadro 9). Dessa forma, menores valores foram observados nos critérios SPAD-2, QENF e PESF, baseados no nível crítico SPAD aumentado em 10%, na quantidade esperada de N nos frutos e na produção esperada de frutos + contribuição do solo e do fertilizante, respectivamente, que resultaram nas maiores doses de N aplicadas. Redução na eficiência do N disponível com o aumento na dose de N indica que maior proporção de N fornecido não foi recuperado nos tecidos da planta ou ficou retido no perfil do solo à profundidade do sistema radicular, sendo perdido para camadas mais profundas do solo. Isto sugere que a perda de N foi o fator controlador em reduzir a absorção e o uso do N (Sowers et al., 1994).

A aplicação da dose recomendada de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N totalmente no momento do transplante proporcionou maior acúmulo de matéria seca de folhas, caule, frutos e parte aérea por unidade de N aplicado. Dessa forma, elevada eficiência de recuperação relativa do N (Quadro 10) e produtividade foram obtidas (Capítulo 3). Entretanto, a redução na quantidade de N no momento do transplante para 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N e a aplicação de 116,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N aos 70 DAT, obtida no critério SPAD-1, resultou em produtividade semelhante e eficiência de recuperação relativa do N 62,2% maior a aplicação do N totalmente no momento do transplante (DRTR). Provavelmente, a razão principal para aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado e obter alta produtividade seja devido às leituras SPAD terem indicado necessidade de aplicar N em cobertura

quando necessário, em momento que o fornecimento de N coincidiu com a demanda da cultura (Peng et al. 1996).

#### **4.1.4. Análise conjunta dos experimentos em ambiente protegido**

As eficiências de uso, de utilização e de absorção do N diminuíram à medida que a quantidade de N aplicada aumentou (Quadros 3, 6 e 9). Para Johnson e Raun (2003), a diminuição na eficiência de uso é o resultado da perda de N do sistema solo-planta e esta perda ocorre em proporção direta ao grau em que o N em excesso está presente no solo. Portanto, os critérios com as maiores doses de N aplicadas resultaram em excesso de N no solo e, conseqüentemente, menor eficiência de uso e de absorção do N foi observada.

A eficiência de recuperação relativa do N representa a percentagem de N derivada do fertilizante que foi recuperada pelas plantas. Para o tomateiro cultivado em ambiente protegido a eficiência de recuperação relativa do N foi variável entre os critérios utilizados, com valores de 1,9 a 53,2; -7,0 a 27,0 e 13,1 a 43,8%, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL, respectivamente (Quadros 4, 7 e 10). Sainju et al. (1999) também observaram eficiência de recuperação relativa do N variável entre experimentos e entre doses de N aplicadas, com valores de 2,0 a 28,8%. Sweeney et al. (1987) observaram menor variação de eficiência do N recuperado pelo tomateiro na Flórida, com valores de 31,5 a 53,0%, quando foi aplicado 224,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Provavelmente, a maior variação observada nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL seja devido a dose de N aplicada em maior quantidade, atingindo valor de até 1073,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N pela utilização do critério SPAD-2.

Em média, para os três experimentos, a quantidade de N acumulada pelas plantas foi de 229,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N (Quadros 5, 8 e 11) com produção de 95,0 t.ha<sup>-1</sup> de frutos (Capítulo 3). Utilizando-se esses valores pode ser determinado que são necessários 2,41 e não 1,83 kg.ha<sup>-1</sup> de N para a produção de 1,0 t de frutos, que foi utilizado no critério QECS e determinado com base nos resultados obtidos por Fayad (1998), em condições de cultivo semelhante, onde as plantas acumularam 210,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N para a produção de 115,0 t.ha<sup>-1</sup> de frutos. Para Carvalho et al. (2004) pode ser necessário de 2,1 a 3,8 kg.ha<sup>-1</sup> de N para a produção de 1,0 t de frutos.

A eficiência agrônômica, que representa a contribuição do fertilizante para o aumento em produção, foi diferente entre os critérios estudados e os maiores valores foram obtidos pela utilização dos critérios PESF, QECS e DRTR. Dessa forma, as plantas

responderam produtivamente mais à aplicação de 90,0 e 439,2 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e de 280,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N totalmente no momento do transplante.

## **4.2. Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)**

### **4.2.1. Experimento B<sub>1</sub>**

A dose de N próxima de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> apresentou maior eficiência quando aplicada em cobertura a cada 14 dias (DRCO e PESF) ou quando necessário, aos 28 e 42 DAT (SPAD-1) do que totalmente no momento do transplante (DRTR). Conseqüentemente, a perda de N do sistema foi 149,3 e 106,2% maior quando o N foi aplicado totalmente no momento do transplante (Quadro 14), indicando que no campo sem proteção a dose de N deve ser aplicada parceladamente para que a perda de N seja minimizada. Os resultados sugerem que a aplicação de 500,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante conduz a significativa lixiviação do N-NO<sub>3</sub> se alta incidência de chuva e/ou irrigação excessiva ocorrerem durante o período de cultivo (Errebhi et al., 1998), embora a produtividade (Capítulo 3) e a eficiência de recuperação relativa do N (Quadro 13) tenham sido semelhantes.

Os maiores valores de eficiência agrônômica foram obtidos pela utilização do critério SPAD-3 (Quadro 12). Dessa forma, as plantas responderam produtivamente mais a aplicação de 50,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante e 81,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicado aos 28 DAT, do que aquelas cultivadas com doses maiores de N.

### **4.2.2. Experimento B<sub>2</sub>**

Os critérios SPAD-1 e SPAD-3 foram mais eficientes no uso e na absorção do N (Quadro 15). Esses critérios, juntamente com o OVAP, também proporcionaram elevada eficiência de recuperação do N derivado do fertilizante que resultou em menor teor N-NO<sub>3</sub> no solo no final do período de cultivo. Esses resultados indicam que o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro cultivado no campo sem proteção pode ser realizada pela aplicação de pequena quantidade de N no momento do transplante e o restante em cobertura, quando necessário, com determinações baseadas na utilização do medidor portátil SPAD-502 e em observações visuais da aparência da planta.

### 4.2.3. Análise conjunta dos experimentos no campo

A eficiência de uso do N variou de 35,6 a 543,0 kg de frutos.kg<sup>-1</sup> de N aplicado + N-NO<sub>3</sub> no solo. Esses valores estão distantes do valor de referência de 350,0 kg de frutos.kg<sup>-1</sup> de N aplicado + N-NO<sub>3</sub> no solo, observado como representativo por Scholberg et al. (2000) ao utilizar resultados de pesquisas conduzidas em diferentes locais e anos. Talvez a maior eficiência de uso seja devido ao fornecimento de água em quantidade e forma mais eficiente, acompanhada de adubação nitrogenada em quantidade de até 336,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, bem abaixo de 1953,7 (SPAD-2) e 1423,5 (PESF) kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicado nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente.

A eficiência de utilização do N, que representa a habilidade da planta para transformar o N absorvido em produção (Delogu et al., 1998), não apresentou diferença significativa entre os critérios utilizados nos experimentos B<sub>1</sub> (Quadro 12) e B<sub>2</sub> (Quadro 15). Em média, cada kg de N acumulado na parte aérea correspondeu à produção de 439,0 kg de frutos. Esse parâmetro tem sido extensivamente usado para comparar diferentes espécies ou cultivares em diferentes níveis de N. Entretanto, tal determinação ignora a quantidade de N que permaneceu no solo (Strong, 1995), e quando avaliado isoladamente, pode não demonstrar realmente o efeito de práticas de manejo da adubação nitrogenada.

Em média dos dois experimentos, a quantidade de N acumulada pelas plantas foi de 151,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N com a produção de 65,0 t.ha<sup>-1</sup> de frutos. Esse valor foi inferior aquele observado nos experimentos em ambiente protegido. Provavelmente, isso seja devido a menor produção de frutos e quantidade de folhas das plantas no final dos experimentos no campo, causada pela incidência de *Alternaria solani* e *Phytophthora infestans*. Além disso, elevada incidência de chuvas ocorrida durante o ciclo do tomateiro cultivado no campo pode ter contribuído para que parte N-NO<sub>3</sub> no solo fosse lixiviado para camadas mais profundas do solo, conforme observado no balanço de entrada e saída (Quadros 14 e 17).

O aumento na eficiência de recuperação do N do fertilizante foi inversamente proporcional à quantidade de N aplicada. Esses resultados são contrários àqueles obtidos por Scholberg et al. (2000) e Zebarth et al. (1995) ao observarem que a quantidade de N recuperado do fertilizante aumentou linearmente com as doses de fertilizante nitrogenado aplicadas. Independentemente da quantidade de N utilizada nos diferentes critérios, a eficiência de recuperação de N variou de 2,5 a 26,5 e 2,0 a 172,8% nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente. Hills et al. (1983) relataram que a eficiência de recuperação do N derivado do fertilizante, na forma de sulfato de amônio, foi 27,0%

para o tomateiro. Sweney et al. (1987) e Scholberg et al. (2000) observaram que a eficiência de recuperação do N pelo tomateiro variou de 31,5 a 53,0% quando foi aplicado 224,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N e de 36,0 a 74,0%, dependendo da dose de N aplicada. A baixa eficiência de recuperação do N pelo tomateiro nos critérios do experimento B<sub>1</sub> e na maioria dos critérios do experimento B<sub>2</sub> indica que grande quantidade de N permaneceu no solo no final do ciclo do tomateiro, aumentando a possibilidade de perda de N através da lixiviação, volatilização ou desnitrificação, conforme observado no balanço de entrada e saída de N (Quadros 14 e 17).

## **5. CONCLUSÕES**

### **5.1. Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL (Ambiente protegido)**

- As eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N foram inversamente proporcionais à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- A eficiência da adubação nitrogenada não foi afetada pelo momento de aplicação do N;
- A eficiência de recuperação relativa do N variou entre critérios e entre experimentos, com valores de -7,0 a 53,2%;
- Os critérios mais eficientes no manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido foram aqueles em que o N foi aplicado quando necessário e a dose baseada no nível crítico SPAD (SPAD-1), parceladamente a cada 14 dias e a dose baseada na produção esperada de frutos + contribuição do N pelo solo e pelo fertilizante (PESF) ou totalmente no momento do transplante e a dose baseada na recomendação de N para a cultura (DRTR).

### **5.2. Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)**

- A eficiência de recuperação do N do fertilizante foi inversamente proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- Maior eficiência da adubação nitrogenada foi obtida pela aplicação de N em cobertura a cada 14 dias e quando necessário do que totalmente no momento do transplante;

- A eficiência de recuperação relativa do N variou entre critérios e entre experimentos, com valores de 2,5 a 178,3%;
- Os critérios mais eficientes no uso e na recuperação do N derivado do fertilizante foram aqueles em que o N foi aplicado quando necessário e a dose baseada no nível crítico SPAD (SPAD-1), 10% abaixo do nível crítico SPAD (SPAD-3) e em observações visuais da aparência da planta (OVAP).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andersen, P.C.; Rhoads, F.M.; Olson, S.M.; Hill, K.D. Carbon and nitrogen budgets in spring and fall tomato crops. **HortScience**, v.34, n.3, p.648-652, 1999.

Belinni, G.; Sumner, M.E.; Radcliffe, D.E.; Qafoku, N.P. Anion transport through of highly weathered acid soil: adsorption and retardation. **Soil Science Society of American Journal**, v.60, p.132-137, 1996.

Binder, D.L.; Sander, D.H.; Walters, D.T. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. **Agronomy Journal**, v.92, p.1228-1236, 2000.

Blackmer, T.M.; Schepers, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.9-10, p.1791-1800, 1994.

Carvalho, J.G.; Bastos, A. R. R.; Alvarenga, M. A. R. Nutrição mineral e adubação. In: Alvarenga, M. A. R (Ed.). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004. p.61-120.

Cataldo, D.A.; Harron, M.; Schrader, L.E.; Younes, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80, 1975.

Coltman, R.R. Yield of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate. **HostScience**, v.23, n.1, p.148-151, 1988.

Delogu, G.; Cattivelli, L.; Pecchioni, N.; De Falcis, D.; Maggiore, T.; Stanca, A.M. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. **European Journal of Agronomy**, v.9, p.11-20, 1998.

Doss, B.D.; Evans, C.E.; Johnson, W.A. Rates of nitrogen and irrigation for tomatoes. **American Society of Horticultural Science**, v.100, n.4, p.435-437, 1975.

Errebhi, M.; Rosen, C.J.; Gupta, S.C.; Birong, D.E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, p.10-15, 1998.

Fayad, J.A. Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa. Viçosa: UFV, 1998. 81p. (Tese de Mestrado).

Ferreira, M.M.; Ferreira, G.B.; Fontes, P.C.R.; Dantas, J.P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.471-476, 2003.

Fontes, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

Guimarães, T.G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. Viçosa: UFV, 1998. 184p. (Tese de Doutorado).

Hills, F.J.; Broadbent, F.E.; Lorenz, O.A. Fertilizer nitrogen utilization by corn, tomatoes and sugarbeets. **Agronomy Journal**, v.75, p.423-426, 1983.

Huett, D.O. Response to nitrogen and potassium of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.26, p.133-138, 1986.

Huggins, D.R.; Pan, W.L. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. **Agronomy Journal**, v.85, p.898-905, 1993.

Ibrikci, H.; Buyuk, G.; Yagbasanlar, T.; Keklikci, Z.; Tklu, F.; Guzel, N.; Ozkan, H. Contribution of soil mineral nitrogen in wheat production. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n.12, p.1871-1883, 2001.

Jackson, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1958. 458p.

Jackson, L.E.; Bloom, A.J. Root distribution in relation to soil nitrogen availability in field-grown tomato. **Plant and Soil**, v.128, p.115-126, 1990.

Johnson, G.V.; Raun, W.R. Nitrogen response index as a guide to fertilizer management. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, n.2, p.249-262, 2003.

López-Bellido, R.J.; López-Bellido, L. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. **Field Crops Research**, v.71, p.31-46, 2001.

Meyer, R.D.; Marcum, D.B. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. **Agronomy Journal**, v.90, p.420-429, 1998.

Moll, R.H.; Kamprath, E.J.; Jackson, W.A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, v.74, p.562-564, 1982.

Peng, S.; Garcia, F.V.; Laza, M.R.C.; Sanico, A.L.; Visperas, R.M.; Cassman, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crop Research**, v.47, p.243-252, 1996.

Pimentel-Gomes, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2000. 477p.

Raun, W.R.; Johnson, G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, v.91, p.357-363, 1999.

Sainju, U.M.; Singh, B.P.; Rahman, S.; Reddy, V.R. Soil nitrate-nitrogen under tomato following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. **Journal Environment Quality**, v.28, p.1837-1844, 1999.

Scharf, P. Soil and plant tests to predict optimum nitrogen rates for corn. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.6, p.805-826, 2001.

Scholberg, J.; MacNeal, B.L.; Boote, K.J.; Jones, J.W.; Locascio, S.J.; Olson, S.M. Nitrogen stress effects on growth and nitrogen accumulation by field-growth tomato. **Agronomy Journal**, v.92, p.159-167, 2000.

Schröder, J.J.; Neeteson, J.J.; Withagen, J.C.M.; Noij, I.G.A.M. Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. **Field Crops Research**, v.58, p.55-67, 1998.

Siddiqi, M.Y.; Glass, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, n.3, p.289-302, 1981.

Sowers, K.E.; Pan, W.L.; Miller, B.C.; Smith, J.L. Nitrogen use efficiency of split nitrogen application in soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, v.86, p.942-948, 1994.

Strong, W.M. Nitrogen fertilization of upland crops. In: Bacon, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.129-169.

Sweeney, D.W.; Graetz, D.A.; Bottcher, A.B.; Locascio, S.J.; Campbell, K.L. Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. **HortScience**, v.22, n.1, p.27-29, 1987.

Yang, J.E.; Skogley, E.O.; Schaff, B.E.; Kim, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, v.62, p.1108-1115, 1998.

Zebarth, B.J.; Bowen, P.A.; Toivonen, P.M.A. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. **Canadian Journal of Plant Science**, v.75, p.717-725, 1995.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Foram avaliados os efeitos de diferentes critérios para manejo da adubação nitrogenada sobre o estado nutricional nitrogenado do tomateiro; a produção e a eficiência de uso do N e seus componentes, em cinco experimentos, sendo três em ambiente protegido, com fertirrigação por gotejamento (A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL) e dois no campo sem proteção, com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>). Os experimentos A – CIL<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> foram conduzidos no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono/02) e os experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL e B<sub>2</sub> no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera/02-verão/03). Em cada experimento foram estudados dez critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro. Os tratamentos foram: 1) dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); igual ao tratamento 1 porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido através da utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na percentagem da dose fixa de N no experimento A – CIL<sub>1</sub> e na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo, nos experimentos A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QEFR); 7) doses de 50; 56; 56; 50 e 105 kg.ha<sup>-1</sup> de N no momento do transplante nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 280 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL, e 500 e 525 kg.ha<sup>-1</sup>, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, aplicadas parceladamente em cobertura a cada 14 dias (DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). Os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições no experimento A – CIL<sub>1</sub>, quatro no A – SIL, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e três no A – CIL<sub>2</sub>. As principais conclusões foram:

## Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub>, A – SIL (Ambiente protegido)

- O diagnóstico do estado nutricional nitrogenado apresentou teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo e de N-tot na matéria seca da folha adjacente ao terceiro cacho inferiores aos limites considerados adequados nos critérios baseados no nível crítico do índice SPAD (SPAD-1) e em 10% abaixo (SPAD-3), em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e sem adição de N (TEST);
- O índice SPAD da FATC, determinado após o completo florescimento do terceiro cacho com o medidor portátil de clorofila SPAD-502, foi a melhor característica para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado do tomateiro em ambiente protegido;
- O peso da matéria seca da folha adjacente ao terceiro cacho, determinado após o completo florescimento do terceiro cacho, foi a melhor característica para o prognóstico da produção de frutos do tomateiro em ambiente protegido;
- O teor de N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- No cultivo em ambiente protegido e aplicação do fertilizante nitrogenado via fertirrigação, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> residual foi obtida pela utilização de amostra composta obtida de amostras simples tomadas em posições distanciadas em 10 cm na entre linha e sobre a linha de transplante;
- A quantidade de N aplicada foi inversamente proporcional às eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N;
- A eficiência da adubação nitrogenada não foi afetada pelo momento de aplicação do N;
- A eficiência de recuperação relativa do N variou entre critérios e entre experimentos, com valores de -7,0 a 53,2%;
- Os critérios em que o N foi aplicado quando necessário e a dose baseada no nível crítico do índice SPAD (SPAD-1), parceladamente a cada 14 dias e a dose baseada na produção esperada de frutos + contribuição do N pelo solo e pelo fertilizante (PESF) e totalmente no momento do transplante e a dose baseada na recomendação para a cultura (DRTR) proporcionaram maior produtividade, retorno econômico e eficiência na recuperação do N derivado do fertilizante, sendo esses os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido.

## Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Campo)

- O diagnóstico do estado nutricional nitrogenado apresentou valores do índice SPAD e das formas de N avaliadas na folha adjacente ao terceiro cacho inferiores aos limites considerados adequados nos critérios baseados no nível crítico do índice SPAD (SPAD-1) e em 10% abaixo (SPAD-3), em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e sem aplicação de N (TEST);
- O índice SPAD da folha adjacente ao terceiro cacho, determinado após o completo florescimento do terceiro cacho com o medidor portátil de clorofila SPAD-502, foi a melhor característica tanto para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado quanto para o prognóstico da produção de frutos do tomateiro no campo;
- O teor de N-NO<sub>3</sub> residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- No cultivo no campo e aplicação do fertilizante nitrogenado em sulco, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO<sub>3</sub> residual foi obtida pela utilização de amostra composta obtida de amostras simples tomadas em posições sobre o sulco e entre o sulco e as plantas;
- A eficiência de recuperação do N do fertilizante foi inversamente proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios;
- Maior eficiência da adubação nitrogenada foi obtida pela aplicação de N em cobertura a cada 14 dias e quando necessário do que totalmente no momento do transplante;
- A eficiência de recuperação relativa do N variou entre critérios e entre experimentos, com valores de 2,5 a 178,3%;
- No campo sem proteção, em relação à produtividade e retorno econômico os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada foram aqueles em que o N foi aplicado quando necessário e a dose baseada no nível crítico do índice SPAD (SPAD-1) ou em observações visuais da aparência da planta (OVAP) e N aplicado parceladamente a cada 14 dias e a dose baseada na recomendação de N para a cultura (DRCO). Os critérios SPAD-1 e OVAP também foram eficientes no uso e na recuperação do N derivado do fertilizante, sendo esses os melhores critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro no campo.

## APÊNDICE

**Experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL**

Quadro 1A – Resumo das análises de variância referentes aos pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub>), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N-NO<sub>3</sub>) e N-total (C N-tot) da folha adjacente ao cacho do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios								
			PMF	PMS	SPAD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub>	N-org	N-tot	C N-NO <sub>3</sub>	C N-tot
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	9	43,2	0,73	28,9**	1.273.062,9**	1,01**	0,36**	0,47**	590,3**	1099,1**
	Blocos	4	38,4	0,33	0,3	177.736,8	0,14	0,09	0,09	185,9	298,1
	Resíduo	36	60,6	0,76	9,7	105.726,8	0,26	0,09	0,10	135,7	631,6
-----											
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	9	76,9**	0,72**	87,3**	4.585.378,4*	1,00**	0,97**	3,76**	3,15**	1534,6**
	Bloco	2	105,0**	1,34**	25,0	437.329,8	0,12	0,03	0,22	3,17**	2211,8**
	Resíduo	17	15,2	0,14	8,2	1.523.499,4	0,05	0,17	0,29	0,46	339,1
-----											
A – SIL	Tratamentos	9	53,4**	0,58**	78,5**	3.552.798,9**	0,92**	0,75**	0,92**	24,67**	1.384,6**
	Bloco	3	29,2	0,49**	6,5	975.977,5	0,30	0,31	0,37*	0,73	658,4
	Resíduo	27	10,0	0,08	10,0	434.859,4	0,10	0,11	0,12	0,29	154,6

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 2A – Resumo das análises de variância referentes ao teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, em função de critérios (CRI) para o manejo da adubação nitrogenada e de posições de amostragem (PA), experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

F.V.	Quadrados médios					
	G.L.	A – CIL <sub>1</sub>	G.L.	A – CIL <sub>2</sub>	G.L.	A – SIL
CRI	9	181.316,7**	9	56.354,7**	9	272.748,3**
Blocos	4	41.686,0*	2	46.253,7	3	65.324,9
Resíduo a	36	20.392,1	18	25.061,8	27	27.318,7
PA	2	75.088,0**	2	10.826,9	2	30.910,7
CRI x PA	18	21.123,3	18	17.236,1	18	54.519,8*
Resíduo b	80	13.993,4	40	14.472,1	60	27.534,0

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 3A – Resumo das análises de variância referentes à produção total (PT), comercial (PC), ponderada (PP), não comercial (PNC) e diária (PD) de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, nos experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios				
			PT	PC	PP	PNC	PD
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	9	188,5	86,9	71,8	66,3	4.912,1
	Blocos	4	272,7	274,7	156,7	8,5	15.531,9
	Resíduo	36	201,8	225,3	130,2	42,3	12.736,4
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	9	458,3**	497,3**	179,5	3,74	35.749,3**
	Blocos	2	495,0*	551,7*	329,5*	1,59	28.819,2*
	Resíduo	18	102,2	116,9	76,4	4,01	6.071,7
A – SIL	Tratamentos	9	501,3*	500,8**	238,2*	3,70	36.675,7**
	Blocos	3	56,1	69,3	25,6	1,28	3.991,4
	Resíduo	27	163,9	152,2	86,4	3,56	8.567,9

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 4A – Resumo das análises de variância referentes à produção de frutos de tomate classificados como grande, médio e pequeno, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios		
			Grande	Médio	Pequeno
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	9	36.820.174	116.610.282	46.730.287
	Blocos	4	11.048.326	29.516.151	28.806.856
	Resíduo	35	29.438.423	281.020.085	103.901.722
-----					
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	9	8.539.912	325.206.977	131.623.289
	Blocos	2	4.903.732	1.082.570.885*	143.585.506
	Resíduo	18	10.809.110	174.729.831	67.653.291
-----					
A – SIL	Tratamentos	9	27.644.324	461.142.406	81.700.497
	Blocos	3	5.900.091	161.664.466	28.047.486
	Resíduo	27	11.458.607	228.351.375	51.256.510

\* = significativo a 5%, pelo teste F.

Quadro 5A – Resumo das análises de variância referentes ao peso médio de frutos de tomate classificados como grande, médio e pequeno, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios		
			Grande	Médio	Pequeno
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	9	986,9**	37,2	52,2
	Blocos	4	443,8	65,9	79,0
	Resíduo	35	178,9	35,0	49,2
-----					
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	9	606,4	8,5	9,5
	Blocos	2	23,5	6,1	16,7
	Resíduo	18	1.038,9	28,8	10,9
-----					
A – SIL	Tratamentos	9	1.126,4	114,8	11,2
	Blocos	3	1.261,6	24,1	2,2
	Resíduo	27	633,0	79,3	16,2

\*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

Quadro 6A – Resumo das análises de variância referentes à distribuição da produção não comercial de frutos do tomateiro nas categorias brocados (BR), podridão apical (PA) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios		
			BR	PA	RE
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	9	63.721.400,9	-	2.985.304,6
	Blocos	4	10.364.082,6	-	1.614.817,6
	Resíduo	35	44.844.147,0	-	1.936.035,8
-----					
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	9	683.907,0	107.952,6	1674290,6
	Blocos	2	1.292.006,6	437.416,9	23,5
	Resíduo	18	742.904,6	107.952,6	677845,9
-----					
A – SIL	Tratamentos	9	1.642.444,0	76.857,7	853.175,5
	Blocos	3	545.683,0	37.147,7	741.124,9
	Resíduo	27	2.199.539,5	37.147,7	791.987,2

Quadro 7A – Resumo das análises do teste de esfericidade referentes à análise de medidas repetidas da produção total em cada cacho do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

F.V.	Critério de Mauchly					
	G.L.	A – CIL <sub>1</sub>	G.L.	A – CIL <sub>2</sub>	G.L.	A – SIL
Variáveis transformadas	35	0,0074795**	35	0,0004496**	35	0,000227**
Componentes ortogonais	35	0,3065394	35	0,0694246	35	0,0932671*

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste  $\chi^2$ .

Quadro 8A – Resumo das análises multivariadas referentes à produção total de frutos em cada cacho do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

F.V.	Valor da análise multivariada					
	G.L.	A – CIL <sub>1</sub>	G.L.	A – CIL <sub>2</sub>	G.L.	A – SIL
Tratamento (Coincidência)	81	0,077637	81	0,002893*	81	0,014254*
Cacho (Horizontalidade)	8	0,407576**	8	0,097254**	8	0,097255**
Trat x cacho (Paralelismo)	72	0,100971	72	0,029596*	72	0,029596*

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo critério de Lambda de Wilks.

Quadro 9A – Resumo das análises do teste de esfericidade referentes à análise de medidas repetidas da produção total de frutos obtida em diferentes épocas de colheita, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

F.V.	Critério de Mauchly					
	G.L.	A – CIL <sub>1</sub>	G.L.	A – CIL <sub>2</sub>	G.L.	A – SIL
Variáveis transformadas	20	0,002545**	44	0,0001884**	44	0,0000881**
Componentes ortogonais	20	0,043094**	44	0,0037687**	44	0,0487634**

\*\* = significativo a 1%, pelo teste  $\chi^2$ .

Quadro 10A – Resumo das análises multivariadas referentes à produção total de frutos obtida em diferentes épocas de colheita, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

F.V.	Valor da análise multivariada					
	G.L.	A – CIL <sub>1</sub>	G.L.	A – CIL <sub>2</sub>	G.L.	A – SIL
Tratamento (Coincidência)	63	0,082066*	90	0,000135**	90	0,011820
Época (Horizontalidade)	6	0,074448**	9	0,048451**	9	0,084943**
Trat x época (Paralelismo)	54	0,124993*	81	0,000274**	81	0,016674**

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo critério de Lambda de Wilks.

Quadro 11A – Resumo das análises de variância referentes a eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e parte aérea (EUPA) e índice de colheita do N (ICN), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios							
			EUSN	EUTN	EABN	EUFOL	EUCAU	EUFRU	EUPA	ICN
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	9	29.681,6**	7.163,6**	13.061,5**	0,25	0,04	3,05*	24,3*	0,0067*
	Blocos	4	1.172,7	2.049,5	14,7	0,37	0,04	1,59	5,1	0,0025
	Resíduo	35	604,1	1.837,9	73,0	0,34	0,04	1,20	10,2	0,0027
-----										
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	9	41.808,9**	10.313,6*	1.975,8**	0,085	0,036	1,73	5,48	0,0020
	Blocos	2	6.310,3	6.231,3	573,3	0,036	0,010	0,06	0,52	0,0048
	Resíduo	18	2.068,1	3.217,1	215,2	0,085	0,018	0,93	5,09	0,0029
-----										
A – SIL	Tratamentos	3	1.682.260,9**	9.819,1*	73.293,3**	0,283	0,030	1,76	20,9*	0,0077*
	Blocos	9	26.392,2	6.149,5	3.288,3	0,019	0,007	1,44	5,2	0,0001
	Resíduo	27	26.016,3	3.363,6	2.325,6	0,118	0,019	0,88	6,9	0,0025

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 12A – Resumo das análises de variância referentes à eficiência agronômica (EAGN), fisiológica (EFIN) e de recuperação relativa do N (ERRN), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos A – CIL<sub>1</sub>, A – CIL<sub>2</sub> e A – SIL

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios		
			EAGN	EFIN	ERRN
A – CIL <sub>1</sub>	Tratamentos	8	9.230,3	112.988,7	7.650,1
	Blocos	4	24.958,5	327.549,7	31.580,4
	Resíduo	31	10.693,5	244.542,9	6.499,0
-----					
A – CIL <sub>2</sub>	Tratamentos	8	2.797,7	6.653.393,6	358,9**
	Blocos	2	16.146,5	8.930.553,4	1.936,1**
	Resíduo	16	1.557,6	7.326.928,0	90,8
-----					
A – SIL	Tratamentos	8	18.732,2	4.671,2	232,0
	Blocos	3	346.024,0	19.878,5	455,6
	Resíduo	24	136.606,9	3.670,5	263,5

\*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

## Experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Quadro 13A – Resumo das análises de variância referentes aos pesos das matérias fresca (PMF) e seca (PMS), índice SPAD (SPAD), teor de nitrato na seiva do pecíolo (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub>), N-orgânico (N-org) e N total (N-tot) na matéria seca e conteúdos de nitrato (C N-NO<sub>3</sub>) e N-total (C N-tot) da folha adjacente ao cacho do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios								
			PMF	PMS	SPAD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub>	N-org	N-tot	C N-NO <sub>3</sub>	C N-tot
B <sub>1</sub>	Tratamentos	9	365,6	3,72	88,9**	7.648.029,1**	0,72**	0,85**	1,00**	25,81	9.251,9
	Blocos	3	574,2	5,10	15,2	11.010.155,3**	0,02	0,05	0,04	14,97	8.020,2
	Resíduo	26	516,6	4,00	9,4	1.876.566,7	0,09	0,09	0,09	9,32	7.148,0
-----											
B <sub>2</sub>	Tratamentos	9	22,5	0,73*	44,6	2.690.944,4	0,23	0,34**	0,34	0,77*	360,9
	Bloco	3	0,6	0,01	22,8	2.454.083,3	0,22	0,02	0,01	0,41	1,8
	Resíduo	27	15,1	0,29	6,2	1.623.666,7	0,11	0,07	0,08	0,28	173,1

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 14A – Resumo das análises de variância referentes ao teor de N-NO<sub>3</sub> no solo, em função de critérios (CRI) para o manejo da adubação nitrogenada e de posições de amostragem (PA), experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

F.V.	Quadrados médios			
	G.L.	B <sub>1</sub>	G.L.	B <sub>2</sub>
CRI	9	1.349.912,35**	9	24.641,26**
Blocos	3	78.796,11	3	6.631,30
Resíduo a	27	33.987,29	27	3.120,42
PA	4	3.714.365,18**	4	28.019,66**
CRI x PA	36	621.673,55**	36	7.633,72**
Resíduo b	120	33.816,55	120	2805,51

\*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

Quadro 15A – Resumo das análises de variância referentes à produção total (PT), comercial (PC), ponderada (PP), não comercial (PNC) e diária (PD) de frutos comerciais do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, nos experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios				
			PT	PC	PP	PNC	PD
B <sub>1</sub>	Tratamentos	9	606,6**	259,8**	128,7*	128,6**	14.680,8**
	Blocos	3	178,3	72,8	56,6	67,7	4125,7
	Resíduo	27	113,9	81,4	55,1	33,0	4.598,3
-----							
B <sub>2</sub>	Tratamentos	9	483,1**	293,6	301,5	40,4	21.815,6
	Blocos	3	246,9	233,2	182,8	18,3	17.322,1
	Resíduo	26	213,0	206,2	152,0	23,3	15.320,8

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 16A – Resumo das análises de variância referentes à produção de frutos de tomate classificados como extra AA, extra A, extra, médio especial e pequeno, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios				
			Extra AA	Extra A	Extra	Médio especial	Pequeno
B <sub>1</sub>	Tratamentos	9	16.965.101	163.915.821	10.144.482	7.175.038	1.366.526
	Blocos	3	7.471.724	135.504.043	6.577.870	26.433.285	1.469.776
	Resíduo	27	15.720.630	76.845.253	11.842.803	8.456.857	1.587.819
-----							
B <sub>2</sub>	Tratamentos	9	205.226.615	299.965.286	139.507.294	13.702.989	3.046.855
	Blocos	3	105.369.860	276.557.147	54.390.512	17.130.592	334.670
	Resíduo	27	168.437.818	143.218.562	55.215.536	18.255.911	3.629.410

Quadro 17A – Resumo das análises de variância referentes ao peso médio de frutos de tomate classificados como extra AA, extra A, extra, médio especial e pequeno, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios				
			Extra AA	Extra A	Extra	Médio especial	Pequeno
B <sub>1</sub>	Tratamentos	9	1.294,1	122,6*	30,9	19,4	23,4
	Blocos	3	38,9	33,8	19,1	55,4	20,8
	Resíduo	27	644,0	54,7	16,1	14,0	36,8
-----							
B <sub>2</sub>	Tratamentos	9	71,1	65,2	18,0	10,4	31,0
	Blocos	3	36,8	18,5	26,0	1,9	20,8
	Resíduo	27	147,1	41,2	19,9	11,8	31,7

\* = significativo a 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 18A – Resumo das análises de variância referentes à distribuição da produção não comercial de frutos do tomateiro nas categorias brocados (BR), podridão apical (PA) e alternária (AL), traça (TR), refugos (RF) e remanescentes (RE), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios					
			BR	PA	AL	TR	RF	RE
B <sub>1</sub>	Tratamentos	9	40.248.505	17.114.522	7.813.658	-	-	132854
	Blocos	3	22.034.069	52.034.652	2.609.054	-	-	150987
	Resíduo	27	21.860.895	7.915.724	6.689.741	-	-	129559
.....								
B <sub>2</sub>	Tratamentos	9	7.953.868**	25.520.528**	1.546.082	1.794.468	4.852.586	4.673.507
	Blocos	3	3.576.808	8.353.017	3.421.407	516.870	6.022.048	2.393.297
	Resíduo	27	1.845.421	6.205.999	3.181.359	1.075.891	12.706.900	2.102.191

\*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

Quadro 19A – Resumo das análises do teste de esfericidade referentes a análise de medidas repetidas da produção total em cada cacho do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

F.V.	Critério de Mauchly			
	G.L.	B <sub>1</sub>	G.L.	B <sub>2</sub>
Variáveis transformadas	35	0,0135159**	35	0,0276772**
Componentes ortogonais	35	0,0190778**	35	0,1828466

\*\* = significativo a 1%, pelo teste  $\chi^2$ .

Quadro 20A – Resumo das análises multivariadas referentes a produção total de frutos em cada cacho do tomateiro, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

F.V.	Valor da análise multivariada			
	G.L.	B <sub>1</sub>	G.L.	B <sub>2</sub>
Tratamento (Coincidência)	81	0,0332669	81	0,0462836
Cacho (Horizontalidade)	8	0,0562106**	8	0,0247766**
Tratamento x cacho (Paralelismo)	72	0,0745109	72	0,0874145

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo critério de Lambda de Wilks.

Quadro 21A – Resumo das análises do teste de esfericidade referentes à análise de medidas repetidas da produção total de frutos obtida em diferentes épocas de colheita, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

F.V.	Critério de Mauchly			
	G.L.	B <sub>1</sub>	G.L.	B <sub>2</sub>
Variáveis transformadas	20	0,090156**	20	0,0319665**
Componentes ortogonais	20	0,324462	20	0,4031956

\*\* = significativo a 1%, pelo teste  $\chi^2$ .

Quadro 22A – Resumo das análises multivariadas referentes à produção total de frutos obtida em diferentes épocas de colheita, em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

F.V.	Valor da análise multivariada			
	G.L.	B <sub>1</sub>	G.L.	B <sub>2</sub>
Tratamento (Coincidência)	63	0,025570**	63	0,0785497
Época (Horizontalidade)	6	0,169814**	6	0,1728079**
Tratamento x época (Paralelismo)	54	0,004982*	54	0,1782542

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo critério de Lambda de Wilks.

Quadro 23A – Resumo das análises de variância referentes a eficiência de uso (EUSN), de utilização (EUTN), de absorção (EABN), de utilização para produção de folhas (EUFOL), caule (EUCAU), frutos (EUFRU) e parte aérea (EUPA) e índice de colheita do N (ICN), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios							
			EUSN	EUTN	EABN	EUFOL	EUCAU	EUFRU	EUPA	ICN
B <sub>1</sub>	Tratamentos	9	3.630,6**	6.898,6*	142,5**	0,0007**	0,060	3,57**	12,18**	0,0049*
	Blocos	3	441,6	936,3	19,7	0,0001	0,005	1,18	2,99	0,0002
	Resíduo	27	372,1	2.887,5	11,9	0,0002	0,027	1,08	2,25	0,0022
-----										
B <sub>2</sub>	Tratamentos	9	140.042,3**	5.526,0	7.491,4**	0,0147	0,0014	6,07	9,09	0,0016
	Blocos	3	5.672,2	1.091,2	422,8	0,0149	0,0013	2,24	6,80	0,0007
	Resíduo	26	5.842,2	3.581,7	325,0	0,0113	0,0011	4,04	5,45	0,0013

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 24A – Resumo das análises de variância referentes à eficiência agrônômica (EAGN), fisiológica (EFIN) e de recuperação relativa do N (ERRN), em função de critérios para o manejo da adubação nitrogenada, experimentos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>

Experimentos	F.V.	G.L.	Quadrados médios		
			EAGN	EFIN	ERRN
B <sub>1</sub>	Tratamentos	8	106.524,1**	12.720,9*	482,7**
	Blocos	3	7.015,5	87.751,0**	247,3
	Resíduo	24	2.553,7	4.832,8	88,4
-----					
B <sub>2</sub>	Tratamentos	8	171.748,7*	730.061,7**	10.748,9**
	Blocos	3	175.418,8	42.116,3	3.939,1
	Resíduo	24	58.571,5	41.298,8	2.159,5

\*\* e \* = significativos a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.