

MAGNA MARIA MACEDO FERREIRA

**ÍNDICES DE NITROGÊNIO PARA O DIAGNÓSTICO DO ESTADO  
NUTRICIONAL DO TOMATEIRO EM PRESENÇA E AUSÊNCIA  
DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Tese apresentada à 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  
MARÇO - 2001

A Gilvan,  
pela amizade,  
pelo carinho,  
pelo amor.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por ter me permitido realizar mais este sonho.

A Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de cursar o doutorado em Fitotecnia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes, não apenas pela orientação, pelo apoio e pelas sugestões dadas a esta pesquisa científica em todas as suas fases, mas também pela sua amizade e pelo seu apoio nos momentos de dificuldades

Aos professores conselheiros Tocio Sedyama e Vicente Wagner Dias Casali e aos examinadores Prof. Derly José Henrique da Silva e Dr. Ruy Rezende Fontes pelas valiosas sugestões dadas.

Aos funcionários da Horta do Fundão pela grande ajuda dada durante a fase de campo desta investigação científica e também pela amizade. Em especial a Wilson, Expedito e Joel.

Ao técnico agrícola Paulo Márcio pelo apoio técnico prestado durante a fase de campo.

Ao graduando em Agronomia Mauro Henrique Pinheiro pela dedicação e ajuda prestadas durante a fase experimental.

Aos amigos Ronaldo, Dilza, Célida, Raunira, Paulo Augusto, Aline, Luís,

Natália, Lúcia, Fábio, Vandberg, Vamberto, Keila, por terem tornado mais agradável o meu doutorado aqui em Viçosa.

Ao meu querido esposo Gilvan pela ajuda nas análises químicas e estatísticas e por todos os momentos felizes que passamos juntos aqui em Viçosa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

MAGNA MARIA MACEDO FERREIRA, nasceu em 01 de outubro de 1969, em Recife-PE.

Cursou o primeiro e o segundo graus em Campina Grande-PB.

Em Março de 1993, concluiu o curso de Agronomia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.

Em Julho de 1995, concluiu o curso de Mestrado em Fitotecnia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

Em Março de 1996, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, concluindo-o em março de 2001.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
EXTRATO .....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
PRODUÇÃO DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO .....	4
RESUMO .....	4
SUMMARY .....	5
INTRODUÇÃO .....	6
MATERIAIS E MÉTODOS .....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
CONCLUSÕES .....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO .....	41
RESUMO .....	41
SUMMARY .....	42
INTRODUÇÃO .....	43
MATERIAIS E MÉTODOS .....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46

	<b>Página</b>
CONCLUSÕES .....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
TEORES RESIDUAIS DE N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> EM SOLO CULTIVADO COM TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA MATÉRIA ORGÂNICA .....	59
RESUMO .....	59
SUMMARY .....	60
INTRODUÇÃO .....	60
MATERIAIS E MÉTODOS .....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
CONCLUSÕES .....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ÍNDICES DE NITROGÊNIO NA SEIVA E NA MATÉRIA SECA DE FOLHAS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO .....	75
RESUMO .....	75
SUMMARY .....	76
INTRODUÇÃO .....	78
MATERIAIS E MÉTODOS .....	80
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	82
CONCLUSÕES .....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
ÍNDICE SPAD E TEOR DE CLOROFILA NO LIMBO FOLIAR DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA, EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO .....	106
RESUMO .....	106
SUMMARY .....	107
INTRODUÇÃO .....	108
MATERIAIS E MÉTODOS .....	110
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	112
CONCLUSÕES .....	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	121
RESUMO E CONCLUSÕES.....	124
APÊNDICE .....	129

## EXTRATO

FERREIRA, Magna Maria Macedo, D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Índices de nitrogênio para o diagnóstico do estado nutricional do tomateiro em presença e ausência de adubação orgânica.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Conselheiros: Tocio Sedyama e Vicente Wagner Dias Casali

Foram conduzidos dois experimentos, em duas épocas, primavera/verão (nov/98 a fev/99) e outono/primavera (mai/99 a out/99). Em cada época, foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio, na ausência e presença da adubação orgânica, sobre a produção de frutos de tomate e sobre os índices de nitrogênio, teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-orgânico (N-org) na matéria seca do limbo, e SPAD nas folhas. Os experimentos foram instalados na Horta da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico que continha 19,91 e 12,31  $\text{mg/dm}^3$  de N mineral na camada de 0-20 cm. Foram testadas cinco doses de N (0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha), na forma de nitrocálcio, e duas de matéria orgânica (0 e 8 t/ha, em base seca), na forma de esterco bovino curtido. Cada experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso, no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. Na primavera/verão, as produções comercial máxima e equivalente a frutos extra AA de máxima eficiência econômica (PEAA de MEE) atingiram 25,10 e 14,70 t/ha com 464,2 e 355,2 kg/ha de N, respectivamente, sem adição de matéria orgânica ao solo, e

25,87 e 15,48 t/ha com 513,3 e 310,2 kg/ha de N, respectivamente, com adição de matéria orgânica. No experimento de outono/primavera, a máxima produção comercial e a PEAA de MEE atingiram 78,87 e 42,12 t/ha com 533,9 e 525,8 kg/ha, respectivamente, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 87,08 e 47,41 t/ha com 575,3 e 523,4 kg/ha de N, respectivamente, com adição. Em ambos os experimentos e nos dois níveis de matéria orgânica, os valores dos índices de nitrogênio no tomateiro foram influenciados por doses de N e decresceram com a idade da planta. Os níveis críticos dos teores de  $N-NO_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo, de N-org na matéria seca do limbo e dos índices SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 variaram de 2115 a 3481 mg/L; 2311 a 15756 mg/kg; 3,84 a 6,14 dag/kg e 41,3 a 52,2 unidades SPAD, respectivamente. O teor de  $N-NO_3^-$  na seiva do pecíolo e o índice SPAD, determinados com os medidores portáteis, podem ser usados como índices de prognóstico da produção de frutos de tomate.

## ABSTRACT

FERREIRA, Magna Maria Macedo, D.S., Federal University of Viçosa, march, 2001. **Nitrogen index to the diagnosis of the nutritional status of tomato plants with and without organic fertilization.** Mentor: Paulo Cezar Rezende Fontes. Advisor Members: Tocio Sedyama and Vicente Wagner Dias Casali.

Two experiments were conducted, in two times, spring/summer (from nov/98 to feb/99) and autumn/spring (from may/99 to oct/99). In each time, the nitrogen doses effects were evaluated, with and without organic fertilization, on the production of tomato plants and on the nitrogen index,  $N-NO_3^-$  content in the sap and in the dry matter of the petiole, organic N in the dry matter of the limb and SPAD of the leaves. The experiments were installed at the garden of the Federal University of Viçosa, in a Cambic Red-Yellow Argisol which had 19,91 and 12,31  $mg/dm^3$  of mineral N in the 0-20 cm layer. Five doses of N were tested (0, 110, 220, 440 and 880 kg/ha), in nitrocalcium form, and two doses of organic matter (0 and 8 t/ha, in dry base), in the form of bovine manure. Each experiment had randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design, with four replications. In the spring/summer experiment, the maximum commercial productions and equivalent to extra AA fruits of maximum economical efficiency (PEAA of MEE) reached 25,10 and 14,70 t/ha with 464,2 and 355,2 kg/ha of N, respectively, without addition of organic matter to the soil, and 25,87 and 15,48 t/ha

with 513,3 and 310,2 kg/ha of N, respectively, with addition of organic matter. In the autumn/spring experiment, the maximum commercial production and the PEAA of MEE reached 78,87 and 42,12 t/ha with 533,9 and 525,8 kg/ha, respectively, without addition of organic matter to the soil, and 87,08 and 47,41 t/ha with 575,3 and 523,4 kg/ha of N, respectively, with addition. In both experiments and in the two levels of organic matter, the nitrogen index of tomato plants were influenced by doses of N and decreased with the plant age. The critical levels of  $\text{N-NO}_3^-$  content in the sap and in the dry matter of the petiole, of organic N in the dry matter of the limb and the SPAD index in the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5 ranged from 2115 to 3481 mg/L; 2311 to 15756 mg/kg; 3,84 to 6,14 dag/kg and 41,3 to 52,2 SPAD units, respectively. The  $\text{N-NO}_3^-$  content in the sap of petiole and the SPAD index, determined by portable measurer, can be used as prognosis index of tomato plants production.

## INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é hoje, provavelmente, a hortaliça mais conhecida e de maior consumo no mundo, devido à multiplicidade do aproveitamento na alimentação humana, apresentação, aroma e sabor característicos e ao seu valor nutritivo. No ano de 1997, a área colhida com tomate no mundo atingiu, aproximadamente, 3,2 milhões de ha, com a produção total de 88,2 milhões de toneladas e produtividade de 27.563 kg/ha (FAO, 1997). No Brasil, segundo o IBGE (1998), a área colhida é 60.529 ha; a produção, 2.692.015 t; e a produtividade, aproximadamente, 44.475 kg/ha. Os estados que detêm as maiores produtividades são o Distrito Federal com 63.511 kg/ha e Goiás com 59.595 kg/ha. Em Minas Gerais, a produtividade da cultura é 46.027 kg/ha, figurando em 7º lugar no “ranking” nacional.

O tomateiro é uma das lavouras mais suscetíveis ao ataque de pragas e, principalmente, de doenças que provocam perdas consideráveis para os agricultores. Em especial nas grandes lavouras, quando o controle e o combate não são feitos de forma racional e sistemática, plantações inteiras podem ser destruídas em prazos curtos. Todas as partes da planta podem ser atacadas, no entanto, a intensidade dos danos vai depender das condições climáticas. Altas temperaturas e umidade relativa, típicas do período considerado “não ótimo” para o desenvolvimento do tomateiro, favorecem o aparecimento de algumas doenças,

tais como murcha bacteriana, talo-oco, mancha bacteriana, pinta preta, mancha-de-estenfílio e murcha-de-esclerócio, e de nematóides.

O cultivo do tomate também é de alto risco em razão da grande influência exercida pelas condições do ambiente sobre o crescimento e a produtividade, refletindo diretamente nos preços do produto no mercado. De forma a aumentar quantitativa e qualitativamente a produtividade e maximizar os lucros, é importante que sejam definidas as quantidades apropriadas de insumos. Dentre os insumos utilizados na cultura, a matéria orgânica e o nitrogênio têm papéis destacados, sendo o N o segundo nutriente mais absorvido pelo tomateiro, ficando atrás apenas do potássio. Pela participação no crescimento e desenvolvimento, o tomateiro requer quantidades elevadas de nitrogênio, mas o teor de N nos solos tropicais não é suficiente para suprir tal requerimento.

Desta forma, tem sido desenvolvido estratégias para suplementar total ou parcialmente o nitrogênio às culturas. A técnica mais utilizada pelos agricultores é a aplicação de fertilizante químico, sendo requerida adequada quantidade de N para o crescimento e alta produtividade do tomateiro.

No entanto, na prática, este elemento é adicionado, muitas vezes, em grandes quantidades durante o período de desenvolvimento da cultura, acarretando excessivo crescimento vegetativo e atraso no aparecimento da primeira inflorescência, na frutificação e no amadurecimento do fruto (He et al., 1999), aumentando o custo de produção, além de representar risco ao ambiente (Aguilar e Sánchez, 1998), pois contribui, substancialmente, para a poluição da água superficial do solo e do lençol freático.

A matéria orgânica representa uma fonte de nitrogênio, supre constantemente este nutriente às plantas e talvez possa substituir com eficiência parte da adubação nitrogenada na cultura do tomateiro, resultando em maior produtividade e melhor qualidade dos frutos e menor risco ambiental. Com ou sem aplicação de matéria orgânica, o manejo da fertilização nitrogenada na cultura do tomateiro poderia ser melhorado se fossem utilizadas as análises do solo e da planta como critérios determinantes do manejo do nitrogênio na cultura.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de

doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre o crescimento, a produção, a qualidade de frutos, os teores de nitrogênio no solo e nas folhas e os teores de clorofila nas folhas do tomateiro, em duas épocas de plantio: primavera/verão e outono/primavera.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, S.J.E., SÁNCHEZ, P.M. de. Efecto de una rizobacteria nitrofixadora y niveles de fertilizante en el comportamiento agronomico del tomate *Lycopersicon esculentum* var. Santa Clara. **Acta Agronomica**, v.48, n.1&2, 1998.
- FAO. **Production Yearbook**. Rome, Italy, v.51, n.142, p.125, 1997.
- HE, Y., TERABAYASHI, S., ASAKA, T., NAMIKI, T. Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentrations in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.4&5, p.799-811. 1999.
- IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, v.58, p. 3-33, 1998.

# PRODUÇÃO DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO

## RESUMO

A produção de frutos de tomateiro em resposta a doses de nitrogênio e a adubação orgânica foi avaliada em dois experimentos de campo conduzidos em duas épocas: primavera/verão (nov/98 a fev/99) e outono/primavera (mai/99 a out/99). Os dois experimentos foram instalados na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico. Em ambos, as doses de N aplicadas, na forma de nitrocálcio, foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha e as doses de matéria orgânica, na forma de esterco bovino curtido, foram 0 e 8 t/ha de matéria seca. Os experimentos seguiram o delineamento em blocos ao acaso, no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. A produtividade foi influenciada pelas doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica, nas duas épocas. No experimento de primavera/verão, as máximas produções total, comercial, extra e equivalente a frutos extra AA (PEAA) foram 44,78; 25,10; 23,52 e 15,20 t/ha, obtidas com as doses de 530,2; 464,2; 434,8 e 603,4 kg/ha de nitrogênio, respectivamente, sem adição de matéria orgânica; e 45,75; 25,87; 24,53 e 15,98 t/ha, obtidas com as doses de 574,2; 513,3; 599,8 e 564,8 kg/ha de nitrogênio, respectivamente, com adição de matéria orgânica. No experimento de outono/primavera, as produções foram 99,37; 78,87; 69,93 e 42,26 t/ha, obtidas com as doses de 525,4; 533,9; 557,5 e 584,8 kg/ha de nitrogênio, respectivamente, sem adição de matéria orgânica; e 108,74; 87,08; 78,09 e 47,52 t/ha, obtidas com as doses de 589,6; 575,3; 557,4 e 571,1 kg/ha de nitrogênio, respectivamente, com adição de matéria orgânica. As produções de frutos não comerciais foram maiores com o aumento nas doses de N no experimento de outono/primavera, nas duas doses de matéria orgânica e, no experimento de primavera/verão, apenas na dose zero de matéria orgânica. O incremento relativo na produtividade de frutos extra AA advindo da adubação nitrogenada no experimento de primavera/verão foi 15,23 e 13,22 e, no de outono/primavera, 22,90 e 27,67, sem e com adição de matéria orgânica, respectivamente.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, tomate, adubação nitrogenada, esterco bovino.

# **PRODUCTION OF TOMATO PLANTS IN FUNCTION OF NITROGEN DOSES AND ORGANIC FERTILIZATION IN TWO SOWING TIMES**

## **SUMMARY**

The tomato plants production as a result of nitrogen doses and organic fertilization were evaluated in two experiments conducted in two times: spring/summer (from nov/98 to feb/99) and autumn/spring (from may/99 to oct/99). The experiments were installed at the Horta do Fundão of the Federal University of Viçosa in a Cambic Red-Yellow Argisol. In both, the N doses applied, in the nitrocalcium form, were 0, 110, 220, 440 and 880 kg/ha and the doses of organic matter, in the form of hardened bovine manure, were 0 and 8 t/ha of dry matter. The experiments had randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design, with four replications. The productivity was influenced by N doses, in the two levels of organic matter, in the times. In the spring/summer experiment, the maximum total, commercial and extra productions and equivalent to extra AA (PEAA) fruits were 44,78; 25,10; 23,52 and 15,20 t/ha, obtained with the doses of 530,2; 464,2; 434,8 and 603,4 kg/ha of nitrogen, respectively, without addition of organic matter; and 45,75; 25,87; 24,53 and 15,98 t/ha, obtained with doses of 574,2; 513,3; 599,8 and 564,8 kg/ha of nitrogen, respectively, with addition of organic matter. In the autumn/spring experiment, the productions were 99,37; 78,87; 69,93 and 42,26 t/ha, obtained with the doses of 525,4; 533,9; 557,5 and 584,8 kg/ha of nitrogen, respectively, without addition of organic matter; and 108,74; 87,08; 78,09 and 47,52 t/ha, obtained with the doses of 589,6; 575,3; 557,4 and 571,1 kg/ha of nitrogen, respectively, with addition of organic matter. The non-commercial fruits production were greater as N doses increased in the autumn/spring experiment, in the two doses of organic matter and, in the experiment of spring/summer, only in zero dose of organic matter. The relative increase in extra AA fruit production resulted from nitrogen fertilization was 15,23 and 13,22 and, in the autumn/spring, 22,90 and 27,67, without and with addition of organic matter, respectively.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, tomato, nitrogen fertilization, bovine manure.

## INTRODUÇÃO

O crescimento e a produção do tomateiro e de outras culturas de importância econômica dependem, além de outros fatores, de adequado suprimento de nutrientes pelo solo às plantas. Sendo assim, para se obter alta produção de frutos comercializáveis no tomateiro, é necessário conhecer os seus requerimentos nutricionais (Gomez-Lepe e Ulrich, 1974). Levando-se em conta os processos fisiológicos das plantas, o nitrogênio, comparado com os outros nutrientes, tem maior efeito sobre as taxas de crescimento e absorção de outros nutrientes, sendo, portanto, mais importante em termos de controle da nutrição ótima das culturas (Huett e Dettmann, 1988).

O crescimento e a produção em resposta ao N têm sido bastante pesquisados em muitas espécies vegetais cultivadas e algumas silvestres. No tomateiro, a elevação no nível de N fornecido às plantas aumenta o peso de matéria seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos, a altura da planta, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e a produtividade. Sob condições de campo, a nutrição ótima dessa cultura pode ser alcançada quando a quantidade aplicada de fertilizantes nitrogenados é igual a alta demanda que ocorre durante o período de crescimento dos frutos (Huett e Dettmann, 1988, Singh e Sharma, 1999).

Suprimento inadequado de N no começo da fase reprodutiva do tomateiro, ou seja, durante o desenvolvimento da primeira inflorescência, traz conseqüências imediatas ao crescimento e desenvolvimento da planta, reduzindo as taxas de expansão foliar e de crescimento da parte aérea. Tal escassez ainda provoca nas folhas síntese de polifenóis, os quais inibem os reguladores do crescimento, coloração amarelada e aumento na quantidade de amido nos cloroplastos, demonstrando que o metabolismo é profundamente modificado. A rápida resposta do tomateiro é devido à pequena reserva de N durante o período de desenvolvimento da primeira inflorescência (Quijada et al., 1992).

As exigências nutricionais do tomateiro podem ser supridas pela adição ao solo de fertilizante químico, de matéria orgânica ou de ambos. A produção de

frutos é possível com a prática alternativa de fertilização do solo com matéria orgânica (Rahman et al., 1997; Hunter e Tuivavalagi, 1998) devido à alta concentração de N normalmente presente na mesma (Atiyeh et al., 2000). A disponibilidade de N para as plantas depende da taxa de mineralização da matéria orgânica, que vai depender da quantidade de N imobilizado disponível na mesma; da temperatura, da umidade, do pH e da aeração do solo; das perdas do N por lixiviação e da razão C:N do material. É ainda constatado, no tomateiro, que os valores mais altos de produtividade são obtidos quando se adiciona N mineral à matéria orgânica (Salek et al., 1981; Francis e Cooper, 1998). Há grande variação na quantidade de N recomendada para a cultura do tomateiro, não considerando variações existentes nas épocas do ano.

O tomateiro, devido à sua importância econômica, é explorado em ampla faixa de condições climáticas. No entanto, para que os rendimentos sejam ótimos, esta cultura tem requerimentos específicos. Na região Sudeste, em altitudes em torno de 600 m, as melhores produções são obtidas na época do ano em que a precipitação e a temperatura são mais baixas, normalmente no período de outono/primavera. A chamada “época não ótima” caracteriza-se por elevadas temperatura, umidade relativa, radiação solar e precipitação pluviométrica, condições consideradas adversas ao cultivo do tomateiro por favorecer o desenvolvimento de pragas e doenças, acelerar os processos de respiração, floração e formação dos frutos (Sam e Iglesias, 1994), causar desenvolvimento vegetativo reduzido, aumentar a taxa de abortos florais e produzir frutos de baixa qualidade, diminuindo, desta forma, os rendimentos econômicos das sementeiras desta época (Dominí et al., 1993). Este período do ano também causa, nos tecidos do tomateiro, decréscimo nos teores de N, aminoácidos e proteínas, e aumento nos teores de prolina, indicando estresse ambiental (Supatra et al., 1998). Talvez, nesta época do ano, a quantidade de N deva ser diferente da utilizada na época mais favorável.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre a produção do tomateiro em duas épocas de plantio: primavera/verão e outono/primavera.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos, em duas épocas: o primeiro, na primavera/verão e, o segundo, no outono/primavera. Esses experimentos foram instalados em áreas localizadas na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa.

### **Caracterização climática**

O experimento de primavera/verão foi conduzido no campo, no período de 13 de novembro de 1998 a 11 de fevereiro de 1999. O de outono/primavera foi conduzido entre 14 de maio e 27 de outubro de 1999.

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação de Viçosa durante o período de condução dos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera, obtidos da estação principal de meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, encontram-se nos Quadros 1 e 2, respectivamente.

### **Caracterização dos solos**

Os dois experimentos foram conduzidos em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico (Quadros 3 e 4), em duas áreas distintas. As amostras de solo foram retiradas antes da aplicação dos tratamentos.

### **Tratamentos estudados**

Nos dois experimentos, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença ou não de adubação orgânica. Foram testadas as doses de N correspondentes a 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha. A fonte desse nutriente foi o nitrocálcio. Os dois níveis de matéria orgânica foram 0 e 8 t/ha de matéria seca de esterco bovino curtido, em base seca. A caracterização química desse adubo orgânico, colocado nos dois experimentos, encontra-se no Quadro 5. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, perfazendo 40 parcelas.

Quadro 1 – Temperatura do ar, umidade relativa do ar e quantidade total de chuva (precipitação) durante os meses de condução do experimento de primavera/verão (1998/1999)<sup>1/</sup>

Mês de observação	Temperaturas			Umidade Relativa	Precipitação
	Mínima	Média	Máxima		
	-----°C-----			-----%-----	-----mm-----
Nov/98	17,0	20,4	26,0	84,7	216,9
Dez/98	18,3	22,4	28,9	82,5	105,3
Jan/99	18,9	22,4	30,3	78,3	154,2
Fev/99	18,4	21,9	29,9	78,1	88,1
Média	18,2	21,8	28,8	80,9	141,1
D. padrão	0,8	0,9	1,9	3,2	57,8
Total	-	-	-	-	564,5

<sup>1/</sup>Dados obtidos da estação principal de meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa

Quadro 2 – Temperatura do ar, umidade relativa do ar e quantidade total de chuva (precipitação) durante os meses de condução do experimento de outono/primavera (1999)

Mês de observação	Temperaturas			Umidade Relativa	Precipitação
	Mínima	Média	Máxima		
	-----°C-----			-----%-----	-----mm-----
Mai/99	11,7	16,4	25,3	80,2	2,0
Jun/99	11,5	16,1	24,5	82,8	13,2
Jul/99	12,4	16,4	24,4	81,8	4,2
Ago/99	8,9	14,8	25,9	71,8	0,0
Set/99	12,8	17,3	27,1	67,0	50,7
Out/99	14,7	17,6	25,0	74,6	118,0
Média	12,0	16,4	25,4	76,4	31,4
D. padrão	1,9	1,0	1,0	6,3	46,5
Total	-	-	-	-	188,1

<sup>1/</sup>Dados obtidos da estação principal de meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa

Quadro 3 – Características químicas das amostras dos solos utilizados dois experimentos

Experimento	Características químicas									
	N mineral <sup>1/</sup>			P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	pH
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm							
	-----kg/ha-----			mg/dm <sup>3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----				
Primavera/verão	39,81	-	-	21	51	0,9	0,0	0,3	3,3	4,3
Outono/primavera	24,62	15,04	13,12	86	85	0,9	0,0	0,3	3,3	5,8

<sup>1/</sup> Obtido a partir do somatório dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, e da multiplicação dos valores obtidos pelo volume de solo presente em cada um dos horizontes amostrados. P e K: extrator Melich-1; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>: extrator KCl 1 mol/L; H + Al: extrator Ca (Oac)<sub>2</sub> 0,5 mol/L a pH 7,0; pH em água, relação 1:2,5.

Quadro 4 – Granulometria das amostras de solos dos experimentos

Experimento	Fração textural		
	Argila	Silte	Areia
	-----%-----		
Primavera/verão	50	16	34
Outono/primavera	51	12	37

Quadro 5 – Teores de umidade, de matéria orgânica (M.O.) e de nutrientes na matéria seca dos esterco bovinos utilizados nos dois experimentos

Experimento	Umidade	M.O.	N <sup>1/</sup>	P <sup>2/</sup>	K <sup>2/</sup>	Ca <sup>2/</sup>	Mg <sup>2/</sup>
	-----%-----		-----dag/kg-----				
Primavera/verão	44	22,16	1,63	1,20	2,81	3,18	1,83
Outono/primavera	17	49,45	2,06	0,84	2,35	0,83	0,57

<sup>1/</sup> Extraído com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado; <sup>2/</sup> Extração nítrico-perclórica 3:1

## **Obtenção e transplântio das mudas e dimensões das parcelas**

Em 15 de outubro de 1998 e 16 de abril de 1999, sementes de tomate cv. Santa Clara foram semeadas em copos de jornal contendo substrato esterilizado, na densidade de duas sementes por copo, nos experimentos de primavera/verão e outono/primavera, respectivamente. As mudas foram transplantadas em 13 de novembro de 1998 e 14 de maio de 1999 nos respectivos experimentos, no espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,5 m entre plantas, no total de 28 plantas por parcela (4 fileiras com 7 plantas cada), sendo consideradas úteis as 10 plantas centrais da parcela. As dimensões de cada parcela foram 4 m de largura e 3,5 m de comprimento, ocupando área total de 14 m<sup>2</sup>, sendo 5 m<sup>2</sup> de área útil.

## **Condução do experimento**

Em função da análise do solo, foi determinada a necessidade de calagem dos experimentos. A calagem foi realizada em 21 de outubro de 1998 no experimento de primavera/verão e em 05 de maio de 1999 no de outono/primavera, aplicando-se calcário dolomítico (PRNT=100%; 38,16% de CaO e 14,00% de MgO), a lanço, de forma a elevar para 70% a saturação de bases, fazendo-se a sua incorporação por meio de uma aração e duas gradagens.

Depois dos solos preparados, foram aplicadas, nos sulcos, as adubações de transplante, em 06 de novembro de 1998 e 13 de maio de 1999 nos experimentos de primavera/verão e outono/primavera, respectivamente, as quais constaram da aplicação de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples, 250 kg/ha de sulfato de magnésio, 10 kg/ha de bórax, 15 kg/ha de sulfato de zinco e 0,5 kg/ha de molibdato de amônio. Foi incorporado o inseticida de solo Carbofuran, na dose recomendada pelo fabricante.

As doses de N foram parceladas da seguinte maneira: 10% no momento do transplante, nos sulcos, e 15% aos 21, 35, 49, 63, 77 e 91 dias após o transplante (DAT), em cobertura, ao lado das plantas, em meia-lua. A dose de

K<sub>2</sub>O (250 kg/ha) foi parcelada na mesma proporção do N, utilizando-se o cloreto de potássio.

Nos dois experimentos, o tomateiro foi conduzido em haste única, com tutoramento em cerca cruzada, tendo sido podado três folhas acima da sexta inflorescência. As irrigações por sulco foram realizadas quando necessárias, em complementação ao volume de água precipitado pelas chuvas.

Após a última colheita de frutos, em ambos os experimentos, as plantas úteis de cada parcela foram colhidas, cortando os caules rente ao solo, e colocadas em sacos individuais. Cada saco foi pesado para a determinação do peso de matéria fresca de todas as plantas da parcela. Posteriormente, tomou-se, de cada parcela, uma planta ao acaso, a qual foi secada em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante, para determinação da percentagem de matéria seca. Esse valor foi utilizado no cálculo do peso de matéria seca de todas as plantas remanescentes da parcela e, em seguida, calculou-se o peso médio de matéria seca de cada parcela.

### **Colheita e classificação dos frutos**

Os frutos foram colhidos quando a coloração estava avermelhada, no experimento de primavera/verão e cor-de-cana, no experimento de inverno/primavera devido ao ataque de pardais neste período do ano, no local. As colheitas foram realizadas nas seguintes datas:

**Experimento de primavera/verão:** aos 62 (15 jan/99), 67(20 jan/99), 72 (25 jan/99), 80 (03 fev/99) e 88 (11 fev/99) dias após o transplântio.

**Experimento de outono/primavera:** aos 94 (18 ago/99), 100 (24 ago/99), 106 (30 ago/99), 112 (06 set/99), 119 (13 set/99), 127 (21 set/99), 134 (28 set/99), 142 (06 out/99), 151 (15 out/99) e 163 (27 out/99) dias após o transplântio.

Nos dois experimentos, os frutos sem defeitos foram classificados de acordo com o diâmetro transversal (Quadro 6). Foi considerada como produção de frutos extra, o somatório dos pesos dos frutos das quatro primeiras classes e

QUADRO 6 – Classificação dos frutos de tomate sem defeitos, de acordo com o maior diâmetro transversal<sup>1/</sup>

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

<sup>1/</sup> Adaptado da Portaria Ministerial n° 553 de 30/08/95 do M.A.R.A.

<sup>2/</sup>, <sup>3/</sup> e <sup>4/</sup> No texto são referidos como Extra AA, Extra A e Médio-extra, respectivamente.

como produção comercial o somatório dos pesos dos frutos das seis primeiras classes. Apesar de as classes médio especial e pequeno, geralmente, não serem comercializadas nas Centrais de Abastecimento, a legislação brasileira as classifica como comerciais, aplicando-se bem à época de condução do experimento de primavera/verão, visto ser a época de menor oferta de tomate de qualidade. A produção não-comercial de frutos correspondeu ao somatório dos pesos dos frutos com diâmetro < 40 mm (refugo) e dos frutos desqualificados devido a ocorrência de podridão apical, broca, rachaduras, *Alternaria solani* e outras anomalias. A produção total foi obtida pelo somatório das produções comercial e não-comercial.

Calculou-se também a produção ponderada ou equivalente dos frutos extra AA (PEAA), utilizando-se os fatores de ponderação de 1,000; 0,625 e 0,375, baseando-se nos preços das classes extra AA (US\$ 4,37/cx), extra A (US\$ 2,73/cx) e extra (US\$ 1,64/cx) do tomate tipo Santa Cruz, comercializado em caixa tipo K, obtidos no mês de junho de 2000 junto a CEASA de Belo Horizonte (CEASA, 2000).

## **Cálculo do incremento relativo na produtividade advindo da adubação nitrogenada**

Calculou-se o incremento relativo na produtividade advindo da adubação nitrogenada (IRPAN) visando estabelecer o acréscimo obtido na PEAA por kg de N aplicado. Para tal, utilizou-se a diferença entre as produções equivalentes a frutos extra AA (PEAA) estimadas com a dose de N para a máxima eficiência física (MEF) e com a dose zero, e a diferença entre essas doses, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{IRPAN} = \frac{\text{PEAA com a dose de MEF} - \text{PEAA na dose zero}}{\text{Dose de MEF} - \text{Dose zero}}$$

Sendo: PEAA expressa em kg/ha de frutos; dose de MEF de N expressa em kg/ha e IRPAN expresso em kg de frutos extra AA/kg de N aplicado.

### **Procedimento estatístico**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão, sendo que foram ajustados relacionando-se as variáveis dependentes às doses de N aplicadas, em cada nível de matéria orgânica. Os modelos de regressão testados foram: lineares, quadráticos e raiz-quadráticos. Escolheu-se o modelo com base no significado biológico, na significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade, pelo teste t, e no maior coeficiente de determinação.

A dose de N que proporcionou a máxima produção física equivalente a frutos extra AA (produção de máxima eficiência física = MEF) foi obtida igualando-se a primeira derivada da equação correspondente a produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) ao valor zero. A dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (máximo retorno econômico = MEE) foi obtida igualando-se a primeira derivada da equação correspondente a PEAA a 0,004619953, correspondente a relação entre os preços do nitrogênio (US\$ 0,92/kg) e do tomate extra AA (US\$ 198,71/t) obtidos no mês de junho de 2000 junto a CEASA de Belo Horizonte (CEASA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

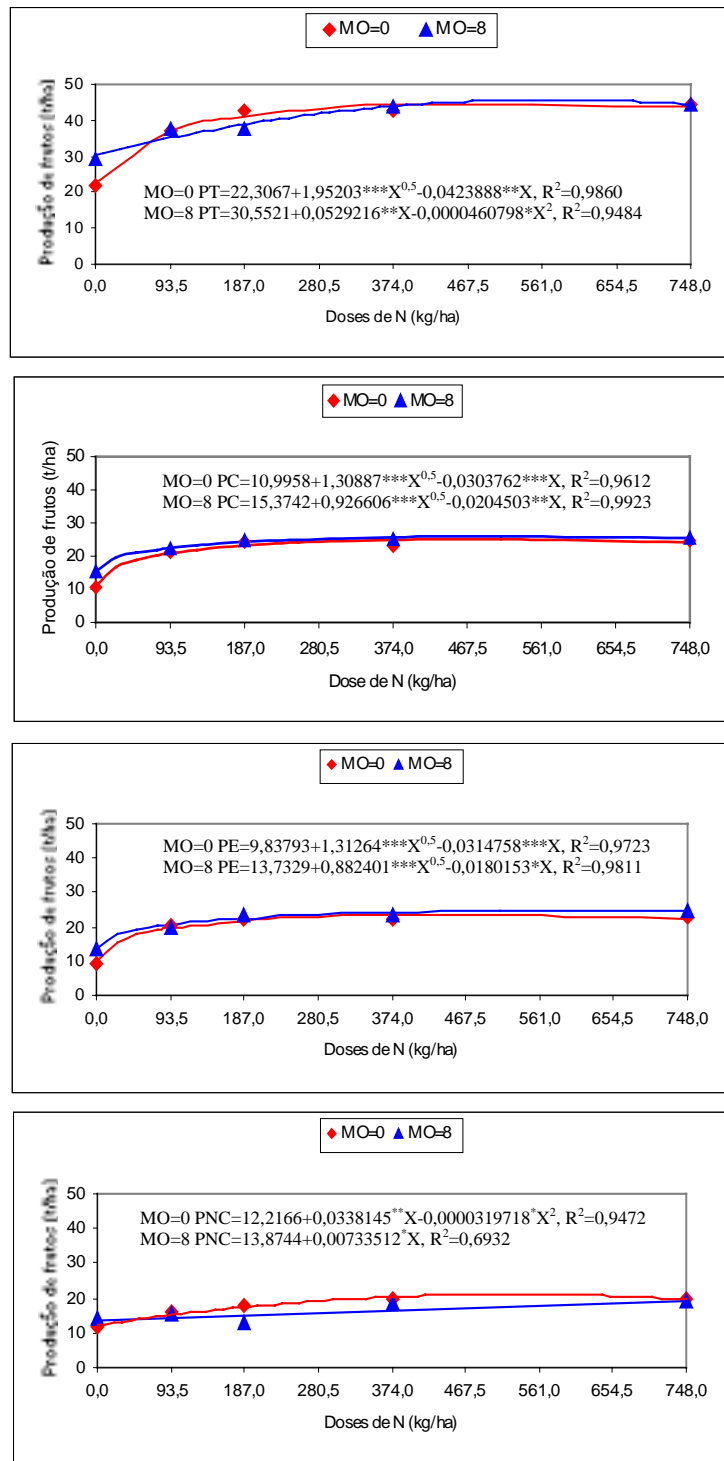
### EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO

#### Produção de frutos

A produção do tomateiro aumentou com a aplicação de N, nos dois níveis de matéria orgânica. Sem adubação orgânica, as máximas produções total, comercial e extra foram 44,78; 25,10 e 23,52 t/ha, obtidas com as doses 530,2; 464,2 e 434,8 kg/ha de nitrogênio, respectivamente. Com adição de matéria orgânica ao solo, tais produções foram 45,75; 25,87 e 24,54 t/ha, obtidas com as doses 574,2; 513,3 e 599,8 kg/ha de nitrogênio, respectivamente (Figura 1). Tais produções máximas estão aquém daquelas encontradas em condições de campo por Guimarães (1998) com o tomate híbrido Débora-Plus, no mesmo local e época do presente experimento. Esse autor encontrou os valores 62,9; 48,0 e 43,6 t/ha para as máximas produções total, comercial e extra, respectivamente, com a aplicação de 500 kg/ha de N.

Os baixos valores das produções máximas deveu-se, talvez, às condições climáticas reinantes nessa época do ano (altas temperaturas, umidade relativa do ar e precipitações, Quadro 1). Já foi demonstrado, em várias espécies, incluindo o tomateiro, que as altas temperaturas interferem negativamente no desenvolvimento reprodutivo da planta. Geralmente, quanto maior a temperatura, maior a percentagem de abortos florais (Willits e Peet, 1998). Estudo desenvolvido por Moore e Thomas (1952) indicou que temperaturas máximas e mínimas acima de 32 e 21°C, respectivamente, proporcionam baixa frutificação no tomateiro devido aos efeitos diretos sobre o pólen e outros tecidos reprodutivos, aos baixos níveis de carboidratos e aos desbalanços hormonais (Willits e Peet, 1998).

Também, as doses de N responsáveis pela máxima produção total, nos dois níveis de matéria orgânica, foram superiores aos 200 kg/ha, que é a dose de N recomendada para o tomateiro estaqueado, no Estado de Minas Gerais, em condições de campo, segundo a 4<sup>a</sup> e a 5<sup>a</sup> aproximações (Comissão de Fertilidade



\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 1– Produções total (PT), comercial (PC), “extra” (PE) e não-comercial (PNC) de frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

do Solo do Estado de Minas Gerais, 1989 e Filgueira et al., 1999, respectivamente), e aos 280-380 kg/ha de N, doses recomendadas para o tomateiro estaqueado no Estado de São Paulo, em condições de campo (Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996). Os elevados valores indicam baixa eficiência no uso do nitrogênio pelo tomateiro nesta época do ano, considerada pouco propícia ao desenvolvimento da cultura no campo. Possivelmente, as altas precipitações ocorridas durante o desenvolvimento do tomateiro (Quadro 1) contribuíram substancialmente para a lixiviação do  $\text{N-NO}_3^-$  aplicado e, conseqüentemente, para diminuição na eficiência do uso do fertilizante nitrogenado utilizado na adubação, conforme também constatado por Karaman et al. (1999), trabalhando com tomateiro nas condições da Turquia.

Considerando-se o ciclo da cultura (88 dias), as máximas produções total, comercial e extra corresponderam, respectivamente, a 508,9; 285,2 e 267,3 kg/ha/dia de permanência da cultura no campo, sem adição matéria orgânica ao solo, e 519,9; 294,0 e 278,9 kg/ha/dia de permanência da cultura no campo com adição. As produtividades comerciais estão abaixo do valor encontrado para produtividade comercial do tomateiro, no campo, por Sampaio (1996). A expressão da produtividade do tomateiro em kg/ha/dia de permanência da cultura no campo é mais adequada para a comparação de resultados de trabalhos de pesquisa do que em kg/ha, uma vez que dá noção de eficiência por unidade de área e tempo, e não apenas por unidade de área (Fontes, 1997).

O aumento da dose de N não alterou os pesos médios dos frutos das produções total e extra, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo, os quais permaneceram constantes. Já os pesos médios dos frutos da produção comercial, sem ou com adição de matéria orgânica, foram linearmente aumentados (Quadro 7), concordando com os resultados de Adams et al. (1973), os quais constataram o aumento no peso médio dos frutos comercializáveis com a aplicação de N. Como a elevação do suprimento de nitrogênio às plantas causa aumento no potencial fotossintético das mesmas, é de se esperar maior produção de esqueletos carbônicos nas folhas, aumentando-se o potencial da fonte e, conseqüentemente, o suprimento ao dreno, representado pelos frutos de tomate. Desta forma, espera-se

Quadro 7 – Equações de regressão relacionando o peso médio (PM) e o número de frutos (NF) das produções extra, comercial e total com as doses de N aplicadas, sem e com adição de matéria orgânica (MO, em t/ha) ao solo, do experimento de primavera/verão

MO (t/ha)	Característica	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
Produção extra			
0	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 135,08$	----
8	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 139,64$	----
0	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 77.762,0 + 10.131,6^{***} X^{0,5} - 266,049^{**} X$	0,9510
8	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 105.979 + 429,170^{***} X - 0,491341^{***} X^2$	0,9942
Produção comercial			
0	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 117,041 + 0,0329005^{*} X$	0,6433
8	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 117,752 + 0,0319425^{o} X$	0,3903
0	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 96.934,9 + 10.276,7^{***} X^{0,5} - 269,792^{**} X$	0,9032
8	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 134.087 + 441,301^{***} X - 0,518147^{***} X^2$	0,9897
Produção total			
0	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 108,04$	----
8	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 108,19$	----
0	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 220.170 + 17.204,7^{***} X^{0,5} - 400,919^{**} X$	0,9644
8	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 287.983 + 477,371^{**} X - 0,440367^{*} X^2$	0,9772

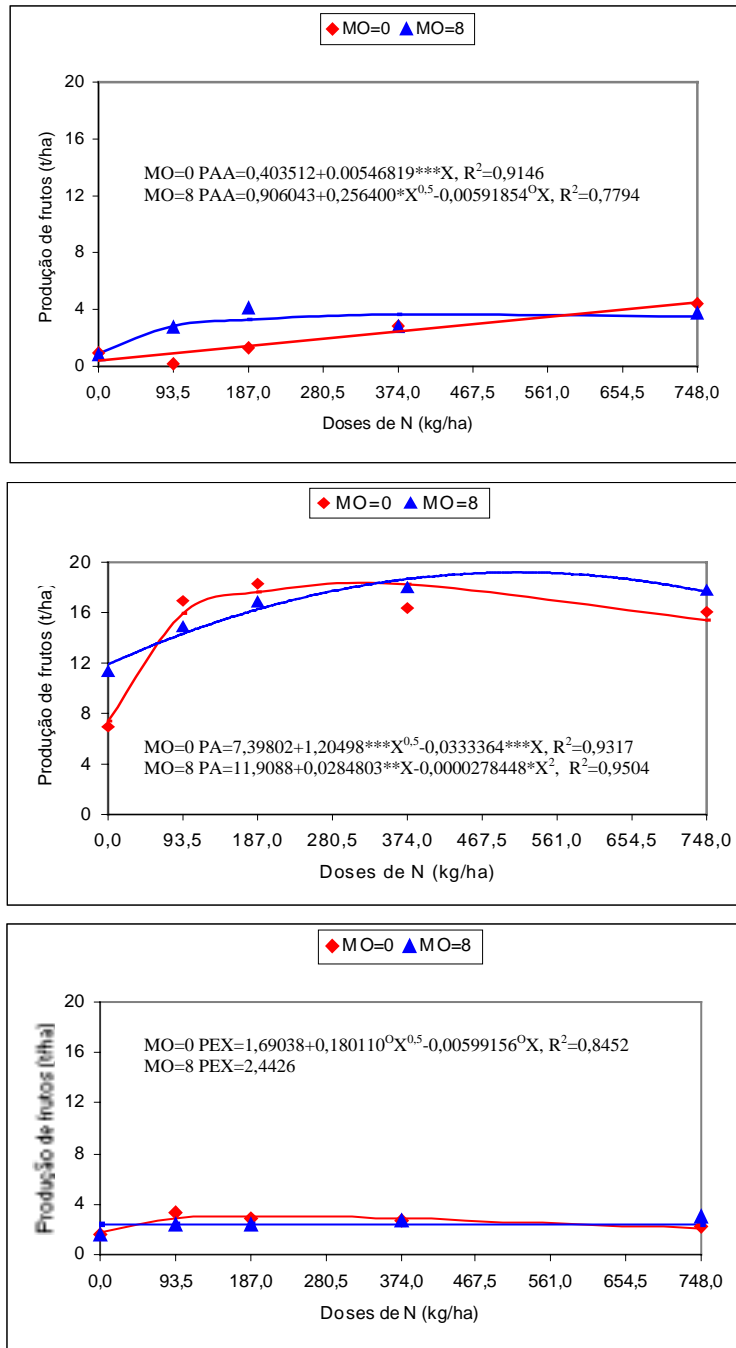
<sup>o</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

que haja aumento no peso médio dos frutos de tomateiro com o aumento na taxa de fertilização nitrogenada. Ainda no Quadro 7, pode-se observar que a aplicação de N aumentou o número de frutos das produções total, comercial e extra de frutos de tomate, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo. Adams et al. (1973) também encontraram aumento no número de frutos comerciais por planta e, conseqüentemente, na produtividade comercial do tomateiro com a aplicação de N. Felipe e Casanova (2000) constataram que o aumento no teor de N no solo aumentou a produção total do tomateiro não devido ao aumento no peso médio dos frutos, mas sim no número de frutos por planta. Essas respostas, encontradas em diferentes pesquisas, possivelmente estão relacionadas ao equilíbrio hormonal na parte aérea da planta. É sabido que o aumento na disponibilidade de nitrogênio às plantas aumenta a síntese do hormônio giberelina (GA) no ápice dos brotos e nas folhas em expansão. Este hormônio aumenta a frutificação (crescimento inicial do fruto seguinte à polinização) e o crescimento dos frutos.

Independente da adição de matéria orgânica no solo, as produções das classes extra AA, extra A e médio extra foram influenciadas pela adubação nitrogenada, sendo que a produção extra AA aumentou linearmente com as doses de N e as produções extra A e médio extra alcançaram os valores máximos 18,29 e 3,04 t/ha com as doses 326,6 e 225,9 kg/ha de N, respectivamente. Com adição de esterco, as produções de frutos extra AA e extra A alcançaram os valores máximos, 1,87 e 19,19 t/ha, com as doses 469,2 e 511,4 kg/ha de N, respectivamente (Figura 2). A maior proporção da produção extra nas duas doses de matéria orgânica foi dos frutos tipo extra A (Quadro 8). Tais produções máximas estão aquém daquelas encontradas por Guimarães (1998) para essas classes, em condições de campo. Os frutos extra AA, extra A e médio extra tiveram, respectivamente, pesos médios de 193,50; 137,74 e 94,92 g/fruto, sem adição de matéria orgânica, e 173,36; 137,00 e 111,33 g/fruto, com adição. Estes valores estão superiores aos encontrados por Fayad (1998) em condições de campo, com a mesma cultivar testada no presente experimento (Santa Clara), os quais foram 135, 92 e 71 para as classes extra AA, extra A e extra, respectivamente, indicando maior alocação de fotoassimilados para os frutos, sem que houvesse uma concomitante alocação de água, talvez pelo menor número de frutos por planta no presente experimento.

A produção de frutos não-comerciais, sem adição de matéria orgânica no solo, atingiu o valor máximo (21,16 t/ha) com a dose 528,8 kg/ha de N. Com adição de matéria orgânica, tal produção aumentou linearmente com as doses de N (Figura 1). Houve alta percentagem de frutos comercialmente desclassificáveis em todas as doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica (Quadro 9), o que se deve às condições climáticas reinantes nessa época do ano, primavera/verão (Quadro1), as quais favoreceram as pragas e doenças. Essas produções atingiram valores superiores aos encontrados por Guimarães (1998). Os principais fatores responsáveis pela desclassificação de frutos foram os defeitos causados pelos ataques de broca e a ocorrência de *Alternaria solani*.

Houve também ocorrência de podridão apical, de rachaduras e de frutos de diâmetro menor que 40 mm ou frutos refugos, além de outras anomalias (Quadro 9). A podridão apical foi relativamente maior no tratamento com 374 kg/ha de N



<sup>0</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 2 – Produções de frutos extra AA (PAA), extra A (PA) e médio extra (PEX) em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

Quadro 8 – Produção de frutos extra AA, extra A, médio extra e não-comerciais em função das doses de nitrogênio e da adubação orgânica do experimento de primavera/verão

Doses de N	Classes de frutos	Adubação orgânica (t/ha)	
		0	8
kg/ha		-----Produção de frutos (kg/ha)-----	
0,0	Extra AA	929	820
0,0	Extra A	6.978	11.318
0,0	Médio Extra	1.595	1.627
0,0	Não-comercial	11.447	14.056
93,5	Extra AA	201	2.738
93,5	Extra A	16.942	14.883
93,5	Médio Extra	3.270	2.432
93,5	Não-comercial	15.846	15.134
187,0	Extra AA	1.287	4.097
187,0	Extra A	18.282	16.864
187,0	Médio Extra	2.803	2.405
187,0	Não-comercial	18.165	13.127
374,0	Extra AA	2.855	2.799
374,0	Extra A	16.347	17.971
374,0	Médio Extra	2.770	2.743
374,0	Não-comercial	19.507	18.428
748,0	Extra AA	4.414	3.731
748,0	Extra A	16.075	17.760
748,0	Médio Extra	2.224	3.005
748,0	Não-comercial	19.784	18.914

e 8 t/ha de matéria orgânica e na dose 748 kg/ha de N nos dois níveis de adubação orgânica (Quadro 9). A podridão apical é um distúrbio de ordem fisiológica que tem como causa principal alterações no estado nutricional do tomateiro, comprometendo seriamente a produção comercializável dos seus frutos. A deficiência de cálcio, na porção apical do fruto, é a causa primária desta anomalia (Castellane, 1988). O desequilíbrio nutricional na planta, relacionado ao distúrbio, é favorecido por circunstâncias ou fatores predisponentes. Assim, pode ocorrer excesso de sais solúveis na solução do solo, especialmente sais de amônio, potássio, magnésio e sódio. Isso acarreta a absorção deficiente de Ca, mesmo quando há teor adequado no solo. A razão é que, à medida que a concentração total de sais solúveis se torna excessiva, decrescem a solubilidade e a atividade dos sais de Ca, numa razão mais alta, em relação aos outros sais. Tais condições são desvantajosas à absorção de Ca, em relação aos demais, por parte do tomateiro

Quadro 9 – Valores absolutos e relativos das produções total e não-comercial de frutos de tomate em função das doses de N e da adubação orgânica (MO, t/ha), do experimento de primavera/verão

Produção de frutos	Doses de Nitrogênio (kg/ha)									
	0,0		93,5		187,0		374,0		748,0	
	MO		MO		MO		MO		MO	
	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8
	-----t/ha-----									
Total	22,1	29,4	37,1	37,4	42,5	37,9	42,6	43,6	44,4	44,5
Não-comercial	11,5	14,1	15,9	15,1	18,1	13,2	19,5	18,6	19,7	19,0
• Podridão apical	0,0	0,2	0,5	0,8	0,9	1,7	0,0	5,6	3,4	4,0
• Broca	3,6	4,6	3,4	6,3	4,9	3,1	10,5	4,0	4,0	5,0
• Rachaduras	2,0	2,4	4,0	1,9	3,1	2,3	2,0	3,0	1,8	1,2
• <i>Alternaria solani</i>	5,0	5,4	6,3	4,2	7,2	4,0	5,3	3,7	8,3	5,9
• Refugos	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2
• Outros	0,7	1,3	1,1	1,6	1,8	1,8	1,4	2,0	1,8	2,7
	-----% <sup>1/</sup> -----									
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Não-comercial	52,0	48,0	42,9	40,3	42,5	34,9	45,7	42,7	44,5	42,7
• Podridão apical	0,0	0,7	1,3	2,1	2,1	4,5	0,0	12,8	7,7	9,0
• Broca	16,3	15,6	9,2	16,8	11,5	8,2	24,6	9,2	9,0	11,2
• Rachaduras	9,0	8,2	10,8	5,1	7,3	6,1	4,7	6,9	4,1	2,7
• <i>Alternaria solani</i>	22,6	18,4	17,0	11,2	16,9	10,6	12,4	8,5	18,7	13,3
• Refugos	0,9	0,7	1,6	0,8	0,5	0,8	0,7	0,7	0,9	0,4
• Outros	3,2	4,4	3,0	4,3	4,2	4,7	3,3	4,6	4,1	6,1

<sup>1/</sup>Em relação à produção total.

(Wilcox et al.,1973; Bar-Tal e Pressman, 1996; Belda et al., 1996).

Outras causas predisponentes, frequentemente relacionadas com a podridão apical, têm sido a deficiência de água, na planta e no solo, e o suprimento excessivo de nitrogênio, o qual pode provocar crescimento vigoroso na planta e, conseqüentemente, aumento na taxa transpiratória (Kirkby, 1979). Desta forma, a maior ocorrência de podridão apical, nos tratamentos com maiores disponibilidades de N no solo, pode ter sido devido à maior biomassa da planta, causando maior taxa de transpiração. Também, pode ter ocorrido maior salinização do solo em decorrência das altas doses de fertilizantes nitrogenados aplicadas, as quais decrescem a absorção de Ca e aumentam a ocorrência de podridão apical (Hohjo et al., 1995).

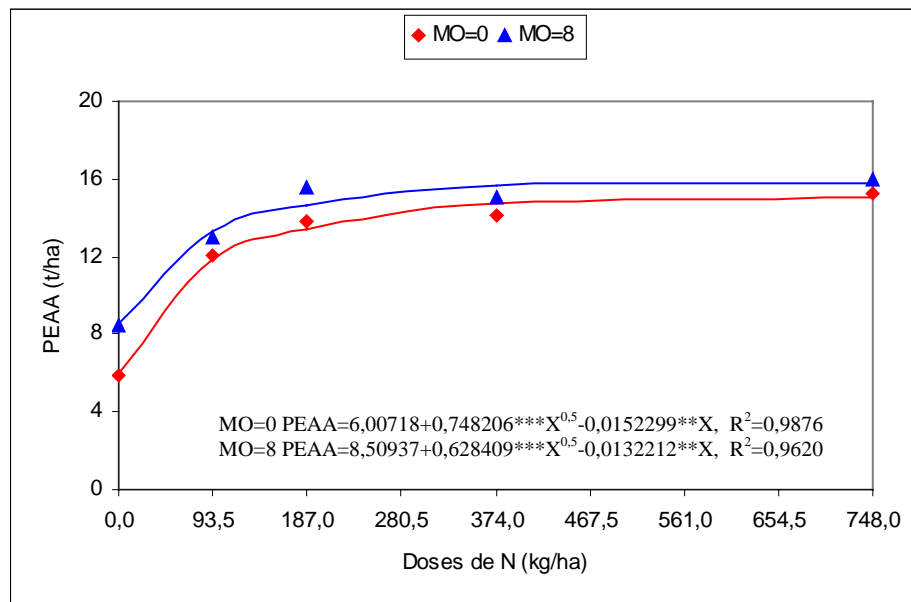
A produção equivalente a frutos extra AA ou ponderada possibilita melhor avaliação dos resultados, visto que fornece noção do seu possível valor econômico (Camargos, 1998). Tais produções de máxima eficiência física ficaram abaixo do valor encontrado por Guimarães (1998) para o híbrido de tomateiro Débora-Plus, o qual foi de 31,08 t/ha, o que se deveu à alta percentagem de frutos não comerciais constatada no experimento (Quadro 9). Já as doses de N necessárias para a obtenção de tais produções ficaram acima da encontrada por Guimarães (1998), que foi de 500 kg/ha.

Quando não se adicionou matéria orgânica ao solo, a produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência física foi de 15,20 t/ha, obtida com a dose 603,4 kg/ha de N (Figura 3). A dose necessária para propiciar PEAA de máxima eficiência econômica foi 355,2 kg/ha de N, sendo esta produção igual a 14,70 t/ha. Com matéria orgânica adicionada ao solo, a PEAA de máxima eficiência física foi 15,98 t/ha, obtida com a dose 564,8 kg/ha de N. A dose necessária a PEAA de máxima eficiência econômica foi 310,2 kg/ha de N, sendo esta produção igual a 15,48 t/ha. Vê-se claramente que, nessa época do ano (primavera/verão), nos dois níveis de adubação orgânica, as doses de nitrogênio que causam produção máxima são bastante superiores às aquelas do retorno econômico máximo, indicando não ser economicamente viável o uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados.

Nesta época, nas doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente, seria possível atingir 90% da PEAA máxima (13,68 e 14,38 t/ha) aplicando-se 250,3 e 192,0 kg/ha de N, ou seja, 33,3 e 28,9% da dose responsável pela PEAA máxima. Desta forma, para se obter produtividades entre 90 e 100% da PEAA máxima (de 13,68 a 15,20, sem adição de matéria orgânica, e de 14,38 a 15,98 t/ha, com adição) seriam necessárias doses de N variando entre 250,3 e 709,9 e entre 192,0 e 664,5 kg/ha de N. Isto é, houve a amplitude de apenas 1,52 e 1,60 t/ha na PEAA proporcionada pela amplitude de 459,6 e 472,5 kg/ha de N, sem e com adição de matéria orgânica no solo, respectivamente.

## Incremento relativo na produtividade resultante da adubação nitrogenada

O incremento relativo na produtividade resultante da adubação nitrogenada (IRPAN), no experimento de primavera/verão, foi 15,23 e 13,22 kg de frutos extra AA por kg de N aplicado, nas doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. A baixa eficiência da adubação nitrogenada pode estar associada às elevadas precipitações ocorridas na primavera/verão, durante o ciclo da cultura, e ao modo de aplicação da água, por superfície, e do fertilizante, na forma granulada, em cobertura, ocasionando percolação do adubo. Também pode ter havido lixiviação do  $N-NO_3^-$  para as camadas mais profundas do solo. Guimarães (1998) encontrou valores de IRPAN variando de 35,7 a 111,6 kg de frutos extra AA por kg de N aplicado, dependendo do local de plantio, estufa e campo, e do modo de aplicação da água e do adubo nitrogenado, fertirrigação e adubação a lanço.



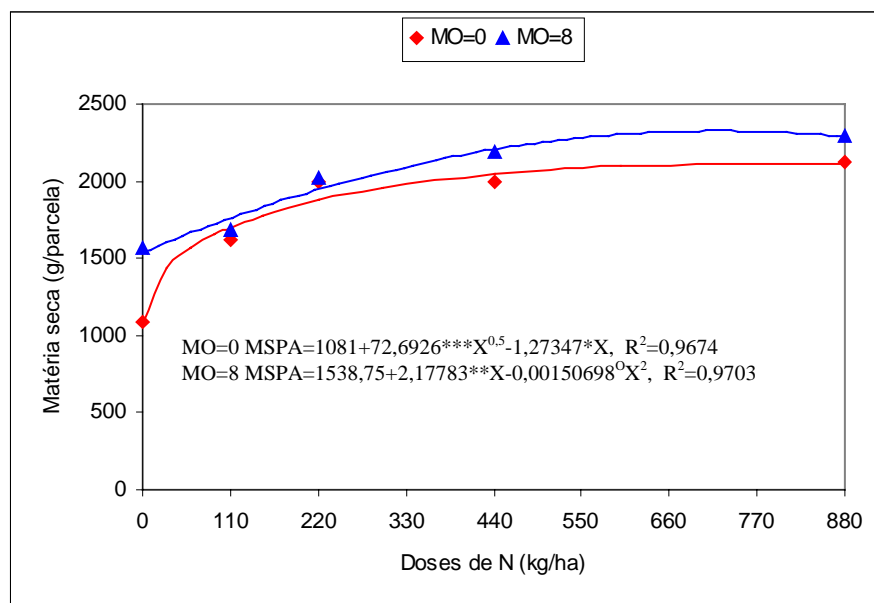
\*\* e \*\*\* Significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 3– Produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) ou ponderada do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

## Matéria seca remanescente da parte aérea

A matéria seca da parte aérea, remanescente após a última colheita de frutos, aumentou com as doses de N, atingindo os valores máximos 2118,4 e 2325,6 g/parcela, significando 1513,1 e 1661,1 kg/ha, com as doses 814,6 e 722,6 kg/ha de N, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente (Figura 4). As doses de N para a máxima produção total de frutos (Figura 1) foram inferiores àquelas para a máxima produção de matéria seca (Figura 4), indicando que o fornecimento de doses muito elevadas de N não causou aumento na produtividade de frutos, apenas na produção de matéria seca da parte aérea.

Normalmente, os crescimentos vegetativo e reprodutivo ocorrem simultaneamente, não competindo entre si por nutrientes ou fotoassimilados porque os frutos, para crescerem, utilizam os fatores de crescimento que estão sendo absorvidos ou produzidos no momento da sua formação. Além disto, em condições normais, o potencial fotossintético das folhas de tomateiro parece exceder o



<sup>0</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 4 – Matéria seca remanescente da parte aérea (MSPA) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

requerimento dos órgãos de crescimento e, desta forma, as folhas, geralmente, continuam a crescer mesmo quando os frutos estão em crescimento (Tanaka et al., 1974a), sendo que a taxa fotossintética aparente correlaciona-se positivamente com os teores de nitrogênio do solo (Tanaka et al., 1974c).

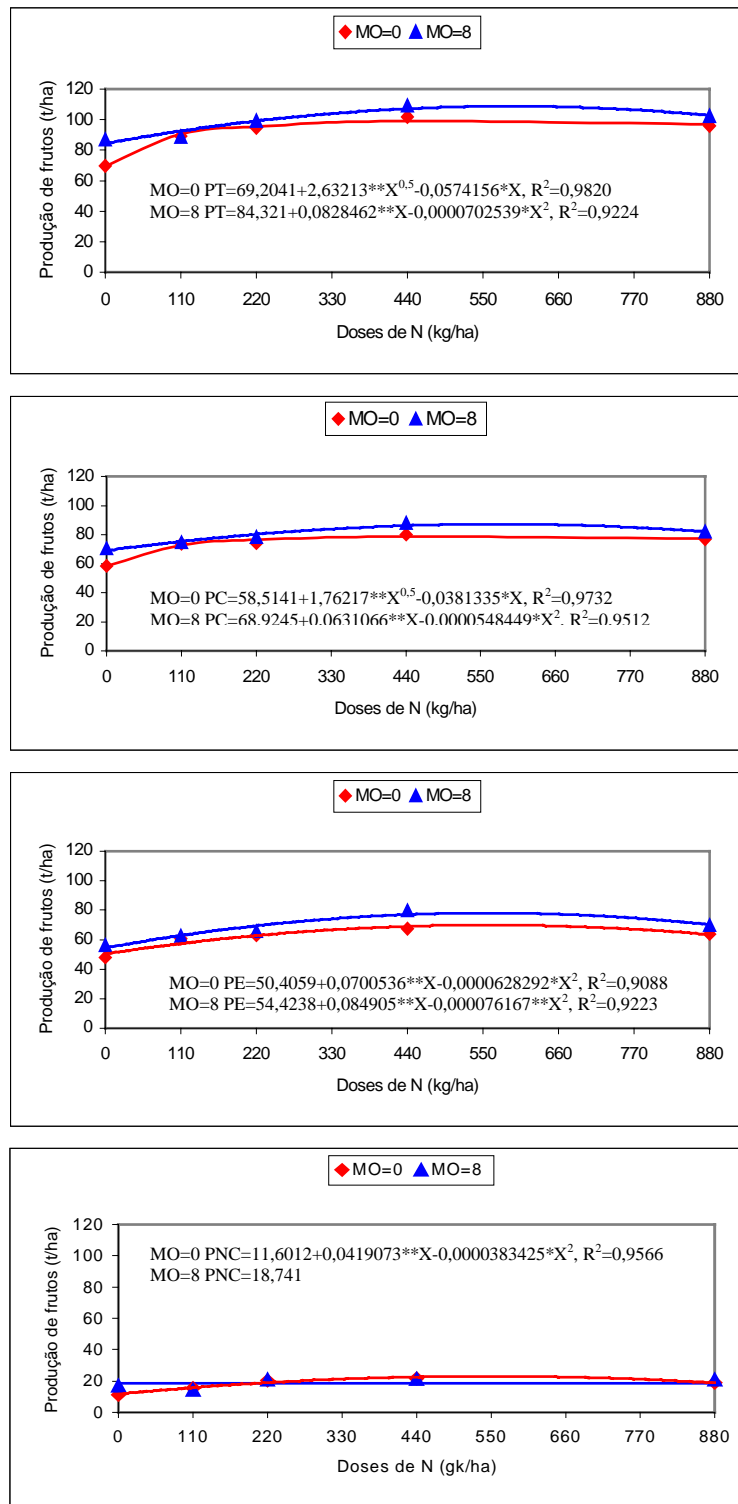
É importante ressaltar que a época (primavera/verão), devido às condições climáticas (Tabela 1), colaborou, decisivamente, para o surgimento e o progresso de doenças. Assim, ao final do curto ciclo, as plantas estavam com péssima aparência, com intensos sintomas de doenças nas folhas e, muitas delas, caídas no chão. Deste modo, não foi possível serem colhidas todas e avaliadas quanto à matéria seca remanescente da parte aérea após a última colheita dos frutos.

## **EXPERIMENTO DE OUTONO/PRIMAVERA**

### **Produção de frutos**

A produtividade do tomateiro aumentou com a aplicação de N, nos dois níveis de matéria orgânica testados, concordando com os resultados obtidos por Sainju et al. (2000). Na ausência da adubação orgânica, as máximas produções total, comercial e extra foram: 99,37; 78,87 e 69,93 t/ha, obtidas com as doses de 525,4; 533,9 e 557,5 kg/ha de N, respectivamente. Com adição de matéria orgânica ao solo, tais produções foram 108,74; 87,08 e 78,09 t/ha, obtidas com as doses 589,6; 575,3 e 557,4 kg/ha de N, respectivamente (Figura 5).

As produções máximas estão acima do dobro das de primavera/verão. Isso ocorreu em virtude das condições climáticas na época de outono/primavera (Quadro 2) serem mais propícias à produção do tomateiro. Os rendimentos obtidos ficaram acima daqueles encontrados por Sampaio (1996) no mesmo local e época do presente experimento, os quais foram 53,9 e 38,8 t/ha para as produções total e comercial da cultivar Santa Clara, respectivamente, e por Valenzuela e Erquiaga (1997) em cultivo comercial de tomateiro na Argentina, o qual foi de 70,5 t/ha. Já Fayad (1998), trabalhando no mesmo local e na mesma época do presente experimento, encontrou valores de 94,823 e 88,610 t/ha para as



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

Figura 5– Produções de frutos total (PT), comercial (PC), “extra” (PE) e não-comercial (PNC) de frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

produções total e comercial, respectivamente, com a cultivar Santa Clara. Tais valores estão próximos dos constatados no presente experimento. Segundo Ali et al. (1996), as condições climáticas, especialmente a temperatura, exercem papel fundamental no crescimento e na produtividade do tomateiro. A temperatura influencia a viscosidade da água dentro da planta; a permeabilidade das membranas; a atividade metabólica; a absorção, a translocação e a assimilação de nutrientes e a força dos drenos no tomateiro. Todos esses fatores influenciam de maneira significativa as produções desta cultura, segundo os autores.

As doses de N responsáveis pela máxima produção total, nos dois níveis de matéria orgânica, foram superiores à dose de N recomendada para o tomateiro estaqueado no Estado de Minas Gerais pela 4ª aproximação (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1989), e também pela 5ª aproximação (Filgueira et al., 1999).

Considerando-se o ciclo da cultura após o transplântio (163 dias), as máximas produções total, comercial e extra corresponderiam, respectivamente, a 609,6; 483,9 e 429,0 kg/ha/dia de permanência da cultura no campo, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 667,1; 534,2 e 479,1 kg/ha/dia de permanência da cultura no campo, com adição. Tais valores foram, respectivamente, 19,8; 69,7; 60,5; 29,1; 81,7 e 71,8 % maiores do que àqueles observados no experimento de primavera/verão, apesar do ciclo da cultura ter sido maior. As produções por dia de permanência da cultura no campo foram inferiores aos 790 e 738 kg/ha/dia encontrados para as produções total e comercial, respectivamente, por Fayad (1998), e aos 1025 kg/ha/dia encontrados por Camargos (1998) para a produção comercial do tomateiro híbrido “Carmen”, longa vida, cultivado na mesma época do presente experimento, porém em condições protegidas de estufa, com o ciclo da cultura de 133 dias.

O peso médio dos frutos classificados como comercial e extra, nos dois níveis de adubação orgânica, foram aumentados com aumento na dose de N (Quadro 10). Sharma et al. (1999), trabalhando com híbridos de tomateiro, na Índia, também observaram aumento no peso médio dos frutos com o aumento de N no solo. A aplicação de N também aumentou o número total, comercial e extra

Quadro 10 – Equações de regressão relacionando o peso médio (PM) e o número de frutos (NF) das produções extra, comercial e total com as doses de N aplicadas, sem e com matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera

MO (t/ha)	Característica	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
Produção extra			
0	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 129,556 + 0,0106052^{**}X$	0,7252
8	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 128,42 + 0,037294^{*}X - 0,0000309168^{*}X^2$	0,9171
0	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 369.605 + 11.878,4^{*}X^{0,5} - 294,265^{*}X$	0,9793
8	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 424.176 + 504,830^{**}X - 0,464627^{*}X^2$	0,8538
Produção comercial			
0	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 112,939 + 0,00980631^{o}X$	0,5710
8	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 109,816 + 0,0649764^{**}X - 0,0000609408^{**}X^2$	0,9492
0	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 527.219 + 12.821,5^{***}X^{0,5} - 302,19^{**}X$	0,9151
8	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 640.530 + 56,9795^{o}X$	0,7135
Produção total			
0	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 101,15$	----
8	PM (g/fruto)	$\hat{Y} = 95,5141 + 0,0671385^{**}X - 0,0000683870^{**}X^2$	0,8683
0	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 707.929 + 22.601,8^{***}X^{0,5} - 501,041^{**}X$	0,9954
8	NF (n <sup>o</sup> /ha)	$\hat{Y} = 890.544 + 140,486^{*}X$	0,7405

<sup>o</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

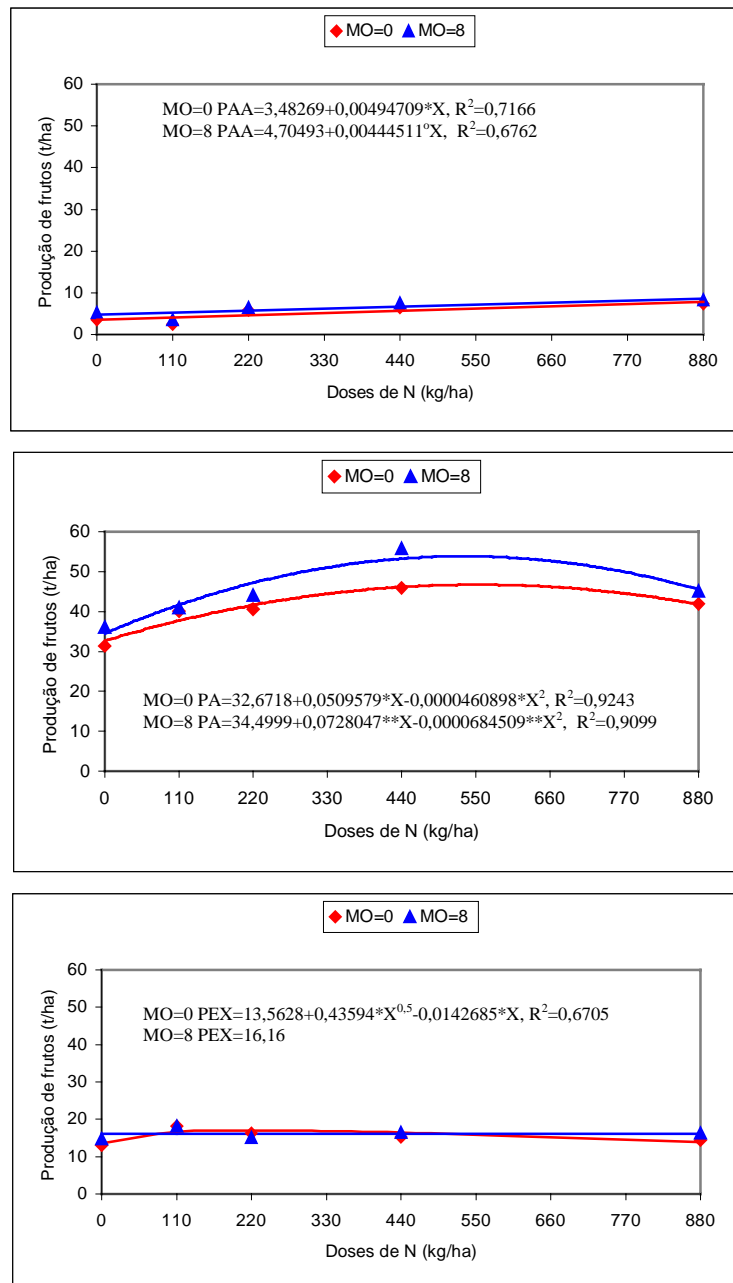
de frutos, sem ou com adição de matéria orgânica (Quadro 10). He et al. (1999), trabalhando com tomateiro cv. Momotaro, encontraram que o número de frutos por cacho correlacionou-se significativa e positivamente com a concentração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo da folha imediatamente oposta ao cacho. Os resultados encontrados no presente experimento deixam claro que o N aumenta a produção do tomateiro não apenas devido ao aumento no peso médio de frutos comerciais como também no número destes frutos.

Os frutos extra AA, extra A e médio extra tiveram, respectivamente, pesos médios de 176,18; 143,63 e 106,47 g/fruto, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 202,4; 141,92 e 106,67 g/fruto, com adição. Tais valores foram superiores aos encontrados por Fayad (1998) no mesmo local e época do presente experimento, com a mesma cultivar (Santa Clara). Sem adição de matéria orgânica, as produções das três classes foram afetadas e, com adição, apenas as produções extra AA e extra A foram afetadas. Sem adição de matéria orgânica, a produção extra AA aumentou linearmente com as doses de N e os valores máximos das produções extra A e extra

foram 46,76 e 16,89 t/ha com as doses 552,8 e 233,4 kg/ha de N, respectivamente. Com adição de 8 t/ha de matéria orgânica ao solo, a produção de frutos extra AA aumentou linearmente com as doses de N e a produção extra A alcançou o valor máximo 53,86 t/ha com a dose 531,8 kg/ha de N (Figura 6). Guimarães (1998), trabalhando com o híbrido de tomateiro Débora-Plus em condições de campo, porém com fertirrigação por gotejamento, obtiveram produção máxima para os frutos do tipo extra A menor do que as encontradas no presente experimento (40,27 t/ha), porém com dose de N menor (122 kg/ha). O tipo de irrigação utilizado no presente experimento (por superfície) pode ter diminuído a eficiência da adubação nitrogenada, uma vez que, possivelmente, aumentaram-se as perdas de  $N-NO_3^-$  por lixiviação e também por escoamento superficial, visto que o terreno era inclinado. Esse fato refletiu diretamente na produtividade dos frutos de melhor qualidade. Os frutos das classes extra AA e extra A são os mais procurados nos mercados mais exigentes, propiciando vendas rápidas e de melhor preço, garantindo maiores lucros ao tomaticultor, que tem os custos da colheita, das caixas, da comercialização e do transporte iguais para os frutos de diferentes classes. A maior proporção da produção extra nas duas doses de matéria orgânica foi dos frutos extra A (Quadro 11).

A produção de frutos não comerciais, sem adição de matéria orgânica ao solo, atingiu o valor máximo (23,05 t/ha) com a dose 622,2 kg/ha de N. Com adição, tal produção permaneceu constante com o aumento das doses de N (Figura 5). As percentagens de frutos comercialmente desclassificáveis em todas as doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica (Quadro 12), foram, aparentemente, bem menores do que aquelas observadas no experimento de primavera/verão (Quadro 9), o que se deve às condições climáticas da época (Quadro 2), as quais favoreceram menos o desenvolvimento de pragas e doenças. Os principais fatores responsáveis pela desclassificação de frutos foram os defeitos causados pelos ataques de broca e a ocorrência de *Alternaria solani*. Também ocorreram podridão apical, rachaduras e frutos de diâmetro menor que 40 mm ou frutos refugos, além de outras anomalias (Quadro 12).

Seria possível obter 90% da PEAA máxima (38,03 e 42,77 t/ha) aplicando-se 256,3 e 258,1 kg/ha de N, ou seja, 43,8 e 45,2% da dose responsável



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

Figura 6 – Produções de frutos extra AA (PAA), extra A (PA) e extra (PEX) em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

Quadro 11 – Produção de frutos extra AA, extra A, médio extra e não-comerciais em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica do experimento de outono/primavera

Doses de N kg/ha	Classes de frutos	Adubação orgânica (t/ha)	
		0	8
-----Produção de frutos (kg/ha)-----			
0	Extra AA	3.519	5.202
0	Extra A	31.496	36.108
0	Médio Extra	13.103	14.657
0	Não-comercial	11.263	16.842
110	Extra AA	2.945	3.499
110	Extra A	40.131	40.962
110	Médio Extra	18.241	18.140
110	Não-comercial	15.456	14.202
220	Extra AA	5.829	6.421
220	Extra A	40.567	44.174
220	Médio Extra	16.330	15.129
220	Não-comercial	20.376	20.703
440	Extra AA	6.381	7.527
440	Extra A	45.929	55.869
440	Médio Extra	15.257	16.516
440	Não-comercial	21.686	21.207
880	Extra AA	7.352	8.211
880	Extra A	41.913	45.114
880	Médio Extra	14.456	16.348
880	Não-comercial	18.936	20.750

pela PEAA máxima, nas doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. Desta forma, para se obter produtividades entre 90 e 100% da PEAA máxima (de 38,03 a 42,26, sem adição de matéria orgânica, e de 42,77 a 47,52 t/ha, com adição) seriam necessárias doses de N variando entre 256,3 e 584,8 e entre 258,1 e 571,1 kg/ha de N. Isto é, as amplitudes de 4,23 e 4,75 t/ha na PEAA corresponderiam às amplitudes de 328,5 e 313,0 kg/ha de N, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente.

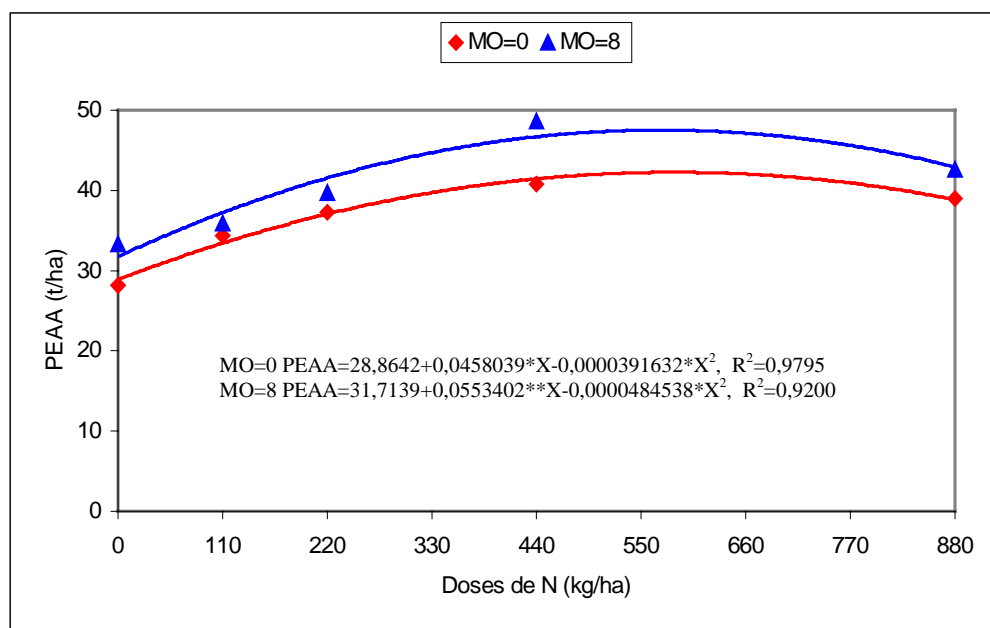
As produções equivalentes a frutos extra AA (PEAA) ou ponderadas físicas máximas, constatadas nesta época, foram aparentemente superiores às do experimento de primavera/verão, porém as doses de N necessárias para atingirem tais produções foram semelhantes nos dois experimentos.

Quadro 12 – Valores absolutos e relativos das produções total e não-comercial de frutos de tomate em função das doses de N e da adubação orgânica (MO, t/ha), do experimento de outono/primavera

Produção de frutos	Doses de Nitrogênio (kg/ha)									
	0		110		220		440		880	
	MO		MO		MO		MO		MO	
	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8
	-----t/ha-----									
Total	69,8	87,0	89,2	88,6	94,6	99,0	101,8	109,0	95,9	102,4
Não-comercial	11,2	16,9	15,4	14,1	20,3	20,6	21,6	21,3	18,9	20,7
• Podridão apical	0,6	0,4	0,9	0,7	2,1	2,8	1,8	0,7	3,2	2,6
• Broca	1,9	2,9	1,1	1,9	2,5	2,9	1,4	0,9	3,7	2,7
• Rachaduras	0,4	0,7	0,9	0,5	1,8	0,7	0,7	1,4	0,5	0,7
• <i>Alternaria solani</i>	4,3	6,6	6,6	5,9	7,3	8,0	9,4	7,2	6,8	7,9
• Refugos	0,4	0,7	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	0,5	0,6	0,7
• Outros	3,6	5,6	5,5	4,6	6,1	5,6	7,4	10,6	4,1	6,1
	-----% <sup>1/</sup> -----									
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Não-comercial	16,2	19,4	17,2	16,0	21,3	20,8	21,3	19,5	19,7	20,2
• Podridão apical	0,9	0,5	1,0	0,8	2,2	2,8	1,8	0,6	3,3	2,5
• Broca	2,7	3,3	1,2	2,1	2,6	2,9	1,4	0,8	3,9	2,6
• Rachaduras	0,6	0,8	1,0	0,6	1,9	0,7	0,7	1,3	0,5	0,7
• <i>Alternaria solani</i>	6,2	7,6	7,4	6,7	7,7	8,1	9,2	6,6	7,1	7,7
• Refugos	0,6	0,8	0,4	0,6	0,5	0,6	0,9	0,5	0,6	0,7
• Outros	5,2	6,4	6,2	5,2	6,4	5,7	7,3	9,7	4,3	6,0

<sup>1/</sup>Em relação à produção total.

Quando não se adicionou matéria orgânica ao solo, a produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência física foi 42,26 t/ha, obtida com a dose 584,8 kg/ha de N (Figura 7). A dose para a PEAA de máxima eficiência econômica, 42,12 t/ha, foi 525,8 kg/ha de N. Com matéria orgânica adicionada ao solo, a PEAA de máxima eficiência física foi 47,52 t/ha, com a dose 571,1 kg/ha de N. A dose para a PEAA de máxima eficiência econômica, 47,41 t/ha, foi 523,4 kg/ha de N. Isto é, sem e com matéria orgânica, as doses de nitrogênio para a máxima produção econômica foram 90 e 92% daquelas para a máxima produção física.



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

Figura 7– Produção equivalente a frutos extra AA ou ponderada do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

### **Incremento relativo na produtividade resultante da adubação nitrogenada**

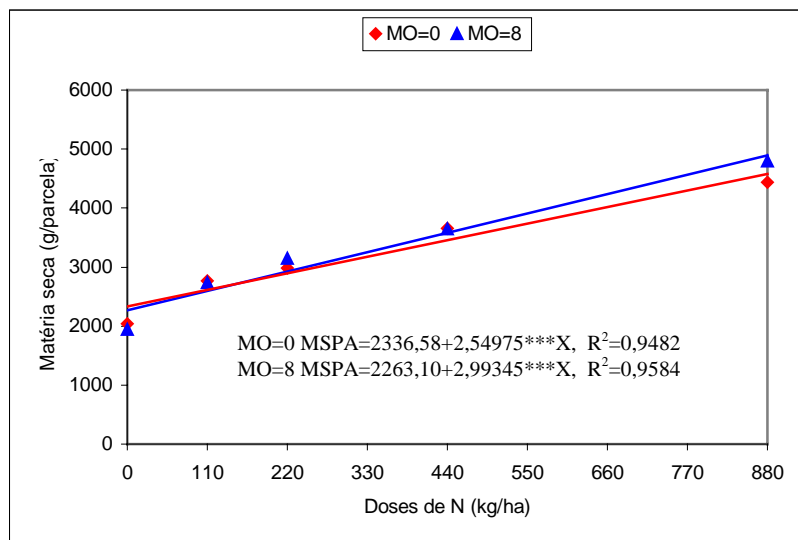
Os incrementos relativos nas produtividades resultantes da adubação nitrogenada (IRPAN) no experimento de outono/primavera foram 22,90 e 27,67 kg de frutos extra AA por kg de N aplicado, nas doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. As eficiências da adubação nitrogenada estão relativamente baixas, principalmente considerando que a época de condução do experimento, outono/primavera, propicia condições ao desenvolvimento do tomateiro. Guimarães (1998) encontrou valores de 59,8 e 35,7 kg de frutos extra AA/kg de N aplicado, em tomateiros fertirrigados por gotejamento e por sulcos, respectivamente, no campo. Huett (1993) e Abdul-Baki et al. (1997) recomendam que o fertilizante nitrogenado seja aplicado ao tomateiro via água de irrigação. Talvez, a baixa eficiência possa estar relacionada, como no experimento anterior, ao modo de aplicação do fertilizante em cobertura (à lança), ao tipo de irrigação praticada (por superfície), além do fato do

experimento ter sido conduzido em campo, dificultando a realização dos tratamentos culturais, expondo as plantas e o solo à incidência das chuvas e expondo as plantas aos fitopatógenos. Além disto, o teor existente no solo foi suficiente para suprir grande parte do N, conforme mostram as produtividades de frutos extra AA das testemunhas não adubadas com N, sem e com matéria orgânica adicionada ao solo, 68,3 e 66,7 % das produtividades máximas, respectivamente.

### **Matéria seca remanescente da parte aérea**

A matéria seca da parte aérea, remanescente após a última colheita de frutos, aumentou linearmente com as doses de N, sem e com adição de matéria orgânica ao solo (Figura 8). O aumento contínuo na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 8) não foi acompanhado pelo aumento na produção total de frutos (Figura 5), indicando que o fornecimento de doses muito elevadas de N não causou aumento na produtividade, apenas na biomassa verde.

Os valores encontrados na matéria seca remanescente da parte aérea no presente experimento (Figura 8), em todos os tratamentos, foram, aparentemente, superiores àqueles no experimento de primavera/verão (Figura 4). Segundo Sam e Iglesias (1993), o desenvolvimento do tomateiro tem requerimento específico de temperatura e umidade. Também, as condições climáticas do outono/primavera desfavoreceram as doenças. Assim, após a última colheita dos frutos, ao contrário do que ocorreu no experimento de primavera/verão, as plantas apresentaram bom aspecto visual, com poucos sinais de doenças nas folhas e reduzida abscisão das mesmas.



\*\*\* Significativo a 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 8– Matéria seca remanescente da parte aérea (MSPA) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

## CONCLUSÕES

- A adição de matéria orgânica ao solo aumentou a dose do adubo nitrogenado necessária à obtenção das máximas produções total, comercial e extra de frutos de tomate, em ambas as épocas de plantio;
- As produções de frutos não-comerciais, em termos absolutos, foram maiores com o aumento nas doses de N no experimento de outono/primavera, com as duas doses de matéria orgânica no solo e, no experimento de primavera/verão, apenas na dose zero de matéria orgânica;
- No experimento de primavera/verão, as eficiências da adubação nitrogenada foram 15,23 e 13,22 kg de frutos extra AA por kg de N aplicado, sem e com adição, respectivamente, de matéria orgânica ao solo e, no experimento de outono/primavera, 22,90 e 27,67.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A.A., TEASDALE, J.R., KORCAK, R.F. Nitrogen requirements of fresh-market tomatoes on hairy vetch and black polyethylene mulch. **HortScience**, v.32, n.2, p.217-221. 1997.
- ADAMS, P., WINSOR, G.W., DONALD, J.D. The effects of nitrogen, potassium, and sub-irrigation on the yield, quality and composition of single-truss tomatoes. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.48, n.1, p.123-133. 1973.
- ALI, I.A., KAFKAFI, U., YAMAGUCHI, I., SUGIMOTO, Y., INAGA, S. Effects of low root temperature on sap flow rate, soluble carbohydrates, nitrate contents and on cytokinin and gibberellin levels in root xylem exudate of sand-grown tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v.19, n.3&4, p.619-634. 1996.
- ATIYEH, R.M., ARACON, N., EDWARDS, C.A., METZGER, J.D. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. **Bioresource Technology**, v.75, n.3, p.175-180. 2000.
- BAR-TAL, A., PRESSMAN, E. Root restriction and potassium and calcium solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.121, n.4, p.649-655. 1996.
- BELDA, O.R.S., FENLON, J.S., HO, L.C. Salinity effects on the xylem vessels in tomato fruit among cultivars with different susceptibilities to blossom-end rot. **Journal of Horticultural Science**, v.71, n.2, p.173-179. 1996.
- CAMARGOS, M.I. de **Produção e qualidade de tomate longa vida em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. Universidade Federal de Viçosa. (Tese de MS). 81p. 1998.
- CASTELLANE, P.D. **Podridão apical em frutos do tomateiro**. Jaboticabal, FUNEP, 1988. 39p.
- CEASA. **Boletim informativo diário de preços**. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura, 2000.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª aproximação, Lavras, 1989. 76p.
- DOMINÍ, M.E., PINO, M. de los A., BERTOLÍ, M. Nuevas variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para la época no optima. **Cultivos Tropicales**, v.14, n.2-3, p.94-97. 1993.

- FAYAD, J.A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e estufa.** Universidade Federal de Viçosa. (Tese de MS). 81p. 1998.
- FELIPE, E.F., CASANOVA, O.E. Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en suelos de vegas del Río Guarico. **Revista Unellez de Ciencia y Tecnología**, v.17, n.1, p.21-44. 2000.
- FILGUEIRA, F.A.R., OBEID, P.C., MORAIS, H.J., SANTOS, W.V., FONTES, R.R. Tomate tutorado. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** 1999. p. 207-208.
- FONTES, P.C.R. Produtividade do tomateiro: kg/ha ou kg/ha x dia? **Horticultura Brasileira**, v.15, n.2, p.83-84. 1997.
- FRANCIS, P.B., COOPER, P.E. Rate and timing of nitrogen fertilization on yield and gross revenue of fresh market tomatoes following a winter legume cover crop. **Journal of Vegetable Crop Production**, v.4, n.1, p. 55-65. 1998.
- GOMEZ-LEPE, B.E., ULRICH, A. Influence of nitrate on tomato growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.99, n.1, p.45-49. 1974.
- 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.** Universidade Federal de Viçosa. (Tese de DS). 184p. 1998.
- HE, Y.Q., TERABAYASHI, S., ASAKA, T., NAMIKI, T. Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentrations in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.4-5, p.799-811. 1999.
- HOHJO, M., KUWATA, C., YOSHIKAWA, K., ITO, T. Effects of nitrogen form, nutrient concentration and Ca concentration on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. **Acta Horticulturae**, n.369, p.145-152. 1995.
- HUETT, D.O. Fertiliser nitrogen and potassium studies with Flora-Dade tomatoes grown with trickle irrigation and polyethylene mulch covered beds on Krasnozern soils. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.33, n.2, p.221-226. 1993.
- HUETT, D.O., DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.28, n.3, p.391-399. 1988.

- HUNTER, D.J., TUIVAVALAGI, N.S. Effect of organic matter and frequent fertiliser applications on tomato production in a coralline soil. **Journal of South Pacific Agriculture**, v.5, n.2, p.63-65. 1998.
- INSTITUTO AGRONÔMICO & FUNDAÇÃO IAC. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Boletim Técnico n° 100, 2ª ed., 1996. 285p.
- KARAMAN, M.R., GULEC, H., ERSAHIN, S., JENSEN, A. Effect of different irrigation programs with nitrogen fertilizer application on nitrogen use efficiency and fruit quality in tomato. In: GISSEL, N.G. (ed). Plant nutrition – molecular biology and genetics, Sixth International Symposium on Genetics and Molecular Biology of Plant Nutrition, Elsinore, Denmark, 1998. **Proceedings...**, 1999, p.47-51.
- KIRKBY, E. A. Maximizing calcium uptake by plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.10, n.1-2, p.89-114. 1979.
- MOORE, E.L., THOMAS, W.O. Some effects of shading and parachlorophenoxy-acetic acid on fruitfulness of tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.60, n.12, p.289-294. 1952.
- QUIJADA, J.S., DUMAS, Y., BONAFIOUS, M. Growth and development of young tomato plants under nitrogen deficiency. **Acta Horticulturae**, n.301, p.159-164. 1992.
- RAHMAN, M.A., SAHA, J.H.U.K., CHOWDHURY, A.R., CHOWDHURY, M.M.U. Growth and yield of tomato as influenced by fertilizers and manure. **Annals of Bangladesh Agriculture**, v.6, n.1, p.71-74. 1997.
- SAINJU, U.M., SINGH, B.P., RAHMAN, S., REDDY, V.R. Tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization influence tomato yield and nitrogen uptake. **HortScience**, v.35, n.2, p.217-221. 2000.
- SALEK, R.C., ALMEIDA, D.L., OLIVEIRA, M.F., PENTEADO, A.F. Efeito do esterco de galinha e sua associação com fertilizantes sobre a produção do tomateiro no município de Teresópolis-RJ. Niterói, PESAGRO-Rio, 1981. 3p. (Comunicado Técnico, 70).
- SAM, O., IGLESIAS, L. Caracterización del proceso de floración-fructificación en variedades de tomate en dos épocas de siembra. **Cultivos Tropicales**, v.15, n.2, p.34-43. 1994.
- SAM, O., IGLESIAS, L. La floración-fructificación de plantas de cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sembradas en dos épocas. **Cultivos Tropicales**, v.14, n.2-3, p.64-70. 1993.

- SAMPAIO, R.A. **Produção, qualidade dos frutos e teores de nutrientes no solo e no pecíolo do tomateiro, em função da fertirrigação potássica e da cobertura plástica do solo.** Universidade Federal de Viçosa. (Tese de DS). 117p. 1996.
- SHARMA, K.C., SINGH, A.K., SHARMA, S.K. Studies on nitrogen and phosphorus requirements of tomato hybrids. **Annals of Agricultural Research**, v.20, n.4, p.399-402. 1999.
- SINGH, A.K., SHARMA, J.P. Studies on the effect of variety and level of nitrogen on plant growth and development and yield of tomato hybrids (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Annals of Agricultural Research**, v.20, n.4, p.502-503. 1999.
- SUPATRA, S., MUKHERJI, S., SEM, S. Seasonal effects on nitrogenous compounds in two crop plants. **Environment and Ecology**, v.16, n.4, p.871-874. 1998.
- TANAKA, A., FUJITA, K., KIKUCHI, K. Nutrio-physiological studies on the tomato plant. I. Outline of growth and nutrient absorption. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.1, p.57-68. 1974a.
- TANAKA, A., FUJITA, K., KIKUCHI, K. Nutrio-physiological studies on the tomato plant. III. Photosynthetic rate of individual leaves in relation to the dry matter production of plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.2, p.173-183. 1974c.
- VALENZUELA, B.P., ERQUIAGA, J. Respuesta del tomate al sitio y a la fertilización. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v.29, n.1, p.13-21. 1997.
- WILCOX, G.E., HOFF, J.E., JONES, C.M. Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence of incidence of blossom-end rot of tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.98, n.1, p. 86-89. 1973.
- WILLITS, D.H., PEET, M.M. The effect of night temperature on greenhouse grown tomato yields in warm climates. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.92, n.3, p.191-202. 1998.

# QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO

## RESUMO

A qualidade dos frutos de tomateiro, medida pelo pH, pelos sólidos solúveis totais, pela acidez total titulável e pelos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e N-total na matéria seca, em resposta a doses de nitrogênio e a adubação orgânica foi avaliada em dois experimentos de campo, conduzidos nas épocas: primavera/verão (nov/98 a fev/99) e outono/primavera (mai/99 a out/99). Os dois experimentos foram instalados na Horta do Fundão, da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico. Em ambos, as doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha e as doses de matéria orgânica na forma de esterco bovino curtido, em base seca, foram 0 e 8 t/ha. Os experimentos seguiram o delineamento em blocos ao acaso no arranjo fatorial  $5 \times 2$ , com quatro repetições. Nas duas épocas, o pH, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável no fruto de tomate não se alteraram com o aumento nas doses de N, tanto na ausência como na presença da adubação orgânica. Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos (NOF) aumentaram linearmente com as doses de N sem matéria orgânica. Com as doses N correspondentes à produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica (MEE), nos experimentos de primavera/verão e outono/primavera, os NOF foram 1657 e 1884 mg/kg, respectivamente; na presença da matéria orgânica, esta variável não se alterou com as doses de N, alcançando os valores médios de 1669 e 1558 mg/kg, nos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera, respectivamente. Os teores de N total na matéria seca dos frutos (NTF) aumentaram nos dois experimentos, sem e com matéria orgânica. No experimento de primavera/verão, os NTF com as doses da PEAA de MEE foram 2,80 e 2,99 dag/kg, sem e com matéria orgânica, respectivamente e, no experimento de outono/primavera, tais teores foram 2,67 e 2,52 dag/kg.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, tomate, adubação nitrogenada, esterco bovino, pH, grau brix, acidez, nitrato, amônio.

## **TOMATO FRUITS QUALITY IN FUNCTION OF NITROGEN DOSES AND ORGANIC FERTILIZATION IN TWO SOWING TIMES**

### **SUMMARY**

The tomato fruits quality, measured by pH, by total soluble solids, by the total acidity entitled and by the  $\text{N-NO}_3^-$  content and total N in the dry matter, as a result of nitrogen doses and organic fertilization, were evaluated in two field experiments, conducted in times: spring/summer (from nov/98 to feb/99) and autumn/spring (from may/99 to oct/99). The experiments were installed at the Horta do Fundão, of the Federal University of Viçosa, in a Cambic Red-Yellow Argisol. In both, N doses applied were 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha and the doses of organic matter in form of hardened bovine manure, in dry base, 0 and 8 t/ha. The experiments had randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design, with four replications. In the two periods, the pH, the total soluble solids and the total acidity entitled in tomato plants did not alter with the increase of N doses, with and without organic fertilization. The  $\text{N-NO}_3^-$  content in the dry matter of the plants (NOF) increased linearly with the doses of N without organic matter. With the N doses correspondent to the production equivalent to extra AA fruits (PEAA) of maximum economical efficiency (MEE), in the spring/summer and autumn/spring experiments, the NOF were 1657 and 1884 mg/kg, respectively; in the presence of organic matter, this variable was not influenced by N doses, reaching average values of 1669 and 1558 mg/kg, in the spring/summer and autumn/spring experiments, respectively. The total N content of dry matter of the fruits (NTF) increased in both experiments, without and with organic matter. In the spring/summer experiment, the NTF were 2,80 and 2,99 dag/kg with the PEAA of MEE doses, without and with organic matter, respectively and, in the autumn/spring experiment, the content were 2,67 and 2,52 dag/kg.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, tomato, nitrogen fertilization, bovine manure, pH, brix degree, acidity, nitrate, ammonium.

## INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil e constitui importante fonte de vitaminas e sais minerais para o ser humano. Durante muitos anos, a produção quantitativa do tomateiro tem sido o principal critério na avaliação do efeito das práticas culturais sobre esta cultura, sendo dada consideração muito limitada à qualidade dos frutos. Os produtores preocupam-se mais em obter alta produtividade e frutos com bom aspecto externo. Entretanto, com os avanços das pesquisas, aumentando o potencial de produção do tomateiro e identificando e avaliando também os fatores relacionados à qualidade dos frutos, mais considerações têm sido dadas ao efeito das práticas culturais sobre os aspectos qualitativos do tomate, apesar da dificuldade em definir e medir o que é qualidade.

A maior parte dos fatores que determinam a qualidade dos produtos vegetais é controlada geneticamente. Desta forma, a qualidade dos frutos do tomateiro difere entre as cultivares. Também, os fatores ambientais, como a fertilidade do solo e as condições climáticas, são capazes de influenciarem a qualidade dos frutos (Stegemann et al., 1973).

Os nutrientes minerais podem influenciar os níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas devido à influência que exercem sobre os processos bioquímicos ou fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados (Mengel e Kirkby, 1987). Vários autores pesquisaram o efeito da disponibilidade de nitrogênio para as plantas de tomateiro sobre a qualidade dos seus frutos. Segundo Anaç et al. (1994), as principais características que devem ser consideradas na determinação da qualidade são: pH, concentração de sólidos solúveis, acidez total titulável, teores de vitamina C e de nitrato, coloração e peso fresco. Essas características podem ser afetadas pela fertilização nitrogenada (Rudich et al., 1979; Williams e Sistrunk, 1979; Kaniszewsky e Rumpel, 1983; Kaniszewsky et al., 1987). Para alcançar nutrição nitrogenada ótima e, conseqüentemente, altas taxa de crescimento, produção e qualidade dos frutos do tomateiro, sob condições de campo, a taxa de aplicação de fertilizante nitrogenado deve ser igual à alta

demanda que ocorre durante os estádio de crescimento dos frutos (Huett e Dettmann, 1988), uma vez que a acumulação de sólidos solúveis ocorre durante este período e não no estádio de amadurecimento dos frutos (Yrisarry, 1993).

As condições climáticas como temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa também exercem forte influência sobre as características qualitativas dos frutos de uma forma geral (Schuphan, 1961). Sendo assim, a época de cultivo pode influenciar significativamente a qualidade dos frutos de tomate. Supatra et al. (1998) verificaram que o tomate produzido no inverno apresentou melhor qualidade do que no verão em relação aos teores de sólidos solúveis, amido, nitrogênio, proteínas e aminoácidos. Por outro lado, Rodriguez et al. (1994), estudando o efeito do nitrogênio sobre as variáveis relacionadas à qualidade dos frutos do tomateiro em ampla faixa de variações climáticas e edáficas da Europa, constataram pouca variação nos resultados obtidos, indicando que estas variáveis são menos influenciadas pelo meio do que àquelas relacionadas à produção

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre a qualidade de frutos do tomateiro, em duas épocas de plantio.

## **MATERIAS E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos: um na primavera/verão e o outro no outono/primavera. Esses experimentos foram instalados em duas áreas contíguas, localizadas na Horta do Fundão, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Neles, foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre a qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Santa Clara, de hábito de crescimento indeterminado. A caracterização do sistema de produção empregado nos dois experimentos encontra-se no Artigo 1.

Da mesma forma, a caracterização climática do local durante o período de condução dos experimentos bem como a caracterização dos solos antes da

aplicação dos tratamentos também encontram-se no Artigo 1.

O experimento de primavera/verão foi conduzido no campo no período de 13 de novembro de 1998 a 11 de fevereiro de 1999. O de outono/primavera foi conduzido entre 14 de maio e 27 de outubro de 1999. Nos dois experimentos, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença ou não de adubação orgânica. Foram testadas as doses de N correspondentes a 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha. Os níveis de matéria orgânica foram 0 e 8 t/ha de matéria seca de esterco bovino curtido. A caracterização química desse adubo orgânico, colocado nos dois experimentos, encontra-se no Artigo 1. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, perfazendo o total de 40 unidades experimentais ou parcelas.

### **Amostragem dos frutos e determinações em laboratório**

Para a análise da qualidade, foram amostrados cerca de seis frutos extra AA por parcela, escolhidos ao acaso entre aqueles da 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> colheitas. Esses frutos foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados. No laboratório, todos os frutos foram lavados com água deionizada, secados em papel absorvente e, em seguida, três dos seis frutos passados em multiprocessador para a determinação do pH, dos sólidos solúveis totais (°Brix) e da acidez total titulável (Gould, 1974).

Os três frutos restantes foram secos em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C, até atingirem peso constante e moídos em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh. Na matéria seca dos frutos, após a extração com água em banho-maria, a 45°C, durante 1 hora, foi determinada a concentração de  $\text{N-NO}_3^-$ , por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo et al., 1975). Determinou-se, ainda, após digestão sulfúrica, o teor de N-orgânico, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1982). O teor de N-total foi obtido pelo somatório de  $\text{N-NO}_3^-$  e N-orgânico.

## **Procedimento estatístico**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e modelos de regressão foram ajustados relacionando-se as variáveis dependentes obtidas às doses de N aplicadas, nos dois níveis de matéria orgânica testados. Os modelos de regressão foram escolhidos com base no significado biológico do modelo, na significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade, pelo teste t, e no maior coeficiente de determinação.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO**

#### **pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável dos frutos**

O pH dos frutos do tomateiro não foi alterado pelo aumento das doses de N, atingindo os valores médios de 4,58 e 4,61, sem e com matéria orgânica adicionada, respectivamente (Figura 1). Estes resultados discordam daquele obtido por May e Gonzales (1994), os quais constataram que doses altas de nitrogênio proporcionaram valores de pH dos frutos de tomate mais baixos do que as doses baixas. O pH do fruto de tomate destinado ao processamento industrial deve estar entre 4,0 e 4,5, para inibir o crescimento de bactérias (Jones Jr., 1999). No caso de tomate para mesa, ainda não existe padrão para essa variável.

Os sólidos solúveis totais dos frutos do tomateiro não foram alterados com o aumento das doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica testados (Figura 2). Esses resultados estão de acordo com Yrisarry et al. (1993), Dumas et al. (1994) e Pandey et al. (1998), os quais, estudando o efeito do nitrogênio no solo sobre a concentração de sólidos solúveis em frutos de tomate, constataram que essa variável não se alterou com o aumento das doses de N. Já Anaç et al. (1994) verificaram aumento constante da concentração de sólidos solúveis em frutos de tomate com o aumento na quantidade de fertilizante nitrogenado.

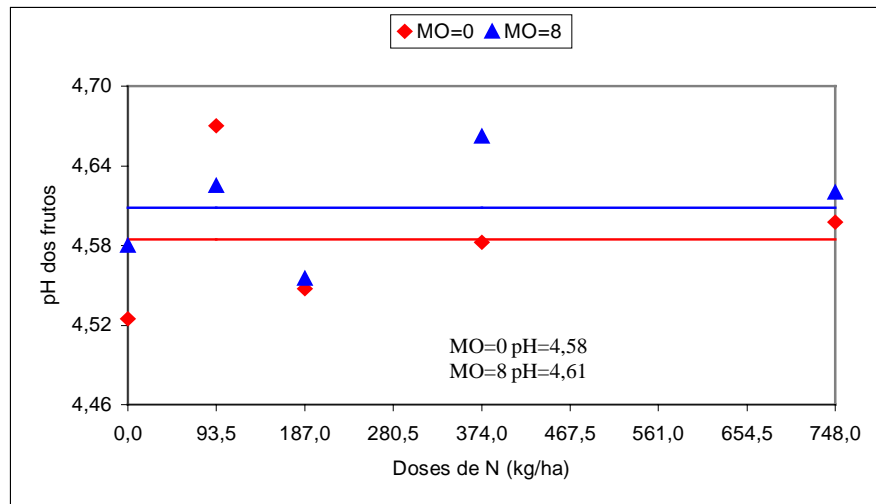


Figura 1 – pH dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

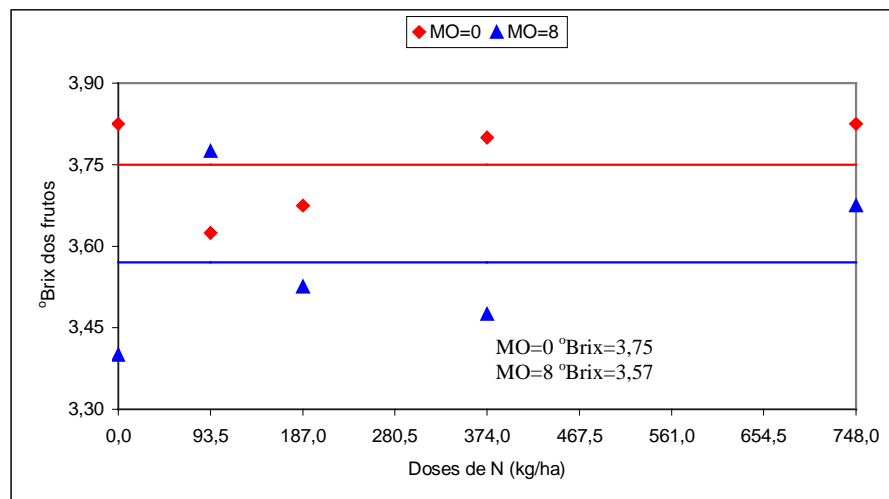


Figura 2 – Grau brix (°Brix) dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

A percentagem de sólidos solúveis totais está relacionada, principalmente, ao sabor do fruto e é representada pelo °Brix. A maior parte das cultivares de tomateiro produz frutos que contêm °Brix variando de 5,0 a 7,0. No presente trabalho, os valores médios foram 3,75 e 3,57, sem e com matéria orgânica adicionada ao solo, respectivamente, indicando que as condições ambientais e culturais dadas às plantas de tomate não proporcionaram alto teor de sólidos solúveis. Deste teor, cerca da metade é composta de açúcares e 1/8 de ácidos, sendo que os açúcares predominantes são glicose e frutose e o ácido predominante é o cítrico (Jones Jr., 1999).

A percentagem de sólidos solúveis totais influencia significativamente o rendimento industrial, principalmente o peso final do produto processado. Em alguns países desenvolvidos, a percentagem de sólidos solúveis é utilizada como base na determinação do preço do tomate destinado ao processamento industrial. Desta forma, é importante que seja definido o papel de certos fatores edáficos na determinação dessa característica (Rodriguez et al., 1994). O nitrogênio desempenha importante papel na biossíntese de açúcares nas folhas, os quais podem ser translocados para os frutos, podendo, ao contrário do que ocorreu no presente experimento, aumentar a concentração de sólidos solúveis destes (Marschner, 1995). Como houve acentuada resposta da produção total de frutos ao incremento das doses de N, nos dois níveis de adubação orgânica testados (Artigo 1), é possível que os açúcares produzidos nas folhas durante o processo de fotossíntese tenham sido destinados apenas para o aumento no peso e no número de frutos por planta nesta cultivar (Santa Clara) e não no teor de sólidos solúveis totais. Dado et al. (1994) evidenciaram que não apenas os teores de sólidos solúveis nos frutos de tomate devem ser levados em consideração, como também a quantidade produzida por unidade de área. Desta forma, no presente experimento, foram produzidos, em média, 945 e 924 kg/ha de sólidos solúveis, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente.

A acidez total titulável dos frutos do tomateiro, representada pela percentagem de ácido cítrico, não foi alterada com o aumento das doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica testados (Figura 3), concordando com os

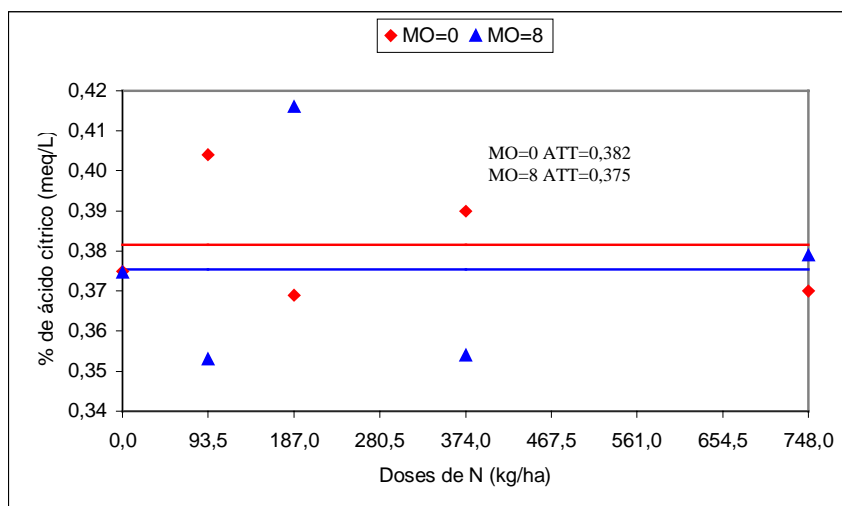
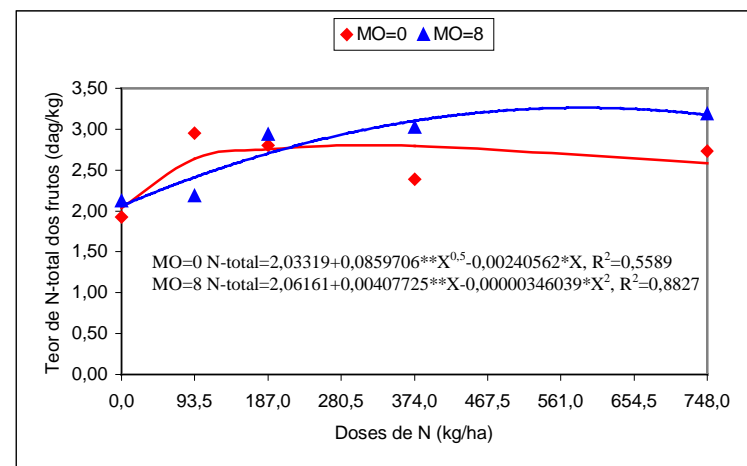
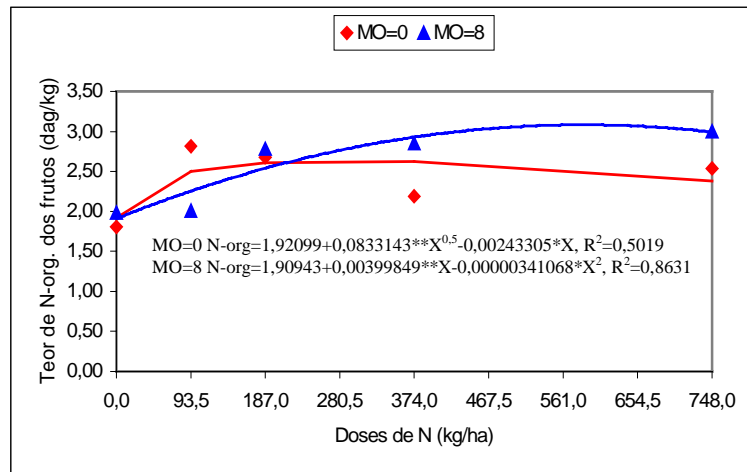
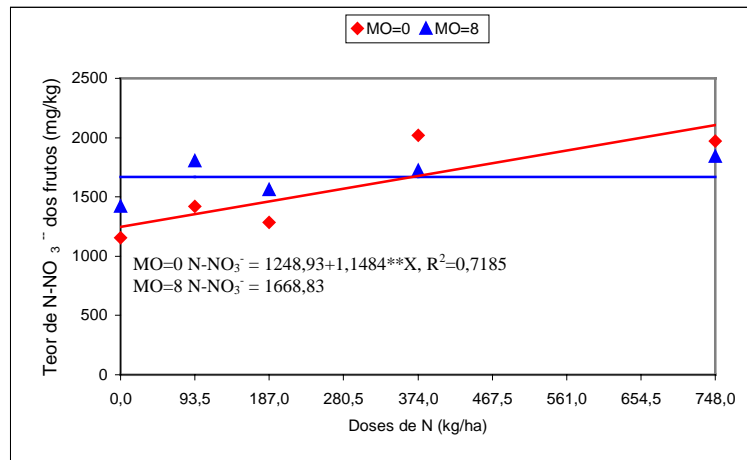


Figura 3 – Acidez total titulável (ATT) dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

resultados obtidos por Dumas et al. (1994) e discordando com a afirmativa feita por Kaniszewski e Rumpel (1983) de que a fertilização nitrogenada pode afetar a acidez total titulável dos frutos de tomate. Além da nutrição nitrogenada, outros fatores como genótipo, irradiação e temperatura podem influenciar a coloração, o teor de açúcares e a acidez total titulável do tomate (Grierson e Kader, 1986). O sabor dos frutos de tomate é importante característica qualitativa que atrai bastante a atenção do consumidor. De acordo com Peet (1996d), citado por Jones Jr. (1999), quanto maiores a acidez e o teor de açúcares, melhor será o sabor do tomate.

### Teores de $\text{N-NO}_3^-$ , N-orgânico e N-total na matéria seca dos frutos

O teor de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos do tomateiro aumentou linearmente com as doses de N sem adição de matéria orgânica ao solo e permaneceu constante com adição (Figura 4). O resultado obtido sem adição de matéria orgânica ao solo está de acordo com a afirmativa de Kaniszewski e Rumpel (1983) de que a fertilização nitrogenada afeta algumas características da qualidade dos frutos de tomate, tais como teores de matéria seca e de nitrato na



\* e \*\*: Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 4 – Teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , N-orgânico e N-total na matéria seca dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

matéria seca. Kaniszewski et al. (1987) verificaram que o incremento do nível de N no solo aumentou o teor de nitrato na matéria seca dos frutos.

O teor de  $N-NO_3^-$  na matéria seca dos frutos, sem adição de matéria orgânica ao solo, com a dose de nitrogênio que proporcionou a produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica (MEE), 355,2 kg/ha (Artigo 1), foi 1657 mg/kg. Tal valor encontra-se acima da faixa encontrada por Kaniszewski et al. (1987), que foi 57,3-145,1 mg/kg. Essa discrepância pode ser atribuída a diversos fatores, entre os quais cultivares, manejo da cultura, produtividade e quantidade de N adicionada ao solo.

Os teores de N-orgânico e N-total na matéria seca dos frutos do tomateiro aumentaram com as doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica testados (Figura 4). Sem adubação orgânica, os teores de N-orgânico e N-total na matéria seca dos frutos correspondentes à dose de N que proporcionou a PEAA de MEE (355,2 kg/ha) foram 2,63 e 2,80 dag/kg, respectivamente. Com adição de matéria orgânica ao solo, tais teores foram 2,82 e 2,99 dag/kg, respectivamente, sendo a dose de N correspondente à PEAA de MEE igual a 310,2 kg/ha. Esses valores de concentração de nitrogênio estão dentro da faixa encontrada nos experimentos de Christou et al. (1994) nos centros da União Européia, que foi de 2,36-3,70 dag/kg.

A composição mineral dos frutos de tomate é importante na nutrição humana, podendo ser referencial para a quantidade de N a ser aplicada na próxima cultura. Dangler e Salvatore (1990) afirmaram que a concentração de N nos frutos de tomate está relacionada com as práticas culturais, as condições climáticas e as características do solo. Christou et al. (1994) e Andersen et al. (1999) constataram que o aumento da dose de N no solo resultou em incremento da concentração deste nutriente na matéria seca dos frutos.

## EXPERIMENTO DE OUTONO/PRIMAVERA

### pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável dos frutos

O pH, os sólidos solúveis totais (°Brix) e a acidez total titulável, representada pela percentagem de ácido cítrico, dos frutos do tomateiro não foram alterados com o aumento das doses de N no solo, nos dois níveis de matéria orgânica testados (Figuras 5, 6 e 7, respectivamente). Wight et al. (1962) também não encontraram variação em algumas características da qualidade de frutos do tomateiro, entre elas pH e °Brix, com o aumento da taxa de fertilizantes nitrogenados no solo. Os resultados obtidos também estão de acordo com Pandey et al. (1998), os quais constataram que a fertilização nitrogenada não afetou os sólidos solúveis totais, a acidez total titulável e o teor de ácido ascórbico nos frutos de tomate. Desta forma, Wight et al. (1962) sugerem que o programa de adubação com N nesta cultura deve ser feito com base nos benefícios trazidos à produção e não à qualidade dos frutos.

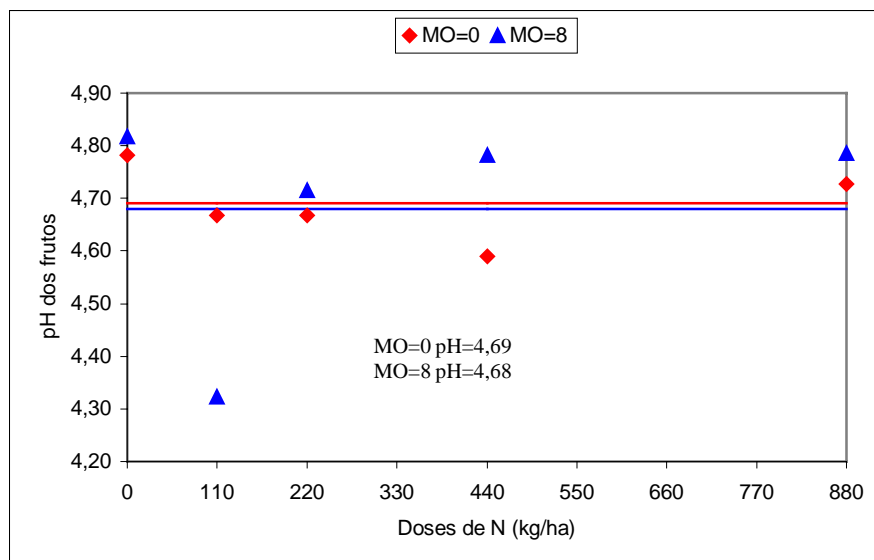


Figura 5 – pH dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de inverno/primavera.

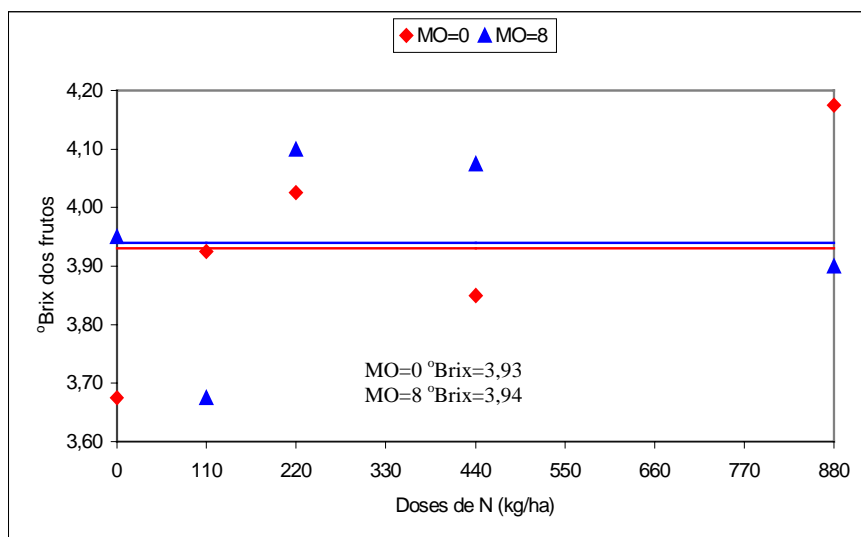


Figura 6 – Grau brix (°Brix) dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

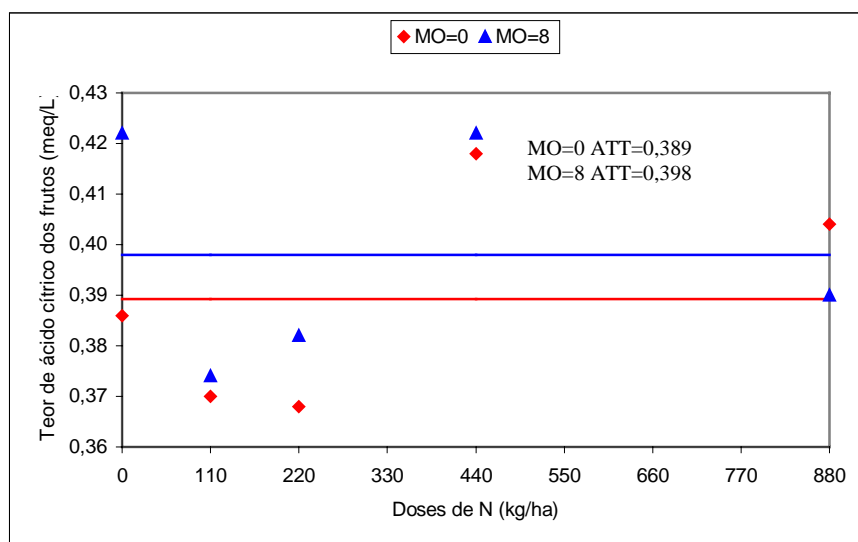
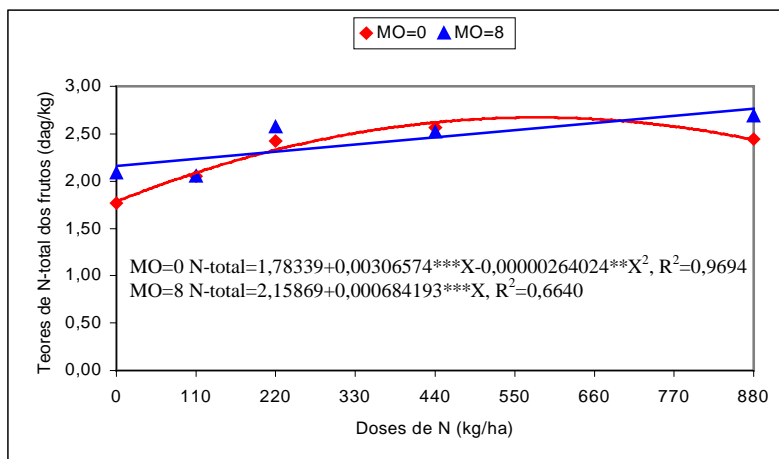
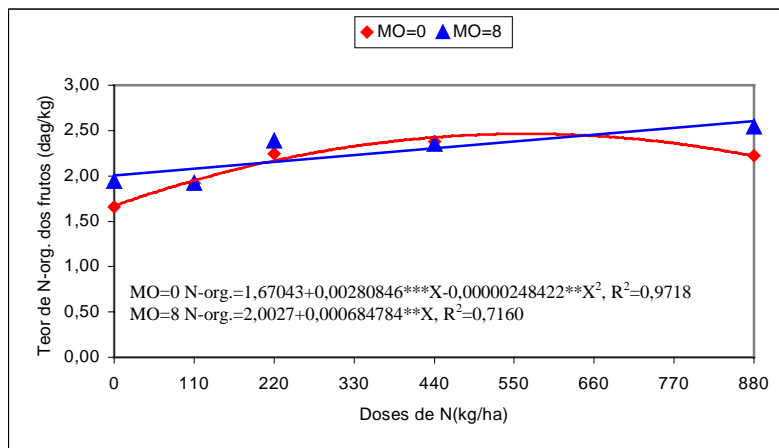
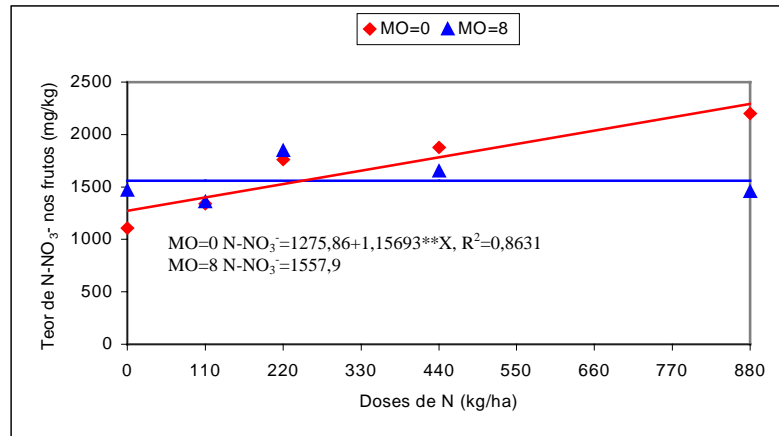


Figura 7 – Acidez total titulável (ATT) dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

### **Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-orgânico e N-total dos frutos**

Semelhante ao que ocorreu no experimento de primavera/verão, o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca dos frutos do tomateiro aumentou linearmente com as doses de N sem adição de matéria orgânica ao solo e permaneceu constante com adição (Figura 8). O teor de nitrato nos frutos, sem adubação orgânica, correspondente à dose de nitrogênio no solo que proporcionou a PEAA de MEE, ou seja, 525,8 kg/ha (artigo 1), foi 1884 mg/kg. Tal valor, semelhante ao que ocorreu no experimento de primavera/verão, se encontra muito acima da faixa encontrada por Kaniszewski et al. (1987).

Os teores de N-orgânico e N-total na matéria seca dos frutos do tomateiro aumentaram com as doses de N, nos dois níveis de matéria orgânica (Figura 8). Sem adubação orgânica, os teores de N-orgânico e N-total correspondentes à dose de N que proporcionou a PEAA de MEE foram 2,46 e 2,67 dag/kg, respectivamente. Com adição de matéria orgânica ao solo, tais teores foram 2,36 e 2,52 dag/kg, respectivamente. Tais valores, semelhante ao que ocorreu no experimento de primavera/verão, estão dentro da faixa encontrada por Chistou et al. (1994).



\*\* e \*\*\*: Significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 8 – Teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , N-orgânico e N-total na matéria seca dos frutos do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

## CONCLUSÕES

- Nos dois experimentos, o pH, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável no suco de tomate não se alteraram com o aumento nas doses de N, sem ou com adubação orgânica;
- Nos dois experimentos, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos do tomateiro aumentaram linearmente com as doses de N na ausência da adubação orgânica e permaneceram constantes na presença;
- Com as doses de N correspondentes à produção equivalente a frutos extra AA de máxima eficiência econômica (MEE), para o experimento sem adubação orgânica, nas épocas de primavera/verão e outono/primavera, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos foram 1657 e 1884 mg/kg, respectivamente.
- Em ambos os experimentos, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, os teores de N total na matéria seca dos frutos (NTF) aumentaram com o aumento das doses de N no solo.
- No experimento de primavera/verão, os NTF obtidos com a dose de MEE foram 2,80 e 2,99 dag/kg, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente. No experimento de outono/primavera, tais teores foram 2,67 e 2,52 dag/kg.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAÇ, D., ERIUCE, N., KILINÇ, R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. **Acta Horticulturae**, n.376, p.243-250. 1994.
- 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.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHRADER, L.E., YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-80. 1975.

- CHRISTOU, M., LEONI, S., CORNILLON, P., GAINZA, A., DUMAS, Y., RODRIGUEZ, A., DIMIRKOU, A. Influence of water and nitrogen availability on elemental composition of processing tomato fruit in EU countries. **Acta Horticulturae**, n.376, p.279-284. 1994.
- DADOMO, M., GAINZA, A.M., DUMAS, Y., BUSSIÈRES, P., MACUA, J.I., CHRISTOU, M., BRANTHÔME, X. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union countries. **Acta Horticulturae**, n.376, p.271-274. 1994.
- DANGLER, J.M., SALVATORE, J.L. External and internal blotchy ripening and fruit elemental content of trickle-irrigated tomatoes as affected by N and K application time. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.115, n.4, p.547-549. 1990.
- DUMAS, Y., LEONI, C., PORTAS, C.A.M., BIÈCHE, B. Influence of water and nitrogen availability on yield and quality of processing tomato in the European Union countries. **Acta Horticulturae**, n.376, p.185-192. 1994.
- GOULD, W.A. Tomato production, processing and quality evaluation. Westport: The AVI Publishing Company, 1974. 445p.
- GRIERSON, D., KADER, A.A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J.C. & RUDICH, J. (eds). **The tomato crops: a scientific basis for improvement**. Chapman and Hall, London, p.241-280. 1986.
- HUETT, D.O., DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.28, n.3, p.391-399. 1988.
- JACKSON, M.L. **Análisis químico de suelos**. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1982, 662p.
- JONES Jr., J.B. **Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1999. 199 p.
- KANISZEWSKI, S., ELKNER, K., RUMPEL, J. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield, nitrogen status in plants and quality of fruits of direct seeded tomatoes. **Acta Horticulturae**, n.200, p.195-202. 1987.
- KANISZEWSKI, S., RUMPEL, J. The effect of nitrogen fertilization on the yield, nutrient status and quality of tomatoes under single and multiple harvest. **Biul. Warzyw.**, Supplement, p.19-29. 1983.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed., London, Academic Press, 1995. 889 p.
- MAY, D.M., GONZALES, J. Irrigation and nitrogen management as they affect fruit quality and yield of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, n.376, p.227-234. 1994.

- MENGEL, K., KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition.** 4<sup>a</sup> ed. International Potash Institute, Berna, 1987, 688 p.
- PANDEY, R.P., SARAF, R.K., PARIHAR, M.S. Effect of nitrogen, phosphorus and varieties on quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Punjab Vegetable Grower**, v.33, p.15-18. 1998.
- RODRIGUEZ, A., LEONI, S., BUSSIERES, P., DADOMO, M., CHRISTOU, M., MACUA, I.J., CORNILLON, P. The influence of water and nitrogen levels on the quality of the processing tomato grown in European Union countries. **Acta Horticulturae**, n.376, p.275-278. 1994.
- RUDICH, J., GEIZENBERG, C., GERA, G., KALMAR, D., HOVEL, S. Drip irrigation of late seeded tomato for processing. **Acta Horticulturae**, n.89, p.59-68. 1979.
- SCHUPHAN, W. **Quality of crops for human nutrition.** BLV- Verlagsges München, Bonn, Wien, 1961.
- STEGEMANN, H., FRANCKSEN, H., MACKO, V. Potato proteins: Genetic and physiological changes, evaluated by one- and two-dimensional PAA-Gel- Techniques. **Zeitschrift für Natwrforschung c-a Journal of Biosciences**, v.28, n.11-1, p.722-732. 1973.
- SUPATRA, S., MUKHERJI, S., SEN, S. Influence of seasons in determining the date of sowing and fruit quality of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (okra) and *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomato). **Indian Agriculturist**, v.42, n.3, p.161-166. 1998.
- WIGHT, J.R., LINGLE, J.C., FLOCKER, W.J., LEONARD, S.J. The effects of irrigation and nitrogen fertilization treatments on the yield, maturation, and quality of canning tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.81, p.451-457. 1962.
- WILLIAMS, J.W., SISTRUNK, W.A. Effect of cultivar, irrigation, etephon and harvest date on the yield and quality of processing tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.104, n.4, p.435-439. 1979.
- YRISARRY, J.J.B., LOSADA, M.H.P., RINCÓN, A.R. del. Response of processing tomato to three different levels of water and nitrogen applications. **Acta Horticulturae**, n.355, p.149-156. 1993.

# TEORES RESIDUAIS DE N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> E N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> EM SOLO CULTIVADO COM TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA MATÉRIA ORGÂNICA

## RESUMO

Os teores residuais de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N mineral (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) em solo cultivado com tomateiro, em resposta a doses de nitrogênio e a adubação orgânica, foram avaliados em um experimento de campo conduzido na época de outono/primavera (mai/99 a out/99) e instalado na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico. As doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha e as doses de matéria orgânica na forma de esterco bovino curtido foram 0 e 8 t/ha, em base seca. O experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. Foram feitas amostragens de solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm ao final do ciclo da planta. Em todas as profundidades e nas duas doses de matéria orgânica, os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> aumentaram com o incremento nas doses de N, sendo que os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram mais influenciados por este aumento do que os de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. As respostas apresentadas pelos teores de N mineral foram similares às aquelas apresentadas pelos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, tomate, adubação nitrogenada, esterco bovino, nitrato, amônio

# RESIDUAL N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> AND N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> CONTENT IN SOIL CULTIVATED WITH TOMATO PLANTS IN FUNCTION OF NITROGEN DOSES AND ORGANIC MATTER

## SUMMARY

The residual content of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and mineral N (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) in soil cultivated with tomato plants, in response to nitrogen doses and organic fertilization, were evaluated in a field experiment conducted in the autumn/spring seasons (from may/99 to oct/99) and installed at Horta do Fundão of Federal University of Viçosa, in a Cambic Red-Yellow Argisol. The N doses applied were 0, 110, 220, 440 and 880 kg/ha and the organic matter doses in the form of hardened bovine manure were 0 and 8 t/ha, in dry base. The experiment had randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design, with four replications. Soil sampling was done in the 0-20, 20-40 and 40-60 cm depth in the final cycle of the plant. In all depth and in the two doses of organic matter, the N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> contents increased with the N doses flush, as the N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> were more influenced by this increase than N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. The responses presented by N mineral content were similar to those presented by N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, tomato, nitrogen fertilization, bovine manure, nitrate, ammonium.

## INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e das águas com resíduos de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é um problema que tem causado sérias preocupações na atualidade, uma vez que estas formas de nitrogênio, em excesso, podem causar danos à saúde dos homens e dos animais. Embora tal contaminação seja proveniente de várias fontes, tais como resíduos industriais, municipais e de garimpagem, as práticas agrícolas, em

especial a fertilização do solo com nitrogênio, que tem aumentado abusivamente nos últimos cinquenta anos, têm sido consideradas a principal delas (Ferguson et al., 1991). A contaminação geralmente ocorre porque as altas taxas de fertilizantes nitrogenados, que resultam em altos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no perfil do solo, geralmente excedem os requerimentos culturais. Somado a este fato estão as limitadas práticas de manejo do solo e das culturas (Sainju et al., 1999).

Os teores residuais de nitrogênio no solo também aumentam devido à baixa eficiência da adubação nitrogenada apresentada por algumas culturas. Tal eficiência pode ser definida como a quantidade de N proveniente do adubo que foi absorvida pela planta em relação à quantidade de N aplicada. Segundo Sainju et al. (1999), a recuperação do N pela planta raramente excede 70% daquele aplicado e, na maior parte das culturas, atinge em média 50%. Nas espécies olerícolas chega a ser até mesmo menor. Por exemplo, na batata (*Solanum tuberosum* L.), Errebhi et al. (1998) demonstraram que a recuperação do nitrogênio variou entre 25 a 40%. No tomateiro, Hills et al. (1983) e Ikeda (1991) demonstraram que as eficiências de adubação nitrogenada alcançaram a apenas 28 e 15%, respectivamente.

Além de todos os fatores acima citados, a mineralização do nitrogênio contido na matéria orgânica do solo pode contribuir significativamente para a acumulação de  $\text{N-NO}_3^-$  no perfil do solo (Sainju et al., 1999). A matéria orgânica constitui o reservatório de nitrogênio do solo que, em determinadas condições, pode funcionar como fonte ou dreno deste nutriente (Boone, 1990). Durante a decomposição da matéria orgânica, relação C/N do solo maior que 30 leva à imobilização do nitrogênio, que é incorporado na microflora até que a relação decresça aquém de 17, quando o N imobilizado anteriormente é, gradualmente, liberado ao solo na forma de  $\text{N-NH}_4^+$ , que é, de acordo com as condições ambientais, convertido a  $\text{N-NO}_3^-$  (Silva, 1997).

O nitrogênio é essencial ao crescimento e à produção das plantas cultivadas, sendo, na maioria dos casos, o elemento que causa mais acentuados problemas de deficiência nutricional. Por isso, na agricultura comercial moderna, em especial na olericultura, em razão dos fertilizantes nitrogenados e da matéria

orgânica apresentarem custo relativamente baixo comparado à receita gerada pelo aumento obtido na produtividade, grandes quantidades destes insumos são adicionadas ao solo, constituindo-se fonte potencial de poluição ambiental. Para que esse problema decresça, é necessário que os agricultores usem os adubos nitrogenados e orgânicos em quantidades que, ao mesmo tempo, aumentem a produtividade das culturas e diminuam ao mínimo possível os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo (Ünlü et al., 1999). Para este fim, precisam ser direcionadas as pesquisas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  do solo cultivado com tomateiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento de campo foi conduzido durante a época do ano de outono/primavera (de 14 de maio a 27 de outubro de 1999), na Horta do Fundão, Universidade Federal de Viçosa, com a cv. Santa Clara, de hábito de crescimento indeterminado. A caracterização do sistema de produção e a caracterização climática do local durante o período de condução do experimento encontram-se no Artigo 1.

### **Caracterização do solo antes do cultivo**

Na área do experimento, foram coletadas 120 amostras simples de solo, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, dois dias antes do transplante das mudas. Cada grupo de três amostras simples foi misturado e homogeneizado, de forma a constituir a amostra composta, perfazendo, assim, 40 amostras compostas. Nestas amostras foram determinados os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e de  $\text{N-NH}_4^+$  e, pelo somatório dos dois, foram obtidos os teores de N mineral (Quadro 1).

Quadro 1 – Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N mineral em amostras de solo retiradas dois dias antes do transplante do tomateiro, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm

N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			N mineral		
-----Profundidade (cm)-----								
0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
mg/dm <sup>3</sup>								
4,98	2,27	1,84	7,33	5,25	4,72	12,31	7,52	6,56

### Tratamentos aplicados

Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença ou não de adubação orgânica. Foram testadas as doses de N correspondentes a 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha. Os dois níveis de matéria orgânica foram 0 e 8 t/ha de matéria seca de esterco bovino curtido, cuja caracterização química encontra-se no Artigo 1. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, perfazendo 40 unidades experimentais ou parcelas.

### Amostragem de solo

Ao final do ciclo do tomateiro, aos 185 dias após o transplante (DAT), foi feita a amostragem de solo utilizando sonda tipo trado, nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Em cada parcela, foi obtida uma amostra composta a partir de três amostras simples, em cada profundidade amostrada. As amostras simples foram retiradas nas fileiras úteis, entre duas plantas úteis. As amostras compostas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados.

### Metodologias analíticas empregadas

Todas as amostras de solo retiradas antes e após o ciclo do tomateiro foram secadas ao ar e passadas em peneira de 2mm. Em seguida, foram tomadas

sub-amostras de 5 cm<sup>3</sup> de solo, nas quais foi feita a extração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em copos tipo “snap”, utilizando KCl 1 mol/L como extrator, na relação solo:extrator 1:10 (Keeney e Nelson, 1982). Após agitação em agitador horizontal por 30 minutos, os copos foram deixados em repouso por 4 horas. O N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> presente no sobrenadante foi dosado pela reação de Griss-Liosvay (Keeney e Nelson, 1982) e o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi dosado pelo método do salicilato (Kempers e Zweers, 1986), para cada profundidade de amostragem (0-20, 20-40 e 40-60 cm). Em seguida, calcularam-se, a partir da soma dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, os teores de N mineral residual em cada profundidade.

### **Procedimento estatístico**

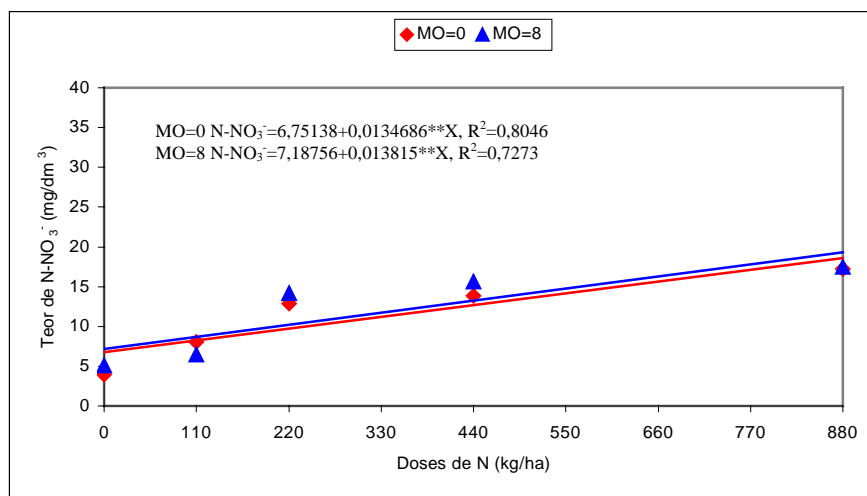
Os dados relativos aos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N mineral foram submetidos às análises de variância e de regressão, relacionando-os às doses de N aplicadas, nos dois níveis de matéria orgânica testados. Os modelos de regressão testados foram: lineares, quadráticos e raiz-quadráticos. Escolheu-se um com base no significado biológico, na significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade, pelo teste t, e no maior coeficiente de determinação.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

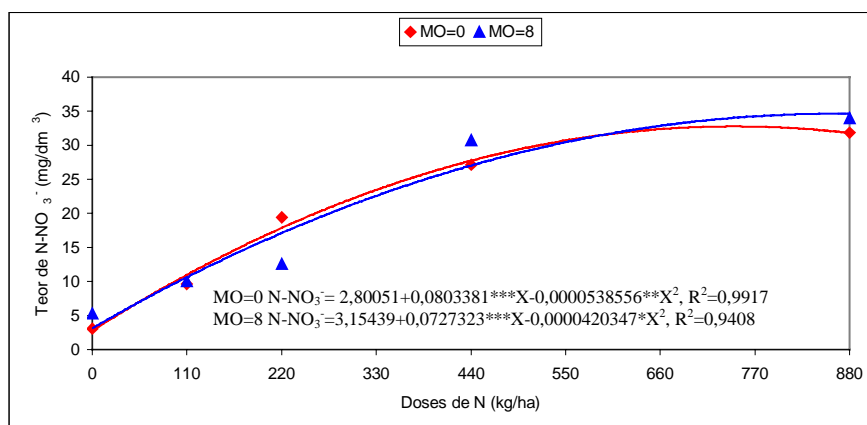
### **Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo**

Em todas as profundidades do solo (0-20, 20-40 e 40-60 cm) e nas duas doses de matéria orgânica (0 e 8 t/ha), os teores residuais de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> aumentaram com o incremento das doses de N (Figuras 1 e 2), concordando com os resultados obtidos por Guimarães (1998). Westerman et al. (1994), avaliando algumas características químicas do solo cultivado com trigo, ao final do ciclo cultural, encontraram aumentos nos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas profundidades de 0-30 e 0-15 cm, respectivamente, com o aumento nas taxas de fertilizantes nitrogenados.

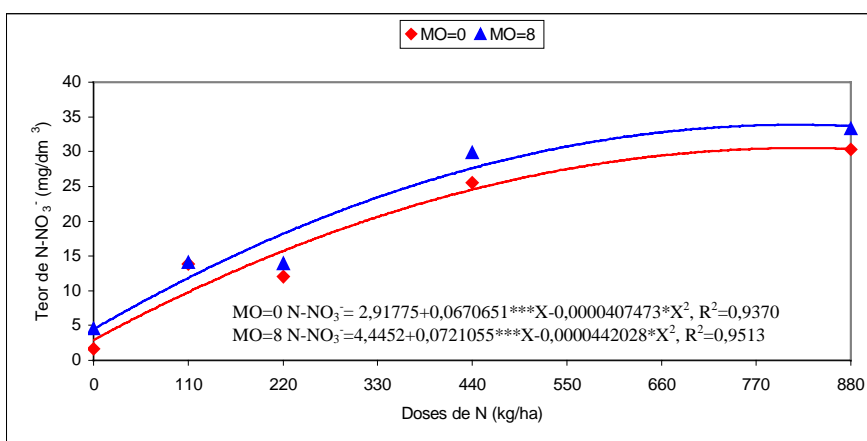
### Profundidade de 0-20 cm



### Profundidade de 20-40 cm



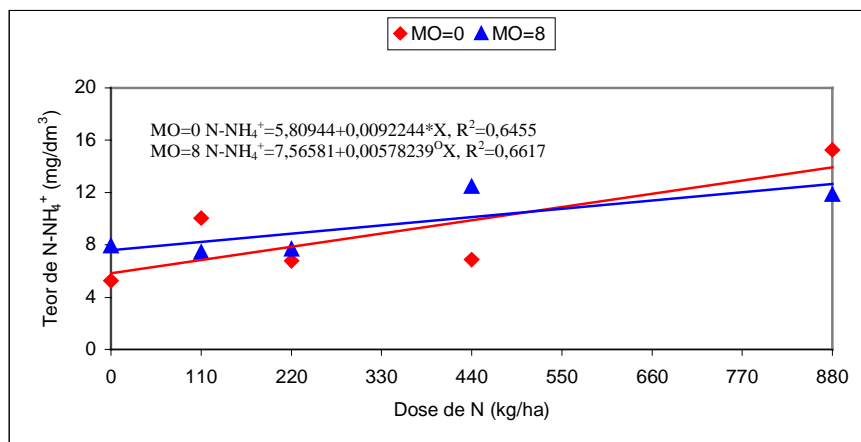
### Profundidade de 40-60 cm



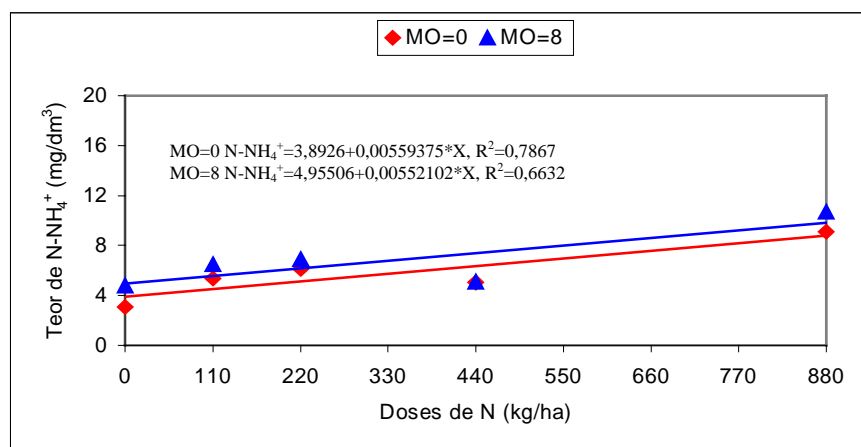
\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 1 – Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, aos 185 dias após o transplante do tomateiro, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

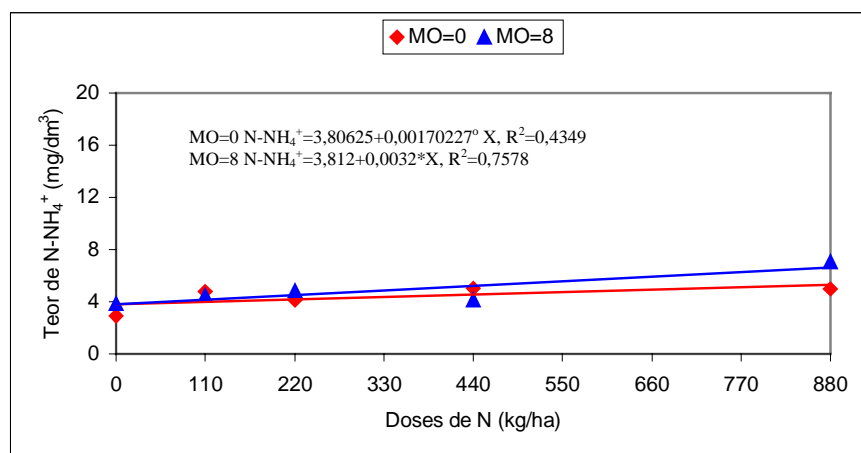
### Profundidade de 0-20 cm



### Profundidade de 20-40 cm



### Profundidade de 40-60 cm



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

Figura 2 – Teores de  $N-NH_4^+$  do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, aos 185 dias após o transplante do tomateiro, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

Os teores residuais de  $\text{N-NH}_4^+$  foram aparentemente menos influenciados pelas doses de N do que os de  $\text{N-NO}_3^-$  (Figuras 1 e 2). Essa menor influência das doses de N sobre os teores residuais de  $\text{N-NH}_4^+$  pode ser devido ao fato do nitrocálcio (nitrato de cálcio) ter sido a fonte de nitrogênio no experimento e, também, provavelmente, ao ambiente oxidante encontrado no solo ao final do experimento, quando as amostras foram retiradas, em decorrência das baixas precipitações dessa época do ano (outono/primavera). Esse ambiente oxidante pode ter permitido a manutenção do nitrogênio na forma de nitrato, possivelmente inibindo a atuação de bactérias desnitrificantes.

Sem ou com adição de matéria orgânica, a camada superficial do solo (0-20 cm) apresentou menores teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  do que as camadas mais profundas, nas duas maiores doses de nitrogênio (440 e 880 kg/ha) (Figura 1). Esse fato pode ser atribuído a absorção do  $\text{N-NO}_3^-$  pelo tomateiro e a lixiviação em direção aos horizontes mais profundos. A lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  pode ser favorecida pela aplicação localizada de doses elevadas de fertilizantes nitrogenados, especialmente quando a lâmina de água for excessiva (Christou et al., 1994; McCracken et al., 1994; Abdul-Baki et al., 1997; Guimarães, 1998; Ünlü et al., 1999; Nohrstedt, 2000). Para reduzir a lixiviação, Ünlü et al. (1999) recomendam que as taxas de N, as frequências e os períodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados e as irrigações sejam programadas de acordo com o desenvolvimento das culturas e as características físicas do solo.

Sem adição de matéria orgânica e na mais alta dose estudada (880 kg/ha de N), os teores estimados de  $\text{N-NO}_3^-$  na camada 0-20 e de 20-40 cm foram 31,79 e 30,38  $\text{mg/dm}^3$ , respectivamente, enquanto que, na dose zero de N, nestas mesmas profundidades, os valores foram 2,80 e 2,92  $\text{mg/dm}^3$ , respectivamente. Já na presença da adubação orgânica, tais valores foram, respectivamente, 34,61 e 33,67  $\text{mg/dm}^3$ , na maior dose de N testada, e 3,15 e 4,45  $\text{mg/dm}^3$  na dose zero. Os teores residuais encontrados na camada de 0-20 cm estão muito próximos daquele encontrado por Hadas et al. (1989) após 88 dias da aplicação de 1200 kg/ha de N a um Vertissolo cultivado com algodoeiro, em Israel. Tal valor foi 34,6  $\text{mg/dm}^3$ . Já na camada de 20-40 cm, o valor encontrado por esses autores (24,1  $\text{mg/dm}^3$ ) foi um

pouco inferior aos encontrados no presente experimento.

Por outro lado, Meyer e Marcum (1998), trabalhando em solo cultivado com batata (*Solanum tuberosum* L.), na Califórnia, encontraram teor residual de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> igual a 1050 mg/dm<sup>3</sup> na profundidade de 0-60 cm, com a aplicação de 448 kg/ha de N. Ünlü et al. (1999), também trabalhando com batata, na Turquia, encontraram, ao final do ciclo cultural, teores residuais de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo iguais a 20,4 e 29,3 mg/dm<sup>3</sup> nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, respectivamente, com a aplicação de 1000 kg/ha de N. Guimarães (1998), trabalhando com tomateiro nas mesmas condições de cultivo do presente experimento, encontrou, ao final do ciclo, teores residuais de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> iguais a 31,8 e 32,9 mg/dm<sup>3</sup>, com a aplicação de 500 kg/ha de N. Os resultados dessas pesquisas indicam que os teores residuais de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo variam de acordo com uma série de fatores, tais como taxa de fertilizantes nitrogenados, planta cultivada, práticas culturais, tipo de solo, condições climáticas, entre outros. Para minimizar tais teores, Meyer e Marcum (1998) recomendam a determinação das concentrações de N presentes no solo antes do plantio das culturas. Conhecendo-se essas concentrações, pode-se determinar as taxas apropriadas de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, otimizar a produção e obter alta eficiência no uso do N do fertilizante.

Os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo do tratamento sem nitrogênio e sem adição de matéria orgânica, nas três profundidades, foram superiores (Figura 1) aos observados antes do transplântio (Quadro 1), indicando aumento na disponibilidade de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> devido, possivelmente, à mineralização da matéria orgânica já existente no solo antes do experimento. Assim, o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na camada 0-20 cm do solo, no tratamento sem N e sem adição de matéria orgânica (Figura 1), aumentou de 4,98 mg/dm<sup>3</sup> antes do transplântio (Quadro 1) para 6,75 mg/dm<sup>3</sup> aos 185 DAT. Também, o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> da camada de 40-60 cm, do mesmo tratamento (Figura 1), foi superior ao observado nesta camada antes do transplântio (1,84 mg/dm<sup>3</sup>, Quadro 1), apesar do menor teor de matéria orgânica e da menor taxa de mineralização neste horizonte mais profundo do solo, indicando, provavelmente, alguma lixiviação de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mineralizado proveniente das camadas mais superficiais.

Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo do tratamento sem nitrogênio e sem adição de matéria orgânica, nas três profundidades, foram inferiores (Figura 2) aos observados antes do transplante (Quadro 1), indicando diminuição na disponibilidade de  $\text{N-NH}_4^+$  devido, provavelmente, à sua oxidação a  $\text{N-NO}_3^-$ , por intermédio das bactérias nitrificantes, e/ou à sua absorção pelas raízes do tomateiro. O  $\text{N-NH}_4^+$  é preferencialmente absorvido pelas raízes das plantas em relação ao  $\text{N-NO}_3^-$ . Isso acontece porque o influxo do  $\text{N-NH}_4^+$  direcionado ao citoplasma das células radiculares ocorre a favor do gradiente de potencial eletroquímico transmembrana, o contrário ocorrendo com o influxo do  $\text{N-NO}_3^-$ , que é mais lento (Marschner, 1995). Estudos conduzidos com  $^{15}\text{N}$ , utilizando plantas de *Camellia sinensis* L., revelaram que a absorção de  $\text{N-NH}_4^+$  foi duas vezes mais alta do que a de  $\text{N-NO}_3^-$  quando a razão  $\text{N-NO}_3^-:\text{N-NH}_4^+$  foi 1:1. Já a absorção do  $\text{N-NO}_3^-$  só foi duas vezes superior à do  $\text{N-NH}_4^+$  quando essa relação foi 9:1 (Morita et al., 1998).

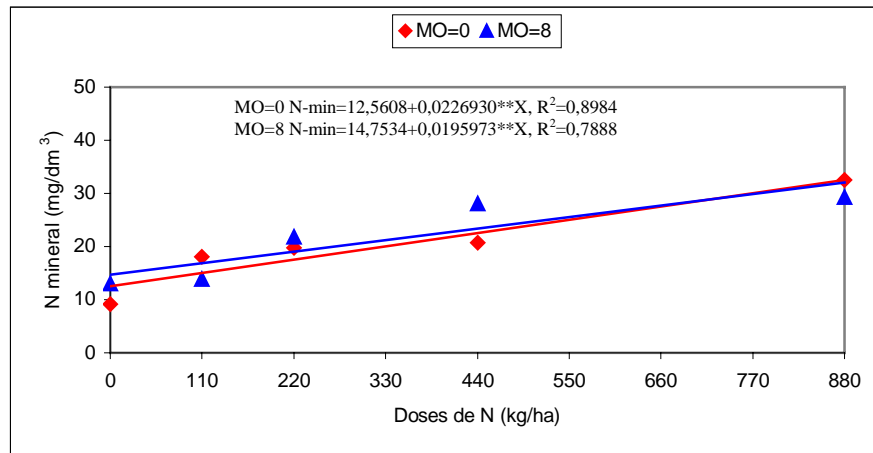
De modo geral, os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo, nas três profundidades estudadas, foram aparentemente maiores com adição de matéria orgânica ao solo (Figuras 1 e 2), indicando mineralização da mesma.

### **Teor de N mineral no solo**

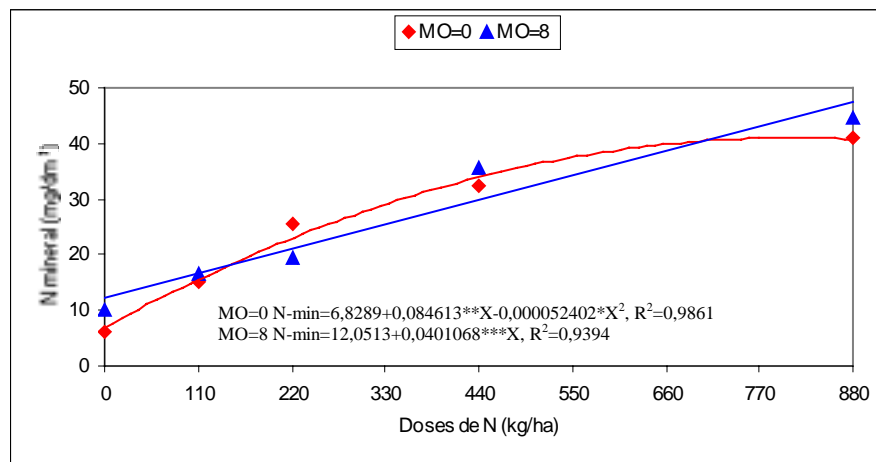
As doses de N aumentaram os teores residuais de N mineral no solo, sem ou com adição de matéria orgânica, em todas as profundidades de amostragem (Figura 3), concordando com os resultados obtidos por Hadas et al. (1989), Meyer e Marcum (1998) e MacKown et al. (1999), com as culturas do algodoeiro, da batata (*Solanum tuberosum* L.) e do tabaco, nas profundidades de 0-120, 0-60 e 0-30 cm, respectivamente. De modo geral, a resposta dos teores residuais de N mineral foi similar à resposta apresentada pelos teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  (Figura 1). Hadas et al. (1989) e Guimarães (1998) também encontraram baixa influência dos teores de  $\text{N-NH}_4^+$  sobre a resposta dos teores de N mineral.

A aplicação da maior dose de N (880 kg/ha) resultou em teores residuais de N mineral, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, iguais a 32,53; 40,71 e

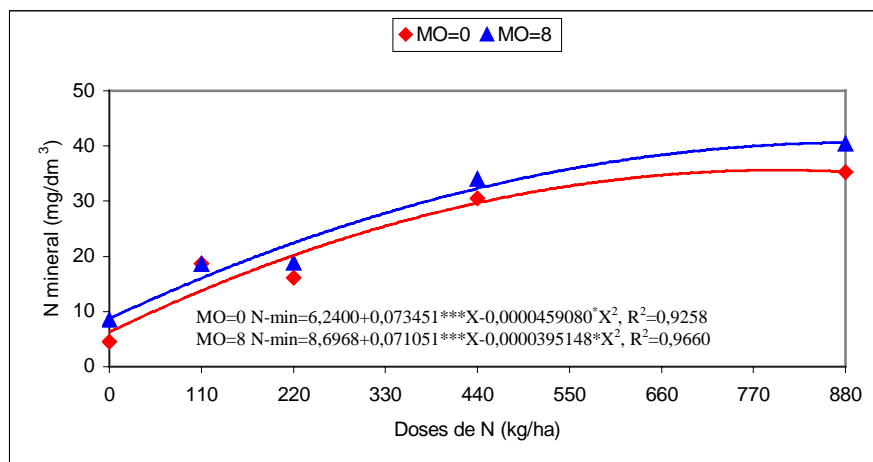
### Profundidade de 0-20 cm



### Profundidade de 20-40 cm



### Profundidade de 40-60 cm



\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 3 – Teores de N mineral do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, aos 185 dias após o transplante do tomateiro, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

35,33 mg/dm<sup>3</sup>, sem adubação orgânica, e a 32,00; 47,35 e 40,62 mg/dm<sup>3</sup> com adubação orgânica (Figura 3). Tais valores representam, respectivamente, aumentos de 164, 441 e 438%, sem adição de matéria orgânica ao solo, em relação aos valores determinados no solo antes do transplante, e 160, 530 e 519%, quando houve adição (Quadro 1). Esses resultados indicam que houve movimentação bastante expressiva do N mineral da camada superficial até as camadas mais profundas, apesar das raízes do tomateiro terem absorvido, de maneira mais intensa, parte do N existente na profundidade 0-20 cm.

Com a aplicação da dose de N responsável pela PEAA de máxima eficiência econômica (525,8 e 523,4 kg/ha de N nas doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente), os teores residuais de N mineral nas camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm seriam 24,49; 36,83 e 32,17 mg/dm<sup>3</sup>, na ausência da adubação orgânica, e 25,01; 33,04 e 35,06 mg/dm<sup>3</sup> na presença. Tais valores representam aumentos de 99, 390 e 390%, respectivamente, em relação aos valores determinados no solo antes do plantio, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 103, 339 e 432%, com adição (Quadro 1), significando menores quantidades de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sujeitas à lixiviação em relação à maior dose estudada (880 kg/ha).

Os resultados acima expostos indicam que altas doses de fertilizantes nitrogenados não aumentam a eficiência de uso do nitrogênio pelo tomateiro irrigado por superfície, mesmo que aplicadas parceladamente, uma vez que houve movimentação bastante expressiva deste elemento para a camada de 40-60 cm do solo, especialmente com a maior dose aplicada (880 kg/ha).

Na dose zero de N, o teor de N mineral na camada 0-20 cm do solo (Figura 3), nos dois níveis de matéria orgânica, atingiu valor mais elevado do que aquele no solo antes do plantio, nesta mesma camada (Quadro 1), sendo que, na presença da adubação orgânica, esta variável foi ainda maior do que na ausência (Figura 3). Esses resultados indicam que o N presente no solo antes da instalação do experimento e a mineralização da matéria orgânica aplicada foram importantes no fornecimento deste elemento ao tomateiro, podendo explicar as produções totais relativamente altas obtidas com a dose zero de N (69,2 e 84,3 t/ha para as doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente). Já nas camadas

20-40 e de 40-60 cm, os teores de N mineral só atingiram valores mais altos do que aqueles existentes no solo antes do plantio na presença da adubação orgânica, indicando, novamente, a mineralização da matéria orgânica adicionada ao solo e, também, a lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  da camada superficial, de 0-20 cm, até as camadas mais profundas, de 20-40 e de 40-60 cm.

## CONCLUSÕES

- Nas profundidades do solo (0-20, 20-40 e 40-60 cm) e com as duas doses de matéria orgânica (0 e 8 t/ha), os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  e de  $\text{N-NH}_4^+$  aumentaram com o aumento nas doses de N, sendo que os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$  foram mais influenciados do que os de  $\text{N-NH}_4^+$ ;
- Os teores residuais de N mineral responderam aos tratamentos de forma similar aos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ ;
- Com as doses ótimas de N para a produção de frutos, os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$ , nas três profundidades de amostragem, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, aumentaram nas seguintes proporções em relação aos valores presentes no solo antes do plantio: 0-20 cm = 181 e 190%, 20-40 cm = 1228 e 1209% e 40- 60 cm = 1363 e 1535%; os respectivos aumentos nos valores dos teores residuais de  $\text{N-NH}_4^+$  foram: 0-20 cm = 45 e 44%, 20-40 cm = 30 e 49% e 40-60 cm = 0 e 16%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A.A., TEASDALE, J.R., KORCAK, R.F. Nitrogen requirements of fresh-market tomatoes on hairy vetch and black polyethylene mulch. **HortScience**, v.32, n.2, p.217-221. 1997.
- BOONE, R.D. Soil organic matter as a potential net nitrogen sink in a fertilized cornfield. **Plant Soil**, v.128, p.191-198. 1990.
- CHRISTOU, M., LEONI, S., CORNILLON, P., GAINZA, A., DUMAS, Y., RODRIGUEZ, A., DIMIRKOU, A. Influence of water and nitrogen

- availability on elemental composition of processing tomato fruit in EU countries. **Acta Horticulturae.**, n.376, p.279-284. 1994.
- 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.
- FERGUSON, R.B., SHAPIRO, C.A., HERGERT, G.W., KRANZ, W.L., KLOCKE, N.L., KRULL, D.H. Nitrogen and irrigation management practices to minimize nitrate leaching from irrigated corn. **Journal of Production Agriculture**, v.4, p.186-192. 1991.
- 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.** Universidade Federal de Viçosa. (Tese de DS). 184p. 1998.
- HADAS, A., FEIGIN, A., FEIGENBAUM, S., PORTNOY, R. Nitrogen mineralization in the field at various soil depths. **Journal of Soil Science**, v.40, p.131-137. 1989.
- HILLS, F.J., BROADBENT, F.E., LORENZ, O.B. Fertilizer nitrogen utilization by corn, tomato and sugarbeet. **Agronomy Journal**, v.75, p.423-426. 1983.
- IKEDA, H. Utilization of nitrogen by vegetable crops. **JARQ**, v.25, n.2, p.117-124. 1991.
- KEENEY, D.R., NELSON, D.W. Nitrogen – Inorganic Forms. p.643-98. In: (ed. A.L. Page). **Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties.** American Society of Agronomy, Inc. Madison. 1159p. 1982.
- KEMPERS, A.J., ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylite method. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.17, n.7, p.715-723. 1986.
- MacKOWN, C.T., CRAFTS-BRANDNER, S.J., SUTTON, T.G. Relationships among soil nitrate, leaf nitrate, and leaf yield of burley tobacco: effects of nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.91, p.613-621. 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants.** 2 ed., London, Academic Press, 1995. 889 p.
- 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.
- MORITA, A.; OHTA, M.; YONEYAMA, T. Uptake, transport and assimilation of <sup>15</sup>N-nitrate and <sup>15</sup>N-ammonium in tea (*Camellia sinensis* L.) plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.44, p.647-654. 1998.

- NOHRSTEDT, H.O., JACOBSON, S., SIKSTROM, U. Effects of repeated urea doses on soil chemistry and nutrient pools in a Norway spruce stand. **Forest Ecology and Management**, v.130, n.1-3, p.47-56. 2000.
- SAINJU, U.M., SINGH, B.P., RAHMAN, S., REDDY, V.R. Soil nitrate-nitrogen under tomato following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, v.28, n.6, p.1837-1844. 1999.
- SILVA, N.F. da. **Crescimento, estado nutricional e produção de abóbora híbrida, em função de adubação mineral e orgânica**. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1997. 102 p. (Tese DS).
- ÜNLÜ, K., ÖZENIRLER, G., YURTERI, C. Nitrogen fertilizer leaching from cropped and irrigated sandy soil in Central Turkey. **European Journal of Soil Science**, v.50, n.4, p.609-620. 1999.
- WESTERMAN, R.L., BOMAN, R.K., RAUN, W.R., JOHNSON, G.V. Ammonium and nitrate nitrogen in soil profiles of long-term winter wheat fertilization experiments. **Agronomy Journal**, v.86, p.94-99. 1994.

# ÍNDICES DE NITROGÊNIO NA SEIVA E NA MATÉRIA SECA DE FOLHAS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de nitrogênio, em ausência e presença da adubação orgânica, sobre os teores de  $N-NO_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N orgânico na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro, e estabelecer os seus valores críticos em diferentes fases do ciclo da cultura. Para tanto, foram realizados dois experimentos nas épocas primavera/verão e outono/primavera. Os dois experimentos foram instalados na Horta do Fundão, da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico. Em ambos, as doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha e as doses de matéria orgânica na forma de esterco bovino curtido foram 0 e 8 t/ha, em base seca. Os experimentos seguiram o delineamento em blocos ao acaso no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. Nos dois experimentos, foram amostradas as folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, nas épocas de ocorrências das anteses. Na seiva dos pecíolos, foram determinadas as concentrações de  $N-NO_3^-$  com medidor portátil. Na matéria seca dos pecíolos, foram determinadas as concentrações de  $N-NO_3^-$ ; na matéria seca do limbo, determinaram-se os teores de N-org. As doses de N aumentaram os teores das formas de N tanto na ausência como na presença da adubação orgânica, em todas as folhas amostradas, nos dois experimentos. No experimento de primavera/verão, os níveis críticos de  $N-NO_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 2581, 2983 e 2549 mg/L, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 3014, 3044 e 2432 mg/L com adição; na matéria seca do pecíolo, os níveis críticos foram 7140, 2778 e 2311 mg/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 6027, 3975 e 2469 mg/kg com adição. Na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, os níveis críticos de N-org foram, respectivamente, 4,63; 3,97 e 4,09 dag/kg, sem adição de matéria

orgânica ao solo, e 4,52; 3,84 e 4,01 dag/kg com adição. No experimento de outono/primavera, os níveis críticos de  $N-NO_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 3410, 2558 e 2231 mg/L, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 3481, 2625 e 2115 mg/L com adição; na matéria seca do pecíolo, estes níveis críticos foram 14684, 12324 e 5481 mg/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 15756, 10953 e 6552 mg/kg com adição. Na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, os níveis críticos de N-org foram, respectivamente, 5,99; 5,17 e 4,36 dag/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 6,14; 5,36 e 4,37 dag/kg com adição. Nos dois experimentos, seria possível estimar os teores de  $N-NO_3^-$  na matéria seca do pecíolo a partir dos teores de  $N-NO_3^-$  na seiva.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, tomate, adubação nitrogenada, esterco bovino, análise foliar, nitrato na seiva.

## **NITROGEN INDEX IN THE SAP AND IN THE DRY MATTER OF LEAVES OF TOMATO PLANTS IN FUNCTION OF NITROGEN DOSES AND ORGANIC FERTILIZATION IN TWO SOWING TIMES**

### **SUMMARY**

It was evaluated the effects of nitrogen doses, with and without organic fertilization, on the  $N-NO_3^-$  contents in the sap and in the dry matter of petiole and organic N in the dry matter of the limb of tomato plants, and establish its critical levels in different stages of the culture cycle. For this, two experiments were carried out in the seasons spring/summer and autumn/spring. The experiments were installed at the Horta do Fundão of the Federal University of Viçosa, in a Cambic Red-Yellow Argisol. In both, the N doses applied were 0, 110, 220, 440 and 880 kg/ha and the doses of organic matter in the form of hardened bovine manure were 0 and 8 t/ha, in dry base. The experiments had randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design,

with four replications. In both experiments, the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5 were sampled, occurring during anthesis times. In the petioles sap, the  $\text{N-NO}_3^-$  contents were determined by portable measurer. In the dry matter of petioles, the  $\text{N-NO}_3^-$  contents were determined; in the dry matter of the limb, the organic N contents were determined. The N doses increased the N contents with and without organic fertilization, in all the leaves sampled, in both experiments. In the spring/summer experiment, the critical levels of  $\text{N-NO}_3^-$  in the petiole sap of the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5 were, respectively, 2581, 2983 and 2549 mg/L, without addition of organic matter to the soil, and 3014, 3044 and 2432 mg/L with addition; in the dry matter of petiole, the critical levels were 7140, 2778 and 2311 mg/kg, without addition of organic matter to the soil, and 6027, 3975 and 2469 mg/kg with addition. In the dry matter of the limb of the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5, the critical leaves of N-org were, respectively, 4,63; 3,97 and 4,09 dag/kg, without addition of organic matter to the soil, and 4,52; 3,84 and 4,01 dag/kg with addition. In the autumn/spring experiment, the critical levels of  $\text{N-NO}_3^-$  in the petiole sap of the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5 were, respectively, 3410, 2558 and 2231 mg/L, without addition of organic matter to the soil, and 3481, 2625 and 2115 mg/L with addition; in the dry matter of petiole, these critical levels were 14684, 12324 and 5481 mg/kg, without addition of organic matter to the soil, and 15756, 10953 and 6552 mg/kg with addition. In the dry matter of the limb of the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5, the critical levels of organic N were, respectively, 5,99; 5,17 and 4,36 dag/kg, without addition of organic matter to the soil, and 6,14; 5,36 and 4,37 dag/kg with addition. In both experiments, it would be possible to estimate the  $\text{N-NO}_3^-$  content in the dry matter of the petiole from  $\text{N-NO}_3^-$  content in the sap.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, tomato, nitrogen fertilization, bovine manure, foliar analysis, sap nitrate.

## INTRODUÇÃO

O manejo correto da fertilização nitrogenada na cultura do tomateiro proporciona adequado crescimento das plantas e produções adequadas em termos de quantidade e qualidade, além de reduzir os custos de produção e os riscos de contaminação do ambiente (Guimarães et al., 1998; He et al., 1999). Entretanto, na prática, o nitrogênio é aplicado no solo, muitas vezes, de forma empírica e em quantidades excessivas, uma vez que os fertilizantes nitrogenados apresentam um custo relativamente baixo quando comparados a outros insumos agrícolas (Andersen et al., 1999b). Doses elevadas acarretam excessivo crescimento vegetativo (Kageyama, 1991) e atraso no aparecimento da primeira inflorescência (Gossolin et al., 1984), na frutificação e no amadurecimento dos frutos de tomate (Adams et al., 1973), fazendo com que os mesmos fiquem expostos por mais tempo às adversidades climáticas e aos ataques dos fitopatógenos.

Os numerosos processos que afetam a disponibilidade de nitrogênio no solo, como a lixiviação, a desnitrificação e a volatilização, e as dificuldades em prever a demanda deste nutriente pela planta do tomateiro tornam difícil a otimização das taxas de fertilizantes nitrogenados nesta cultura (Scaife e Stevens, 1983; Andersen et al., 1999a). Por exemplo, Hills et al. (1983) e Ikeda (1991) encontraram em suas pesquisas que as eficiências da absorção de nitrogênio pelo tomateiro alcançaram apenas 28 e 15%, respectivamente, do N aplicado.

Recomendação de adubação nitrogenada na cultura do tomateiro pode ser feita com base na análise dos tecidos foliares da planta (Coltman, 1988). No entanto, é importante ressaltar que a análise do teor de N na matéria seca de folhas proporciona o diagnóstico da nutrição nitrogenada da planta até o momento da tomada da amostra (Sarro et al., 1985), podendo, com restrições, ser usada como índice prognóstico. As idades da planta e folha e a posição em que a amostra vai ser tomada são fatores importantes no momento da amostragem.

Estudando o desenvolvimento e a acumulação de nitrogênio do tomateiro, Halbrooks e Wilcox (1980) afirmaram que a concentração de N total é

maior nos tecidos foliares do que nos tecidos dos frutos ou dos caules. Segundo Coltman (1988), a concentração de  $N-NO_3^-$  na matéria seca da folha inteira é a variável mais apropriada à determinação do “status” de nitrogênio no tomateiro. Já outros autores têm sugerido que a avaliação do “status” de nitrogênio pode ser feita pela determinação da concentração de  $N-NO_3^-$  na matéria seca dos pecíolos (Gomez-Lepe e Ulrich, 1974; Mason e Wilcox, 1982; Lorenz e Tyler, 1983).

Em razão dos elevados custo e tempo gasto, a determinação de  $N-NO_3^-$  na matéria seca de folhas de tomateiro somente deveria ser feita quando análises de outros nutrientes também forem necessárias. Caso contrário, as determinações podem ser feitas na seiva dos pecíolos, cujos resultados são mais rápidos e, segundo Westcott et al. (1998), apresentam elevada correlação com as determinações feitas na matéria seca dos mesmos.

Em um programa de manejo de nutrientes, a análise química da seiva xilemática representa importante ferramenta no monitoramento da performance da cultura (Olsen e Lyons, 1994), fornecendo informação sobre o “status” nutricional da planta em determinado instante (Jeschke e Pate, 1995) e sendo de imediata aplicação quando utilizada como base nas correções da fertilidade do solo durante o ciclo cultural. Como oferece a possibilidade de realizar diagnósticos precoces, rápidos e precisos, pode proporcionar grandes vantagens em termos econômicos (Scaife e Stevens, 1983; Sarro et al., 1985).

Os pesquisadores têm investigado o uso de testes rápidos para diagnosticar o “status” de nitrogênio das culturas. Um desses testes consiste em coletar a seiva dos pecíolos sobre sensores, eletrodos específicos para íons, os quais têm permitido a determinação quantitativa do  $N-NO_3^-$  na seiva do pecíolo em condições de campo (Beverly, 1994; Westcott et al., 1998). Boas correlações têm sido encontradas entre a taxa de fertilizantes nitrogenados aplicada e a concentração de nitrato na seiva e entre esta última e a produção (Scaife e Stevens, 1983; Prasad e Spiers, 1984; Locascio et al., 1997; Rodrigues et al., 2000). Utilizando-se os testes rápidos, determina-se o nível crítico de  $N-NO_3^-$  na seiva do pecíolo do tomateiro, ou seja, a menor concentração deste íon que permite à planta atingir a máxima produção de frutos comercializáveis (He et al.,

1999). Uma vez estabelecidas as concentrações críticas de  $\text{N-NO}_3^-$  nas diversas fases do ciclo fenológico de uma determinada cultivar, cultivada sob condições específicas de clima e solo, estes valores talvez possam ser utilizados como guia de fertilização nitrogenada em cultivos posteriores da mesma cultivar, sob similares condições ambientais e de manejo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio, em ausência e presença da adubação orgânica, sobre os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N orgânico na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro, e estabelecer os seus valores críticos em diferentes fases do ciclo da cultura, em duas épocas de plantio.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos, em duas épocas do ano: um, no período de primavera/verão e o outro, no outono/primavera. Esses experimentos foram instalados em áreas localizadas na Horta do Fundão, pertencentes à Universidade Federal de Viçosa. Neles, foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e os teores de N orgânico na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro cv. Santa Clara, de hábito de crescimento indeterminado. A caracterização do sistema de produção dos dois experimentos encontra-se no Artigo 1.

O experimento de primavera/verão foi conduzido no campo no período de 13 de novembro de 1998 a 11 de fevereiro de 1999. Já o de outono/primavera foi conduzido entre 14 de maio e 27 de outubro de 1999.

A caracterização climática do local durante o período bem como a caracterização dos solos antes da aplicação dos tratamentos também encontram-se no Artigo 1.

Nos dois experimentos, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença ou não de adubação orgânica. Foram testadas as doses de N correspondentes a 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha. Os dois níveis de matéria orgânica foram 0 e 8 t/ha de matéria seca de esterco bovino curtido. A caracterização química

desse adubo orgânico, colocado nos dois experimentos, encontra-se no Artigo 1. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, perfazendo 40 unidades experimentais ou parcelas.

### **Amostragem das folhas e extração da seiva**

Nos dois experimentos, as amostragens das folhas foram realizadas na época da abertura das flores do primeiro, terceiro e quinto cachos, coletando-se as folhas opostas aos cachos. Foram amostradas cinco plantas por parcela.

No experimento de primavera/verão, as amostragens foliares foram realizadas aos 35, 57 e 85 dias após o transplante (DAT) e, no de outono/primavera, aos 38, 54 e 85 DAT, nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, respectivamente. As folhas foram coletadas no período da manhã, entre 7:00 e 9:00 h, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde foram colocadas sob refrigeração. Em seguida, seções de 1 cm de comprimento foram retiradas da base dos pecíolos e maceradas em “espremedor de alho” para extração da seiva, que foi coletada com o auxílio de micropipeta e analisada em medidor portátil (C-141 Cardy Nitrate Meter – HORIBA, INC.), equipado com microeletrodo sensível ao  $\text{N-NO}_3^-$ .

### **Determinações em laboratório**

No laboratório, os pecíolos dos quais foram retiradas as seções de 1 cm foram separados do limbo foliar, sendo ambos os materiais, separadamente, acondicionados em sacos de papel, secos em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até atingir peso constante, moídos em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh e armazenados. Na matéria seca do pecíolo, após a extração com água em banho-maria a 45°C por 1 hora, foram determinadas as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo et al., 1975). Também foram determinados, após digestão sulfúrica, os teores de N-orgânico (N-org) na matéria seca do limbo, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1982).

## **Procedimento estatístico**

Os dados relativos aos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-orgânico na matéria seca do limbo, chamados de índices de nitrogênio, foram submetidos às análises de variância e de regressão, relacionando-os às doses de N, nos dois níveis de adubação orgânica testados. Em cada experimento e nas duas doses de matéria orgânica, calcularam-se os níveis críticos dos índices de nitrogênio, utilizando-se a respectiva dose de N responsável pela produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica. Essas doses foram, no experimento de primavera/verão, 355,2 e 310,2 kg/ha de N e, no de outono/primavera, 525,8 e 523,4 kg/ha de N, com as doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente.

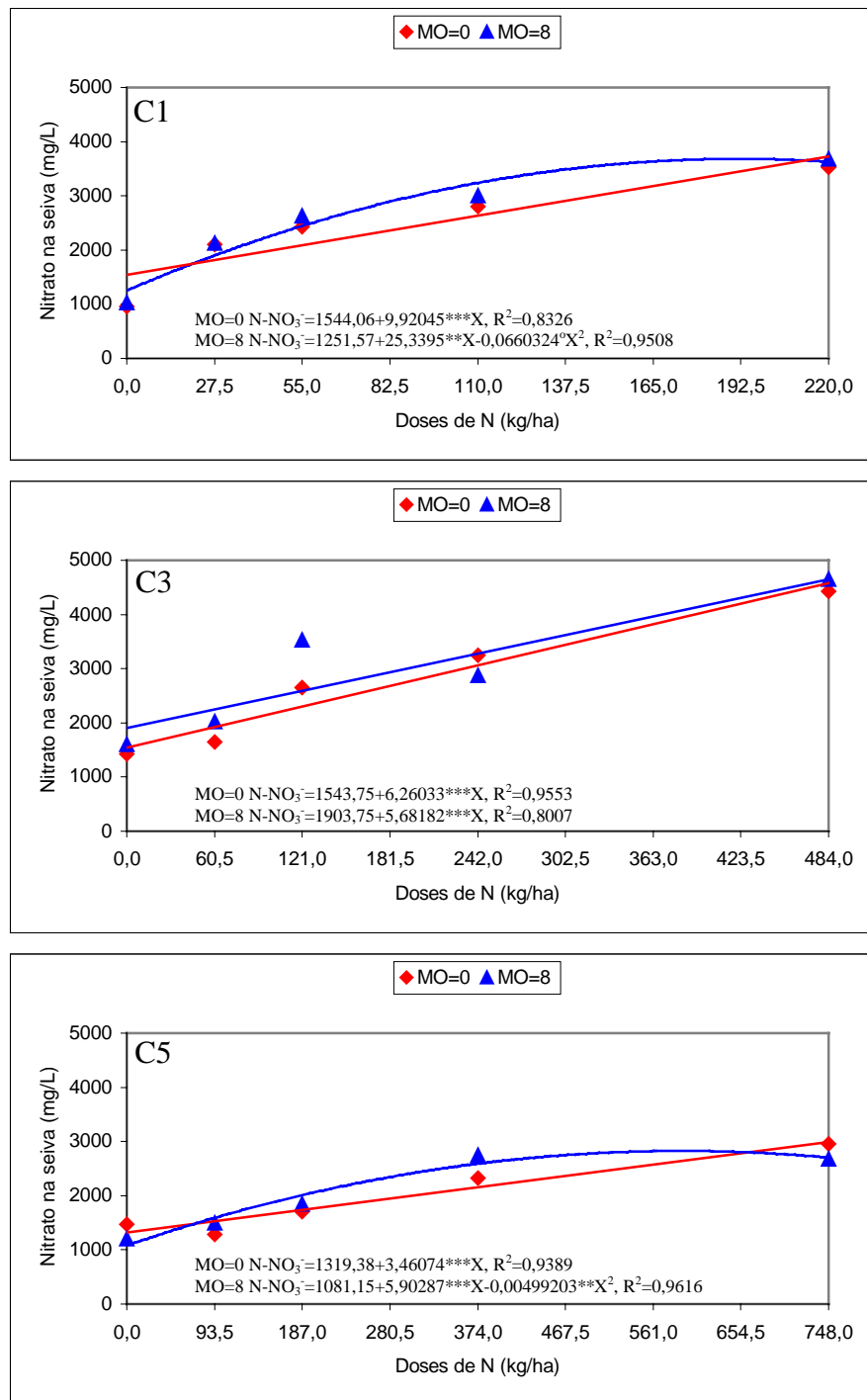
Posteriormente, realizou-se a análise de correlação linear de Pearson entre os índices de nitrogênio e as produções de frutos extra e total. Também, foram ajustadas equações de regressão, tomando-se os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos pecíolos e de N-orgânico na matéria seca do limbo como variáveis dependentes e os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva dos pecíolos como a variável independente. Para tal, foram utilizados os dados obtidos nas três amostragens (folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5) realizadas em cada experimento. Os coeficientes de correlação e de determinação foram testados a 10, 5, 1 e 0,1 % de significância.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Teores de $\text{N-NO}_3^-$ na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo**

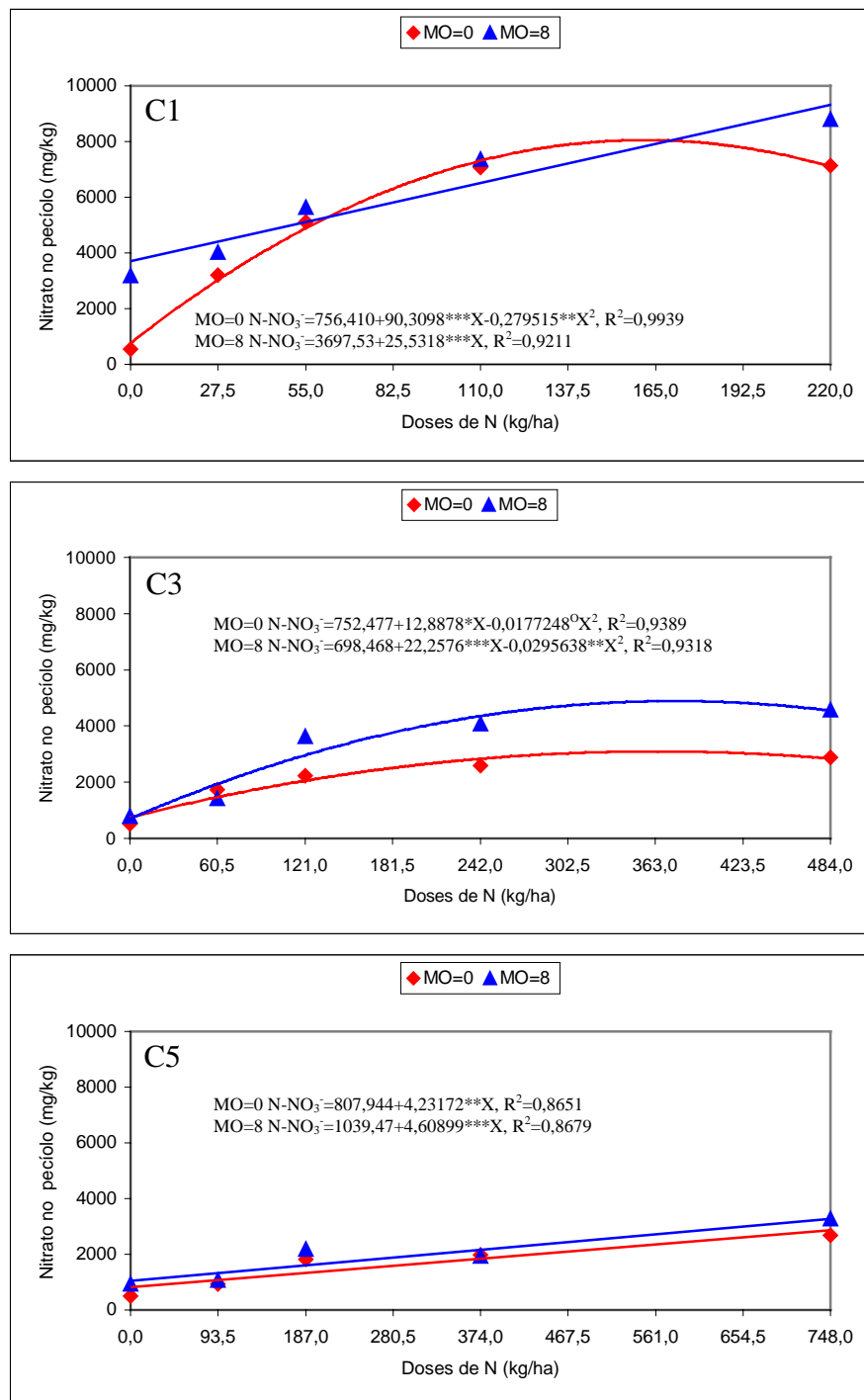
#### **EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO**

Em todas as amostragens e nas duas doses de matéria orgânica, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e os teores de N-org na matéria seca do limbo do tomateiro foram influenciados pelas doses de N (Figuras 1, 2 e 3).



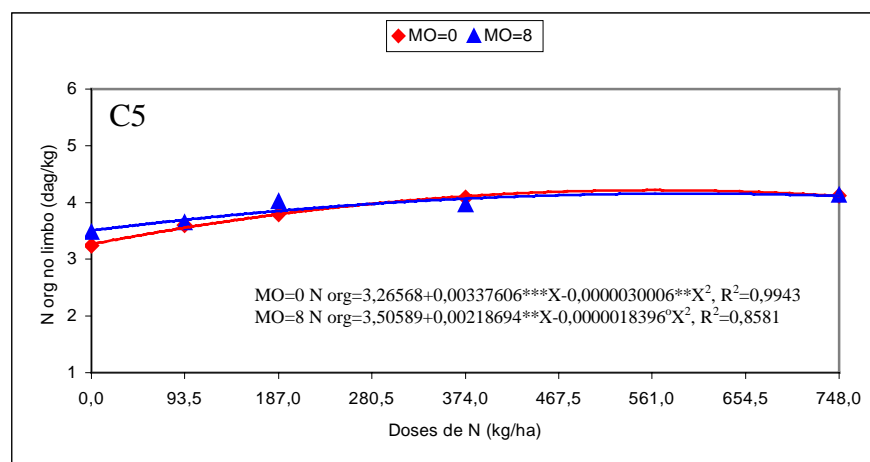
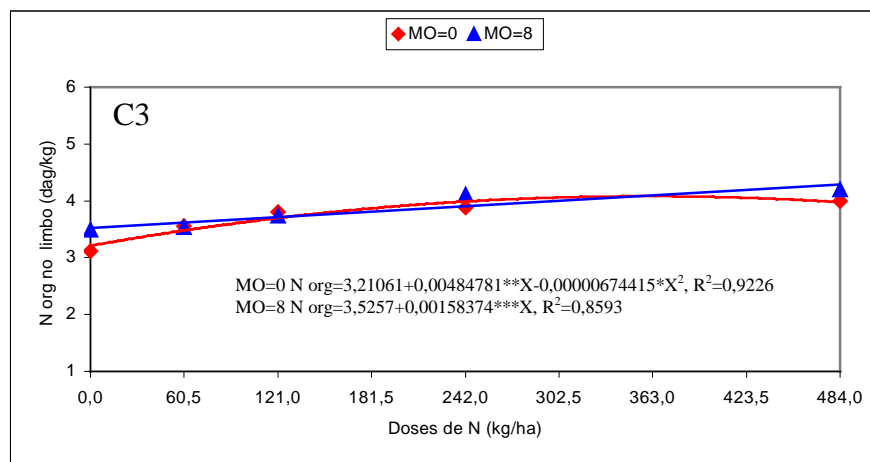
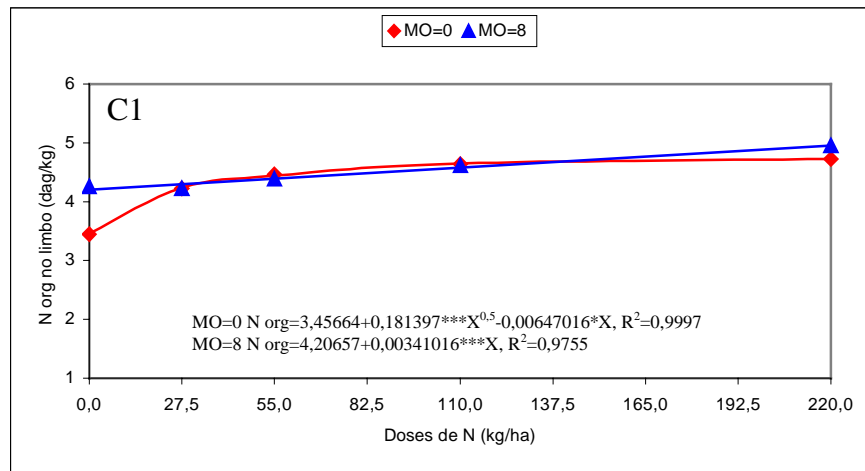
<sup>o</sup>, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 1 – Teores de  $N-NO_3^-$  na seiva dos pecíolos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.



<sup>0</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 2 – Teores de  $N-NO_3^-$  na matéria seca dos pecíolos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.



<sup>o</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 3 – Teores de N-orgânico na matéria seca dos limbos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

Na primeira amostragem, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva (Figura 1, C1) foram ligeiramente inferiores aos encontrados por Guimarães (1998), o qual encontrou valores variando entre 2580 e 4030 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  na folha oposta ao primeiro cacho florescido do tomateiro híbrido Débora-Plus, cultivado na mesma época e no mesmo local do presente experimento. Já Hochmuth (1994), trabalhando com tomateiro na Flórida, onde todo o N foi aplicado antes do plantio, obteve teores de  $\text{N-NO}_3^-$  variando entre 600-800 mg/L na seiva do pecíolo na fase de antese do primeiro cacho, ou seja, bem inferiores aos encontrados no presente experimento. É importante ressaltar que os valores encontrados por Hochmuth (1994) foram obtidos por meio de testes colorimétricos, ao contrário do presente estudo, no qual as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva foram determinadas por método potenciométrico.

Com relação a segunda e terceira amostragens (C3 e C5, respectivamente), Guimarães (1998) encontrou valores variando de 550-2410 e 300-1870 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$ , respectivamente, ou seja, inferiores ao presente ensaio (Figura 1).

Para Coltman (1987b, 1988), a concentração apropriada de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo de folhas recentemente maduras do tomateiro está em torno de 1100 a 1200 mg/L. Valores acima dessa faixa, como ocorreu no presente experimento, podem causar redução na produção comercializável, segundo o autor. Ikeda (1995) sugeriu que as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas imediatamente abaixo dos cachos parecem apropriadas entre 700 e 2200 mg/L durante o estágio de desenvolvimento dos frutos dos mesmos e 1200-2700 mg/L durante a colheita. Já He et al. (1999) afirmam que o valor dessa variável nas folhas imediatamente abaixo dos cachos superiores deve ser mantido acima de 500 mg/L durante o amadurecimento dos frutos destes. Segundo esses autores, a taxa de frutificação e o peso médio dos frutos foram significativamente diminuídos durante a estação de primavera a verão quando a concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo da folha imediatamente abaixo do terceiro cacho caiu abaixo de 500 mg/L e decresceu continuamente com o amadurecimento dos frutos deste. Desta forma, suficiente quantidade de N disponível deve estar presente na solução nutritiva do solo ou do sistema hidropônico afim de

satisfazer os requerimentos nutricionais do tomateiro para o seu crescimento e desenvolvimento (He et al., 1999).

Os mais elevados teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva, observados nas duas primeiras amostragens, deve-se, provavelmente, a maior disponibilidade de N no solo, causada pela adubação de plantio e de cobertura, e ao fato do tomateiro cv. Santa Clara somente apresentar maior taxa de crescimento a partir de 45 DAT, conforme observações de Fayad (1998). Locascio et al. (1997), trabalhando com tomateiro irrigado por gotejamento, também observaram decréscimo na concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo (de 1100 a 200 mg/L) ao longo do ciclo cultural, sendo que este decréscimo foi mais acentuado com 100 do que com 40 ou 0% do N aplicado no transplântio. He et al. (1999), trabalhando com tomateiro em solução nutritiva, durante a estação de primavera a verão, verificaram que as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas imediatamente abaixo do primeiro e do segundo cachos foram maiores do que àquelas encontradas no terceiro e no quarto cachos, concordando, portanto, com os resultados obtidos no presente experimento.

Os valores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva com a dose zero de N (Figura 1) ficaram pouco acima da faixa de suficiência encontrada por Hochmuth (1994) no tomateiro, que é 800 a 1000 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 2, 3, 4 e 5 e bem acima dos valores encontrados por Andersen et al. (1999a) para tomateiro fertilizado com 0 kg/ha de N, os quais foram 107 e 316 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo da 5<sup>a</sup> ou 6<sup>a</sup> folha a partir do ápice da planta, sete e treze semanas depois do transplântio, respectivamente. Estes valores mais altos indicam que havia disponibilidade de N no solo, fato observado no Artigo 3. Nas três amostragens, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva das plantas adubadas com matéria orgânica mostraram-se ligeiramente superiores aos das não adubadas (Figura 1) devido, provavelmente, à mineralização do N orgânico do esterco bovino curtido.

As doses de N promoveram aumento no teor de  $\text{N-NO}_3^-$  da matéria seca do pecíolo, nas três amostragens, conforme também constatado por Guimarães (1998) e Guimarães et al. (1998) ao trabalharem com o tomateiro híbrido Débora-

Plus e com a cv. Santa Clara, respectivamente, e nos dois níveis de matéria orgânica, sendo que os aumentos mais intensos foram verificados nas duas primeiras amostragens, C1 e C3 (Figura 2). Em todos os tratamentos com N, os maiores valores de  $N-NO_3^-$  na matéria seca do pecíolo foram observados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1); e os valores de C3 mostraram-se superiores aos de C5 (Figura 2). A exemplo do ocorrido com o teor de  $N-NO_3^-$  na seiva, o alto teor de N mineral presente no solo antes da aplicação dos tratamentos (Artigo 1) e o N proveniente dos 25% da fertilização nitrogenada que foram aplicados até o momento da primeira amostragem podem ser os responsáveis pela ocorrência de valores mais elevados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido. Nas três amostragens, os teores de  $N-NO_3^-$  na matéria seca dos pecíolos das plantas adubadas com matéria orgânica mostraram-se ligeiramente superiores aos das não adubadas (Figura 2) devido, provavelmente, à mineralização do esterco bovino utilizado.

As concentrações de N-org na matéria seca do limbo aumentaram com as doses de N, conforme também constatado por Guimarães (1998), Guimarães et al. (1998), Andersen et al. (1999b) e Sainju et al. (2000), nas três amostragens e nos dois níveis de matéria orgânica (Figura 3). Em todos os tratamentos, os maiores valores desta variável foram observados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1). Nas folhas opostas ao terceiro e quinto cachos florescidos (C3 e C5, respectivamente), os teores de N-org na matéria seca do limbo apresentaram valores semelhantes (Figura 3).

O fato do teor de  $N-NO_3^-$  na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo das folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1) apresentarem os maiores valores (Figuras 2 e 3) demonstra que as concentrações de N nos tecidos foliares do tomateiro decrescem com o crescimento e desenvolvimento da planta, conforme constatado por Hochmuth (1994), Locascio et al. (1997), Guimarães (1998) e Guimarães et al. (1998). Esse decréscimo pode ser explicado pelo acúmulo de matéria seca lignificada, pois a absorção deste nutriente pelas raízes parece ser constante durante o ciclo cultural (Tanaka et al., 1974).

Os níveis críticos dos índices de nitrogênio, nas épocas de amostragens,

encontram-se no Quadro 1. Devido ao decréscimo na concentração desses índices ao longo do ciclo do tomateiro, torna-se necessário padronizar a idade fisiológica das folhas amostradas para o estabelecimento dos níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-org}$  ou  $\text{N-total}$  nos tecidos foliares do tomateiro.

Em todas as épocas de amostragem e nos dois níveis de matéria orgânica, os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo estão acima daqueles propostos por Hochmuth (1994) para tomateiro cultivado nas condições da Flórida, nas mesmas épocas de amostragem do presente experimento, os quais foram 1000-1200 mg/L entre o transplantio e a emissão da segunda inflorescência e de 800-1000 mg/L entre as emissões da segunda e da quinta inflorescências. Por outro lado, Huett (1993), trabalhando nas condições da Austrália, com o N sendo aplicado por gotejamento ao longo do ciclo do tomateiro, encontrou o nível crítico de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo de 5600 mg/L, ou seja, bem superior aos encontrados na presente pesquisa. Já Guimarães (1998), trabalhando no mesmo local, na mesma época e nas condições semelhantes do presente experimento, encontrou valores de níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo similares aos encontrados na presente pesquisa, variando entre 740 e 3910 mg/L entre a emissão da primeira e da sétima inflorescências. Tais pesquisas, conduzidas em diferentes locais, demonstram que os valores de níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo variam com as condições climáticas e edáficas do local de cultivo.

Sem ou com adição de matéria orgânica ao solo, os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca do pecíolo decresceram da primeira para a terceira amostragem (Quadro 1). Os valores encontrados para essa variável encontram-se abaixo da faixa de suficiência proposta por Geraldson e Tyler (1990). Esses autores propõem, como deficientes, teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos pecíolos da 4ª folha a partir do ápice, extraídos com ácido acético, de 8000 mg/kg, no início do florescimento, para tomateiros cultivados no campo com finalidades industriais. Guimarães (1998) encontrou concentrações críticas de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca do pecíolo iguais a 16370, 5490 e 2500 mg/kg nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, respectivamente. Tais valores foram superiores aos encontrados no presente experimento para as mesmas folhas, tanto na ausência como na

Quadro 1 – Níveis críticos dos índices de nitrogênio na seiva e na matéria seca das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio, na ausência e na presença da matéria orgânica (MO, t/ha), do experimento de primavera/verão

Folha amostrada	Índices de nitrogênio					
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na matéria seca		N-org na matéria seca	
	MO=0	MO=8	MO=0	MO=8	MO=0	MO=8
	-----mg/L-----		-----mg/kg-----		-----dag/kg-----	
C1	2.581	3.014	7.140	6.027	4,63	4,52
C3	2.983	3.044	2.778	3.975	3,97	3,84
C5	2.549	2.432	2.311	2.469	4,09	4,01

presença da adubação orgânica. Fontes et al. (1995) encontraram em tomateiro cultivado em solução nutritiva a concentração crítica de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo da folha oposta ao primeiro cacho florescido igual a 17860 mg/kg, também acima dos encontrados no presente experimento na mesma folha. Minotti et al. (1989), trabalhando em condições de campo, obtiveram concentração crítica de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo da folha oposta ao quinto cacho florescido de 9000 mg/kg, o qual também foi bem maior do que os encontrados no presente ensaio nas duas doses de matéria orgânica testadas.

Os níveis críticos de N-org na matéria seca das folhas opostas ao primeiro e quinto cachos florescidos (Quadro 1) estão dentro das faixas encontradas por Hochmuth (1994), as quais são 4,00-6,00 dag/kg de N-org para o período entre o transplantio e a antese do segundo cacho e 4,00-5,00 dag/kg de N-org para o período entre as anteses do segundo e do quinto cachos. Todos os valores encontrados estão acima do valor estabelecido por Andersen et al. (1999b) abaixo do qual considera-se que a planta está com deficiência de N. Tal valor é 2,80 dag/kg de N foliar. Os níveis críticos de N-org na matéria seca do limbo das folhas do tomateiro apresentaram os menores valores na amostragem intermediária, realizada por ocasião do florescimento do terceiro cacho, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo (Quadro 1). Não foi encontrada na literatura disponível alguma explicação que pudesse justificar esse fato.

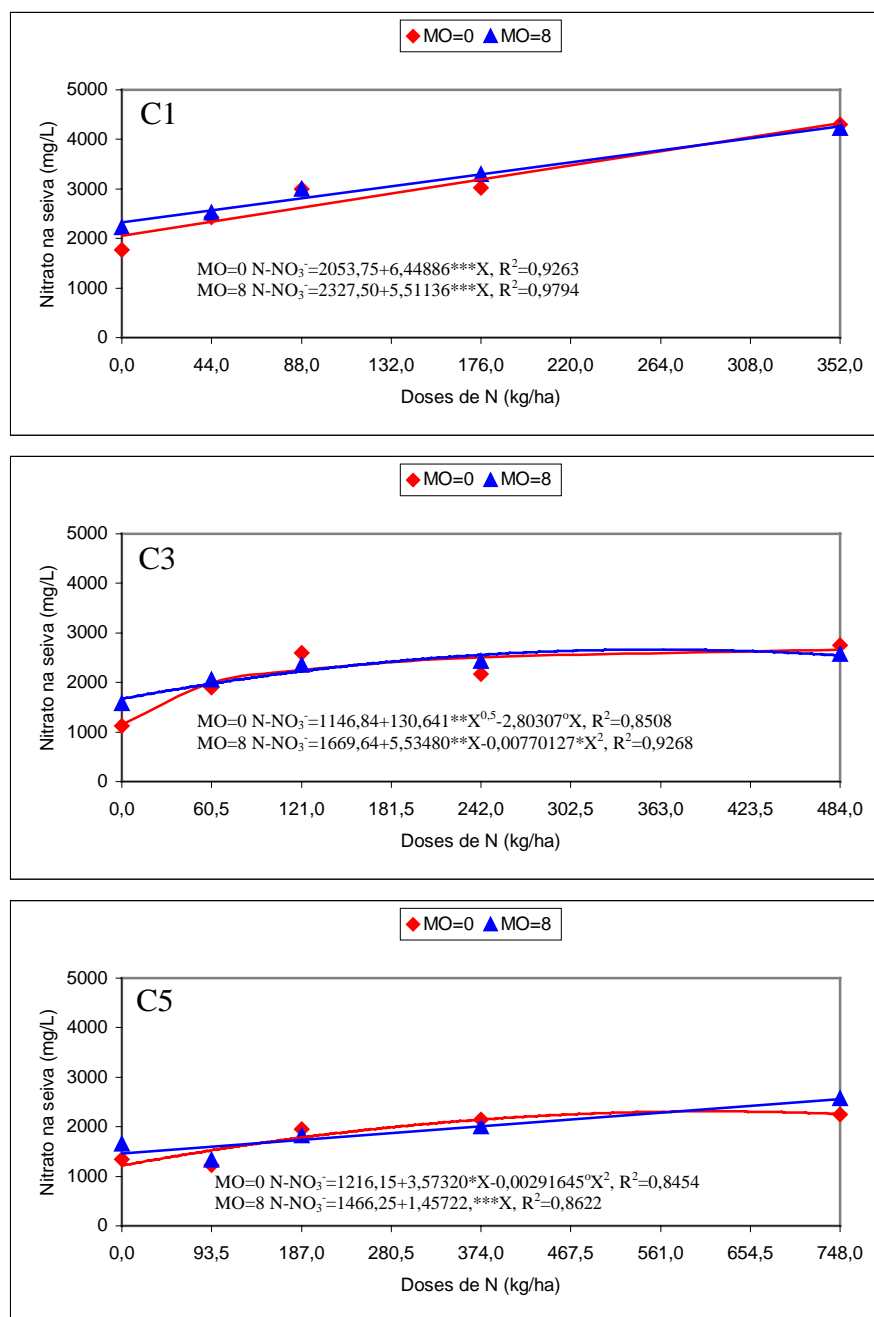
## EXPERIMENTO DE OUTONO/PRIMAVERA

Em todas as amostragens e nas duas doses de matéria orgânica, os teores de  $N-NO_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e os teores de N-org na matéria seca do limbo foram influenciados pelas doses de N (Figuras 4, 5 e 6).

Para todos os tratamentos, os valores de  $N-NO_3^-$  foram aparentemente mais altos nas folhas da primeira amostragem (C1); e as folhas da terceira amostragem (C3) apresentaram valores superiores aos da quinta (C5) nos tratamentos que continham N, exceto o tratamento com 880 kg/ha de N e 8 t/ha de matéria orgânica (Figura 4). Essa diminuição no teor de  $N-NO_3^-$  na seiva do pecíolo no decorrer do ciclo da planta de tomateiro, também observada no experimento de primavera/verão e nas pesquisas desenvolvidas por Huett (1993), Hochmuth (1994), Locascio et al. (1997) e He et al. (1999), deve-se, provavelmente, a dois fatos: (i) diminuição na concentração de  $N-NO_3^-$  no solo devido à maior absorção pelas raízes do tomateiro a partir do florescimento do primeiro cacho sem que houvesse queda no teor de água disponível para as plantas, uma vez que a água foi suprida por meio do regime de irrigação por superfície, de modo a deixar o solo sempre na capacidade de campo e (ii) aumento no consumo de N pelas plantas sem que o sistema radicular aumentasse a taxa absorvida deste elemento a níveis compatíveis com a força do dreno, representado por frutos e folhas jovens.

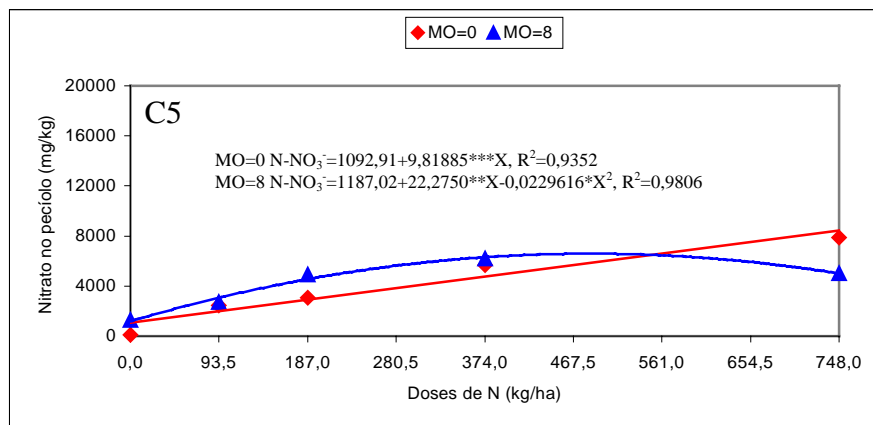
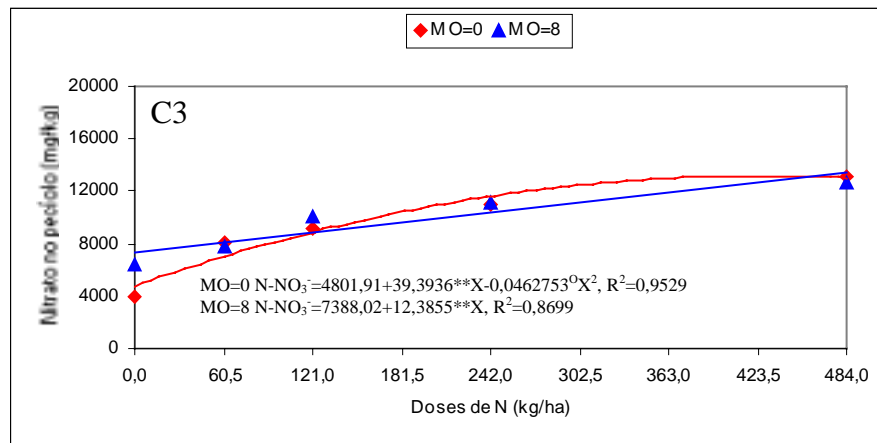
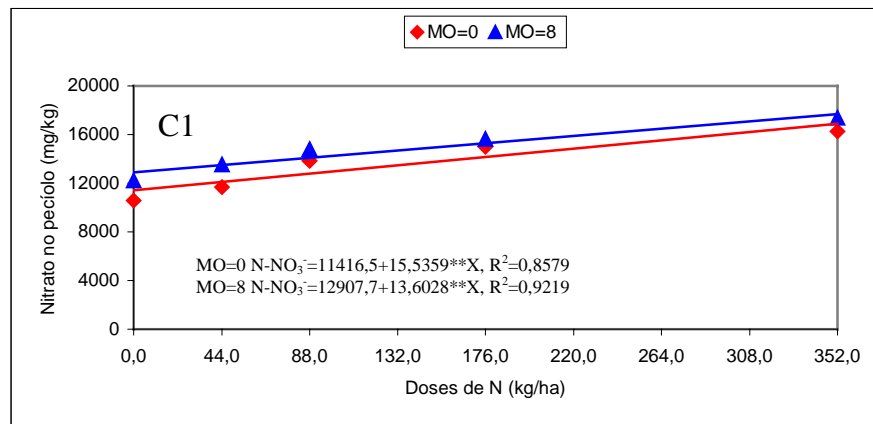
Na primeira amostragem, os teores de  $N-NO_3^-$  na seiva das plantas adubadas organicamente foram ligeiramente superiores aos das não adubadas deste modo (Figura 4) devido, provavelmente, à mineralização do N orgânico do esterco bovino curtido.

Em todos os tratamentos, os valores da concentração de  $N-NO_3^-$  na matéria seca do pecíolo foram maiores nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1); e os valores de C3 mostraram-se superiores aos de C5 (Figura 5), tendo a provável explicação já sido relatada anteriormente, no experimento de primavera/verão. Na primeira amostragem, os teores de  $N-NO_3^-$  na matéria seca dos pecíolos das plantas adubadas com matéria orgânica mostraram-se superiores aos das não



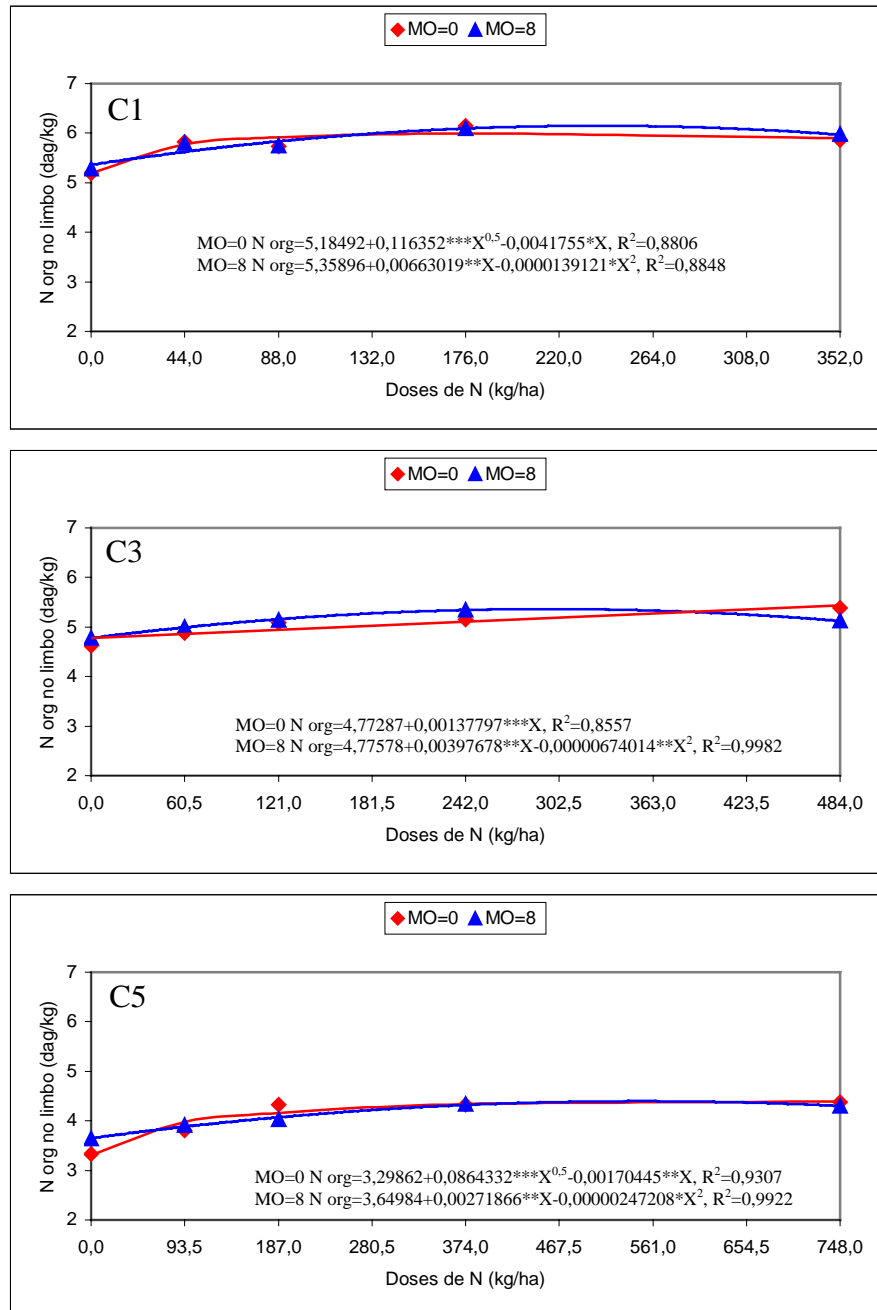
<sup>o</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 4 – Teores de  $N-NO_3^-$  na seiva dos pecíolos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.



<sup>0</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 5 – Teores de  $N-NO_3^-$  na matéria seca dos pecíolos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.



\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 6 – Teores de N-orgânico na matéria seca dos limbos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

adubadas (Figura 5) devido à mineralização do esterco bovino utilizado.

Nas três amostragens, os teores de N-org na matéria seca do limbo foram aparentemente maiores do que os observados no experimento de primavera/verão. Fisiologicamente não seria esse o resultado mais esperado, uma vez que a intensidade luminosa na época de condução do experimento outono/ primavera é menor do que na primavera/verão e a atividade da enzima redutase do nitrato, que é responsável pelo primeiro passo na transformação do  $\text{N-NO}_3^-$  a  $\text{N-NH}_4^+$  para que este último possa ser incorporado em compostos orgânicos através do ciclo da GS/GOGAT, é significativamente reduzida quando a planta é submetida a menores intensidades luminosas (Maynard et al., 1976). Talvez o estresse de temperatura durante a primavera/verão possa ter contribuído para diminuir a atividade dessa enzima.

A capacidade da planta em absorver e armazenar nitrogênio durante o seu estágio de desenvolvimento vegetativo é de grande importância para o posterior estágio de frutificação, quando o N é transportado das folhas e dos ramos para satisfazer as necessidades do fruto em desenvolvimento (Mason e Wilcox, 1982). Em todos os tratamentos, os maiores valores foram observados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1); e os valores de C3 mostraram-se superiores aos de C5 (Figura 6).

Os níveis críticos dos índices de nitrogênio, nas épocas de amostragens, encontram-se no Quadro 2. Devido ao decréscimo na concentração destes índices ao longo do ciclo cultural, torna-se necessário padronizar a idade fisiológica das folhas amostradas para o estabelecimento dos níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$ , N-org ou N-total nos tecidos foliares do tomateiro.

Os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo diminuíram ao longo do ciclo do tomateiro, nos dois níveis de matéria orgânica. Aparentemente, os valores dessa variável mostraram-se superiores na presença da adubação orgânica nas folhas C1 e C3, e inferiores na C5 (Quadro 2). Em todas as épocas de amostragem e nos dois níveis de matéria orgânica testados, os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo estão bem acima daqueles encontrados por Hochmuth (1994) para o tomateiro nas mesmas épocas de amostragem do presente experimento e

Quadro 2 – Níveis críticos dos índices de nitrogênio na seiva e na matéria seca das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio, na ausência e na presença da matéria orgânica (MO, t/ha), do experimento de outono/primavera

Folha amostrada	Índices de nitrogênio					
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na matéria seca		N-org na matéria seca	
	MO=0	MO=8	MO=0	MO=8	MO=0	MO=8
	-----mg/L-----		-----mg/kg-----		-----dag/kg-----	
C1	3.410	3.481	14.684	15.756	5,99	6,14
C3	2.558	2.625	12.324	10.953	5,17	5,36
C5	2.231	2.115	5.481	6.552	4,36	4,37

dentro da faixa encontrada por Guimarães (1998).

Sem ou com matéria orgânica adicionada ao solo, os níveis críticos de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo decresceram da primeira para a terceira amostragem. Aparentemente, os valores foram superiores na presença da adubação orgânica nas folhas C1 e C5, e inferiores na C3 (Quadro 2). Os valores encontrados para essa variável encontram-se abaixo da faixa de suficiência proposta por Geraldson e Tyler (1990). Os valores observados nas folhas C1 estão bem abaixo daqueles constatados por Fontes et al. (1995) nas mesmas folhas, em tomateiros cultivados em solução nutritiva. Nas folhas C5, os valores obtidos também estão bem abaixo daqueles encontrados por Minotti et al. (1989) em tomateiros cultivados no campo. Já Guimarães (1998) encontrou concentrações críticas de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo que foram superiores às encontradas no presente experimento nas folhas C1 e inferiores nas C3 e C5.

Os níveis críticos de N-org na matéria seca do limbo das folhas do tomateiro decresceram da primeira para a terceira amostragem, nos dois níveis de matéria orgânica, sendo que os maiores valores para esta variável foram observados na presença do esterco bovino curtido (Quadro 2). Os valores observados estão próximos das faixas críticas encontradas por Hochmuth (1994), nas mesmas folhas amostradas no presente experimento. Guimarães (1998) encontrou valores para essa variável de 5,27; 5,86 e 5,25 dag/kg nas folhas

opostas aos cachos 1, 3 e 5, respectivamente, ou seja, dentro da faixa encontrada na presente pesquisa, nos dois níveis de adubação orgânica testados. Todos os valores encontrados estão acima do valor estabelecido por Andersen et al. (1999b) abaixo do qual considera-se que a planta está com deficiência de N. Tal valor é 2,80 dag/kg de N foliar.

### **Correlações dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca dos pecíolos e de N-org na matéria seca do limbo com as produções de frutos extra e total**

#### **EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO**

Com exceção do teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo da folha oposta ao terceiro cacho florescido (C3), os índices de nitrogênio apresentaram maior correlação com a produção total do que com a produção de frutos extra (Quadro 3), concordando com os resultados obtidos por Guimarães (1998). Por outro lado, He et al. (1999) constataram que as concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-total na seiva do pecíolo da 5<sup>a</sup> ou 6<sup>a</sup> folha a partir do ápice da planta, sete semanas depois do transplântio, correlacionaram-se mais com a produção comercializável do que com a produção total de frutos de tomate, com os índices de N correlacionando-se tão bem com as duas produções quanto a taxa de fertilização nitrogenada. Foram obtidos coeficientes significativos nas correlações das formas de N analisadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 com as produções de frutos extra e total, evidenciando que os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo destas folhas representaram bons índices de prognóstico sobre as produções de frutos extra e total obtidas.

A forma de N que melhor se correlacionou com as duas produções (extra e total), ao mesmo tempo, foi o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo da folha oposta ao primeiro cacho florescido (C1). Isso demonstrou a possibilidade de utilização do medidor portátil (C-141 Cardy Nitrate Meter) para determinar as concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e inferir à respeito das produções extra e total do tomateiro.

Quadro 3 – Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-orgânico na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro e as produções de frutos extra e total, do experimento de primavera/verão

Características	Produção de Frutos	
	Extra	Total
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo – C1	0,9030 <sup>***1/</sup>	0,9227 <sup>***</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo – C3	0,7425 <sup>**</sup>	0,7567 <sup>**</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo – C5	0,6344 <sup>*</sup>	0,7244 <sup>**</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na mat. seca do pecíolo – C1	0,8708 <sup>***</sup>	0,9085 <sup>***</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na mat. seca do pecíolo – C3	0,8479 <sup>***</sup>	0,7910 <sup>**</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na mat. seca do pecíolo – C5	0,7913 <sup>**</sup>	0,8034 <sup>**</sup>
N-org na mat. seca do limbo – C1	0,8735 <sup>***</sup>	0,9224 <sup>***</sup>
N-org na mat. seca do limbo – C3	0,8753 <sup>***</sup>	0,9225 <sup>***</sup>
N-org na mat. seca do limbo – C5	0,8993 <sup>***</sup>	0,9038 <sup>***</sup>

<sup>1/</sup>Valores calculados a partir de 10 médias (nas duas doses de matéria orgânica testadas);  
\*, \*\* e \*\*\*: Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

## EXPERIMENTO DE OUTONO/PRIMAVERA

Com exceção do teor de N-org na matéria seca do limbo da folha oposta ao primeiro cacho florescido (C1), os índices de nitrogênio apresentaram correlação melhor com a produção total do que com a produção de frutos extra (Quadro 4), concordando com os resultados obtidos por Guimarães (1998). Foram obtidos coeficientes significativos das correlações dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 com as produções de frutos extra e total. Desta forma, todas as determinações apresentaram boa capacidade preditiva das produções de frutos extra e total do tomateiro nessa época do ano.

A forma de N que melhor se correlacionou com as duas produções (extra e total), ao mesmo tempo, foi o teor de N-org na matéria seca do limbo. Como foram obtidos altos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) para as relações entre as

Quadro 4 – Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-orgânico na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro e as produções de frutos extra e total, do experimento de outono/primavera

Características	Produção de Frutos	
	Extra	Total
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo – C1	0,6464 <sup>*1/</sup>	0,7238 <sup>**</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo – C3	0,7440 <sup>**</sup>	0,8213 <sup>**</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na seiva do pecíolo – C5	0,5843 <sup>*</sup>	0,7049 <sup>*</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na mat. seca do pecíolo – C1	0,7858 <sup>**</sup>	0,8465 <sup>***</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na mat. seca do pecíolo – C3	0,7839 <sup>**</sup>	0,8659 <sup>**</sup>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na mat. seca do pecíolo – C5	0,7634 <sup>**</sup>	0,8179 <sup>**</sup>
N-org na mat. seca do limbo – C1	0,8719 <sup>***</sup>	0,8654 <sup>***</sup>
N-org na mat. seca do limbo – C3	0,8406 <sup>**</sup>	0,8629 <sup>***</sup>
N-org na mat. seca do limbo – C5	0,8168 <sup>**</sup>	0,8887 <sup>***</sup>

<sup>1/</sup>Valores calculados a partir de 10 médias (nas duas doses de matéria orgânica testadas); \*, \*\* e \*\*\*: Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

produções extra e total e a dose de fertilização nitrogenada, no presente experimento (Artigo 1), pode-se inferir que as altas doses de N aplicadas não excederam a capacidade das enzimas redutase do nitrato, sintetase da glutamina e sintase do glutamato em reduzirem o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a N-orgânico.

#### **Estimativa dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo a partir dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo**

As estimativas dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo a partir dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva (Quadro 5) resultaram em equações lineares para os dados dos experimentos realizados nas duas épocas, concordando com os resultados obtidos por Hartz et al. (1993) e Guimarães et al. (1998) em estudos de campo realizados na Califórnia e em Viçosa, respectivamente. Os altos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) encontrados nestas estimativas indicam a possibilidade de substituição da metodologia-padrão de laboratório, que consome

Quadro 5 – Equações de regressão para a estimativa dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo (NMSP, mg/kg) e de N-orgânico na matéria seca do limbo (N-org, dag/kg) a partir dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo (X, mg/L), dos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera

Equação	R <sup>2</sup>	n <sup>1/</sup>
-----Experimento de primavera/verão-----		
NMSP=-876,513+1,66624 <sup>***</sup> X	0,9011	120
N-org=3,13075+0,000353901 <sup>***</sup> X	0,8354	120
-----Experimento de outono/primavera-----		
NMSP=-466,98+4,13289 <sup>***</sup> X	0,9154	120
N-org=2,03766+0,00215088 <sup>**</sup> X-0,000000366875 <sup>**</sup> X <sup>2</sup>	0,8909	120

<sup>1/</sup>número de observações utilizadas na estimativa, fazendo-se a média das mesmas por doses de N.

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup>: Significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

tempo e reagentes perigosos, pelo medidor portátil, na determinação do teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no pecíolo das folhas do tomateiro.

Na estimativa dos teores de N-org na matéria seca do limbo a partir dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do pecíolo foram ajustadas equações linear e quadrática nos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera, respectivamente. Esses resultados indicam que a atividade da enzima nitrato redutase não foi saturada com o aumento nas doses de nitrato no solo no experimento de primavera/verão, ao passo que foi no de inverno/primavera, concordando com a afirmativa de Maynard et al. (1976) de que a maior intensidade luminosa observada na primavera/verão aumenta a atividade desta enzima. Os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) foram altos, porém menores do que os obtidos na estimativa dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na matéria seca do pecíolo a partir dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva (Quadro 5), indicando maior associação entre N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do que entre N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e N-org na matéria seca.

## CONCLUSÕES

- A aplicação de doses crescentes de N resultou em aumentos nos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo,

sem ou com matéria orgânica adicionada ao solo, em todas as amostragens e nos dois experimentos;

- Em ambos os experimentos, os teores dos índices de nitrogênio decresceram com o desenvolvimento das plantas, sem ou com matéria orgânica adicionada ao solo;

- No experimento de primavera/verão, os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 2581, 2983 e 2549 mg/L, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 3014, 3044 e 2432 mg/L com adição e, no experimento de outono/primavera, 3410, 2558 e 2231 mg/L, sem adição de matéria orgânica, e 3481, 2625 e 2115 mg/L com adição;

- No experimento de primavera/verão, os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca do pecíolo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 7140, 2778 e 2311 mg/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 6027, 3975 e 2469 mg/kg com adição e, no experimento de outono/primavera, 14684, 12324 e 5481 mg/kg, sem adição matéria orgânica, e 15756, 10953 e 6552 mg/kg com adição;

- No experimento de primavera/verão, os níveis críticos de N-org na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 4,63; 3,97 e 4,09 dag/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 4,52; 3,84 e 4,01 dag/kg com adição e, no experimento de outono/primavera, 5,99; 5,17 e 4,36 dag/kg, sem adição de matéria orgânica, e 6,14; 5,36 e 4,37 dag/kg com adição;

- De modo geral, em ambos os experimentos, os índices de nitrogênio nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 mostraram-se mais correlacionados com a produção total do que com a produção frutos extra, sendo as correlações positivas e significativas;

- É possível estimar os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro pela medição dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P., WINSOR, G.W., DONALD, J.D. The effects of nitrogen, potassium, and sub-irrigation on the yield, quality and composition of single-truss tomatoes. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.48, n.1, p.123-133. 1973.
- ANDERSEN, P.C., RHOADS, F.M., OLSON, S.M., BRODBECK, B.V. Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. **HortScience**, v.34, n.2, p.254-258. 1999a.
- 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. 1999b.
- BEVERLY, R.B. Stem sap testing as a real-time guide to tomato seedling nitrogen and potassium fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.7-8, p.1045-1056. 1994.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHRADER, L.E., YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80. 1975.
- COLTMAN, R.R. Yield and sap nitrate responses of fresh market field tomatoes to simulated fertigation with nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.1699-1704. 1987b.
- COLTMAN, R.R.; Yields of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate levels. **HortScience**, v.23, n.1, p.148-151. 1988.
- FAYAD, J.A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção de frutos pelo tomateiro em campo e estufa**. Universidade Federal de Viçosa. (Tese de MS). 89p. 1998.
- FONTES, P.C.R., GOMES, J.M., PEREIRA, P.R.G., MARTINEZ, H.E.P. Nível crítico de  $N-NO_3^-$  em pecíolos de tomateiro extraído por diferentes métodos. **Horticultura Brasileira**, v.13, n.1, p.11-13. 1995.
- GERALDSON, C.M., TYLER, K.B. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WESTERMAN, R.L., ed. **Soil Testing and Plant Analysis**. 3<sup>a</sup> ed. Madison. Soil Science Society of America. 1990. P.549-562.
- GOMEZ-LEPE, B.E., ULRICH, A. Influence of nitrate on tomato growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.99, n.1, p.45-49. 1974.

- GOSSOLIN, A., TRUDEL, M.J., CHALIFOUR, F.P., GENDRON, G. Influence de la température du substrat et de la fertilisation azotée sur la croissance, le développement, la teneur en azote et l'activité nitrate réductase de plants de tomate. **Canadian Journal of Plant Science**, v.64, p.181-191. 1984.
- 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**. Universidade Federal de Viçosa. (Tese de DS). 184p. 1998.
- 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.
- HALBROOKS, M.C., WILCOX, G.E. Tomato plant development and elemental accumulation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, n.6, p.826-828. 1980.
- HARTZ, T.K., SMITH, R.F., LeSTRANGE, M., SCHULBACH, K.F. On-farm monitoring of soil and crop nitrogen status by nitrate-selective electrode. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.24, n.19/20, p.2607-2615. 1993.
- HE, Y., TERABAYASHI, S., ASAKA, T., NAMIKI, T. Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentrations in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.4&5, p.799-811. 1999.
- HILLS, F.J., BROADBENT, F.E., LORENZ, O.B. Fertilizer nitrogen utilization by corn, tomato and sugarbeet. **Agronomy Journal**, v.75, p.423-426. 1983.
- HOCHMUTH, G.J. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. **HortTechnology**, v.4, p.218-222. 1994.
- HUETT, D.O. Fertilizer nitrogen and potassium studies with Flora-Dade tomatoes grown with trickle irrigation and polyethylene mulch covered beds on Krasnozem soils. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.33, p.221-226. 1993.
- HUETT, D.O., DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.28, p.391-399. 1988.
- IKEDA, H. Development of New Nutrition Diagnosis Methods for Horticultural Crops. Research Reports for National Science Research Foundation for 1992-1994 (Research B). 1995.
- IKEDA, H. Utilization of nitrogen by vegetable crops. **JARQ**, v.25, n.2, p.117-124. 1991.

- JACKSON, M.L. **Análisis Químico de Suelos**. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1982, 662p.
- JESCHKE, W.D., PATE, J.S. Mineral nutrition and transport in xylem and phloem of *Banksia prionotes* (Proteaceae), a tree with dimorphic root morphology. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.895-905. 1995.
- KAGEYAMA, Y. Effect of nitrogen concentration in a hydroponic solution on nitrogen uptake and growth of tomato plants. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.60, p.583-592. 1991.
- LOCASCIO, S.J., HOCHMUTH, G.J., RHOADES, 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.
- LORENZ, O.A., TYLER, K.B. **Plant tissue analysis of vegetable crops**, p. 24-29. In: REISENAUER, H.M. (ed.). Soil and plant tissue testing in California. Div. of Agr. Sci., Univ. of Calif., Berkeley, Bul. 1879, 1983.
- MASON, S.C., WILCOX, G.E. Nitrogen status evaluation of tomato plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.107, n.3, p.483-486. 1982.
- MAYNARD, D.N., BARKER, A.V., MINOTTI, P.L., PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, v.28, p.71-118. 1976.
- MINOTTI, P.L., HANKINSON, T.J., GRUBINGER, V.P., WIEN, H.C. Whole leaves versus petioles for assessing the nitrogen status of tomatoes. **HortScience**, v.24, n.1, p.84-86. 1989.
- OLSEN, J.K., LYONS, D.J. Petiole sap nitrate is better than total nitrogen in dried leaf for indicating nitrogen status and yield responsiveness of Capsicum in subtropical Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.835-843. 1994.
- PRASAD, M., SPIERS, T.M. Evaluation of a rapid method for plant sap nitrate analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.15, p.673-679. 1984.
- RODRIGUES, F. de A., FONTES, P.C.R., PEREIRA, P.R.G., MARTINEZ, H.E.P. Crescimento e teor crítico de N-NO<sub>3</sub> na seiva da batateira cultivada em solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.766-767. 2000.
- SAINJU, U.M., SINGH, B.P., RAHMAN, S., REDDY, V.R. Tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization influence tomato yield and nitrogen uptake. **HortScience**, v.35, n.2, p.217-221. 2000.

- SARRO, M.J., CADAHIA, C., CARPENA, O. Balance ionico en savia como indice de nutricion del tomate. Nueva metodologia analitica aplicable "in situ". **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, v.64, n.5-6, p.799-812. 1985.
- SCAIFE, A., STEVENS, K.L. Monitoring sap nitrate in vegetable crops: comparison of test strips with electrode methods, and effects of time of day and feaf position. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.14, p.761-771. 1983.
- TANAKA, A., FUJITA, K., KIKUCHI, K. Nutrio-physiological studies on the tomato plant. I. Outline of growth and nutrient absorption. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.1, p.57-68. 1974.
- WESTCOTT, M.P., CASH, S.D., JACOBSEN, J.S., CARLSON, G.R., WELTY, L.E. Sap analysis for diagnosis of nitrate accumulation in cereal forages. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, n.9-10, p.1355-1363. 1998.

# **ÍNDICE SPAD E TEOR DE CLOROFILA NO LIMBO FOLIAR DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA, EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO**

## **RESUMO**

Foram avaliados, em dois experimentos de campo conduzidos em duas épocas, primavera/verão e outono/primavera, o índice SPAD e o teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em resposta a doses de nitrogênio e a adubação orgânica. Os dois experimentos foram instalados na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico. Em ambos, as doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha e as doses de matéria orgânica na forma de esterco bovino curtido foram 0 e 8 t/ha, em base seca. Os experimentos seguiram o delineamento em blocos ao acaso no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. Nos dois experimentos, foram feitas leituras com o medidor SPAD-502 nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 e determinados os teores de clorofila pelo método convencional, em laboratório, nas folhas opostas ao cacho 6. Essas avaliações foram realizadas por ocasião da antese das flores de cada cacho. Nos dois experimentos, as leituras SPAD, nas três determinações realizadas, e o teor de clorofila obtido com o método-padrão aumentaram em função das doses de N, nas duas doses de matéria orgânica. No experimento de primavera/verão, os níveis críticos das leituras SPAD determinadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4; 52,2 e 51,7 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6; 51,6 e 50,6 unidades SPAD, com adição, e, no experimento de outono/primavera, os níveis críticos foram, respectivamente, 46,3; 49,1 e 41,3 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica, e 47,0; 48,9 e 41,5 unidades SPAD, com adição. Nos dois experimentos, as leituras SPAD e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão apresentaram correlação positiva e significativa com as produções extra e total. Na estimativa dos teores de N-org na matéria seca do limbo foliar a partir das leituras SPAD, foram obtidas equações lineares altamente significativas e com elevados coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nos dois experimentos.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, tomate, adubação nitrogenada, esterco bovino, medidor portátil de clorofila.

## **SPAD INDEX AND CHLOROPHYLL CONTENT IN FOLIAR LIMB OF TOMATO PLANT IN FUNCTION OF NITROGEN DOSES AND ORGANIC FERTILIZATION, IN TWO SOWING TIMES**

### **SUMMARY**

It was evaluated, in two field experiments conducted in two times, spring/summer and autumn/spring, the SPAD index and chlorophyll content of foliar limb of tomato plants in response to nitrogen doses and organic fertilization. The two experiments were installed at the Horta do Fundão of the Federal University of Viçosa, in a Cambic Red-Yellow Argisol. In both, the N doses applied were 0, 110, 220, 440 and 880 kg/ha and the organic matter doses in the form of hardened bovine manure were 0 and 8 t/ha, in dry base. The experiments had randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design, with four replications. In both experiments, readings were done by measurer SPAD-502 in the leaves opposite to the inflorescence 1, 3 and 5 and the chlorophyll contents were determined by conventional methods, in laboratories, in the leaves opposite to the inflorescence 6. These evaluations were carried out by anthesis of the flowers from each inflorescence. In both experiments, the SPAD readings, in the three determination carried out, and the chlorophyll content obtained by the standard-method increased in function of the N doses, in the two doses of organic matter. In the spring/summer experiment, the critical levels of the SPAD readings determined in the leaves opposite to the efflorescence 1, 3 and 5 were, respectively, 48,4; 52,2 and 51,7 SPAD units, without addition of organic matter to the soil, and 49,6; 51,6 and 50,6 SPAD units, with addition, and, in the autumn/spring experiment, the critical levels were, respectively, 46,3; 49,1 and 41,3 SPAD units, without addition of organic matter, and 47,0; 48,9 and 41,5 SPAD units, with addition. In both experiments, the SPAD readings and the chlorophyll content determined by standard-method presented positive and

significantly correlation with the total and extra productions. In the estimate of the organic N content in the dry matter of foliar limb from SPAD readings, linear equations highly significantly were obtained with high determination coefficient ( $R^2$ ), in both experiments.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, tomato, nitrogen fertilization, bovine manure, portable measurer of chlorophyll.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo deve ser feita de acordo com as necessidades da planta a ser cultivada. As determinações destas necessidades são importantes no sentido de otimizar o uso do nitrogênio por parte das culturas, minimizar os custos com fertilização nitrogenada e a poluição ambiental, podendo ser feitas no solo ou na planta.

Tem sido demonstrado em algumas culturas que a concentração de clorofila ou enverdecimento das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio, uma vez que 70% do N contido nas folhas está nos cloroplastos participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (Wood et al., 1992), e com a produção (Blackmer e Schepers, 1995). Entretanto, a metodologia de extração e de determinação da clorofila em laboratório (Arnon, 1949), ainda que fácil, apresenta algumas desvantagens como grande consumo de tempo, coleta destrutiva do material vegetal, extração via maceração com acetona-80% e leitura em espectrofotômetro.

Os medidores de clorofila são bastante efetivos em avaliar o verde da planta, ou indiretamente a concentração de clorofila e o “status” de nitrogênio das folhas, oferecendo várias vantagens em relação aos métodos convencionais de análise das concentrações de N na matéria seca das folhas, em laboratório. Entre essas vantagens, está o fato dos medidores serem portáteis, das avaliações

serem rápidas, baratas e feitas “in situ”, e dos tecidos das plantas não serem destruídos (Piekielek e Fox, 1992). Os medidores portáteis de clorofila oferecem ao mesmo tempo vantagens em termos ambientais e econômicos, pois podem permitir aos produtores ajustar de forma dinâmica as taxas de nitrogênio no solo, com base no “status” atual de N das plantas, com risco mínimo de redução na produção. Um destes medidores é o SPAD-502.

O medidor portátil de clorofila SPAD-502, da Minolta, mede a transmissão de luz vermelha a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e de luz infra-vermelha a 940 nm, onde não ocorre absorção. Com base nestes dois valores de transmissão, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), o qual é altamente correlacionado com o teor de clorofila (Wood et al., 1993; Markwell et al., 1995).

As leituras do medidor de clorofila SPAD-502 apresentam correlação significativa com os teores de clorofila extraível das plantas. No entanto, os valores dos coeficientes de determinação da regressão linear obtida entre essas duas variáveis dependentes dependem dos espaços intercelulares nas folhas amostradas, uma vez que o teor de clorofila permanece o mesmo, mas a transmissão de luz varia de acordo com a variação destes espaços. Desta forma, os estádios anatômico e morfológico das folhas e o estágio fenológico das plantas são importantes fatores que irão governar a relação entre os teores de clorofila determinados pelos métodos convencionais de laboratório e as leituras do medidor SPAD-502 (Paliwal e Karunaichamy, 1995).

Estudos recentes têm demonstrado que o uso do medidor portátil de clorofila SPAD-502 é excelente estratégia para avaliar a resposta das culturas à aplicação e ao manejo do nitrogênio (Madakadze et al., 1999). Essa tecnologia tem se mostrado bastante efetiva na determinação do “status” de N em arroz (Kumar et al., 1999; Carreres et al., 2000), milho (Sainz-Rozas e Echeverria, 1998; Shapiro, 1999), trigo (Hoel, 1998; Vidal et al., 1999), beterraba (Tugnoli, 1999; Campagna et al., 2000), cevada (Bort et al., 1998; Giordani, 2000), batata (Rodrigues et al., 2000), algodão (Wu et al., 1998), sorgo (Giordani et al., 1998)

e tomate (Guimarães et al., 1999; Sandoval-Villa et al., 1999, 2000), sendo de grande utilidade tanto para pesquisadores como para produtores.

Além de variar de acordo com o “status” de N do solo, as leituras do medidor SPAD-502 também podem variar de acordo com a época de plantio das culturas. Um estudo conduzido por Balasubramanian et al. (1999) demonstrou que o nível crítico SPAD foi 35 no arroz transplantado na estação seca e 32 na estação úmida com tempo nublado e baixa radiação. Desta forma, quando calibrado para as condições ambientais reinantes, o medidor pode ser usado para monitorar precisamente o “status” de N das culturas e aconselhar os agricultores durante a fertilização do solo com este elemento, concluem os autores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio, na ausência e na presença da adubação orgânica, sobre os índices SPAD e estabelecer seus níveis críticos em diferentes fases do ciclo do tomateiro, em duas épocas de plantio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos em duas épocas: um na primavera/verão e o outro no outono/primavera. Esses experimentos foram instalados em áreas localizadas na Horta do Fundão, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. A caracterização do sistema de produção empregado nos dois experimentos e a caracterização climática e do solo do local durante o período de condução dos mesmos encontram-se no Artigo 1.

Nos dois experimentos, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença ou não de adubação orgânica. Foram testadas as doses de N correspondentes a 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha. Os dois níveis de matéria orgânica foram 0 e 8 t/ha de matéria seca de esterco bovino curtido. A caracterização química desse adubo orgânico, colocado nos dois experimentos, encontra-se no Artigo 1. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, perfazendo 40 parcelas.

## **Determinações dos índices SPAD e dos teores de clorofila**

Foram utilizados o medidor portátil de clorofila SPAD-502 [Soil-Plant Analysis Development (SPAD) Section, Minolta Camera Co., Ltd, Japan] e a metodologia-padrão de laboratório (Arnon, 1949) para determinar os teores de clorofila nas folhas dos tomateiros, nos dois experimentos. As medições com o medidor SPAD foram realizadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, por ocasião da abertura floral, ou seja, aos 34, 54 e 83 dias após o transplântio (DAT), no experimento de primavera/verão, e aos 37, 52 e 81 DAT, no experimento de outono/primavera, respectivamente. Foram realizadas avaliações em cinco plantas por parcela. As medições foram realizadas em cinco folíolos de cada folha, sendo dois de cada lado da folha (laterais) e o folíolo terminal central. Das cinco leituras, calculou-se a média de cada folha amostrada, utilizando-se o próprio medidor SPAD, e, das leituras obtidas nas cinco folhas, calculou-se a média da parcela.

Na determinação do teor de clorofila pela metodologia-padrão de laboratório, por ocasião da abertura floral, aos 81 e 80 dias após o transplântio (DAT), nos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera, respectivamente, as folhas opostas ao cacho 6 foram destacadas das plantas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. Essa coleta, realizada em cinco plantas por parcela, se deu entre 7:00 e 9:00 h. No laboratório, foram tomados discos foliares de 9 mm de diâmetro na base de cada um dos folíolos das cinco folhas coletadas em cada parcela. Os discos foram macerados em acetona-80%, na presença de  $\text{CaCO}_3$ , e os extratos foram filtrados através de papel de filtro rápido, em balões de 25 mL, completando-se o volume. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 645 e 663 nm, utilizando-se cubetas de quartzo. A partir destas leituras, foram determinados os teores de clorofila (TC) nas soluções de leitura, por meio da fórmula abaixo, recomendada por Arnon (1949):

$$\text{TC}(\mu\text{g}/\text{cm}^3) = 20,2A_{645 \text{ nm}} + 8,02A_{663 \text{ nm}}$$

onde:  $A_{645\text{nm}}$  = Leitura no espectrofotômetro no comprimento de onda de 645 nm

$A_{663\text{nm}}$  = Leitura no espectrofotômetro no comprimento de onda de 663 nm

Posteriormente, os valores dos teores de clorofila foram transformados para  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  de clorofila no limbo foliar.

### **Procedimento estatístico**

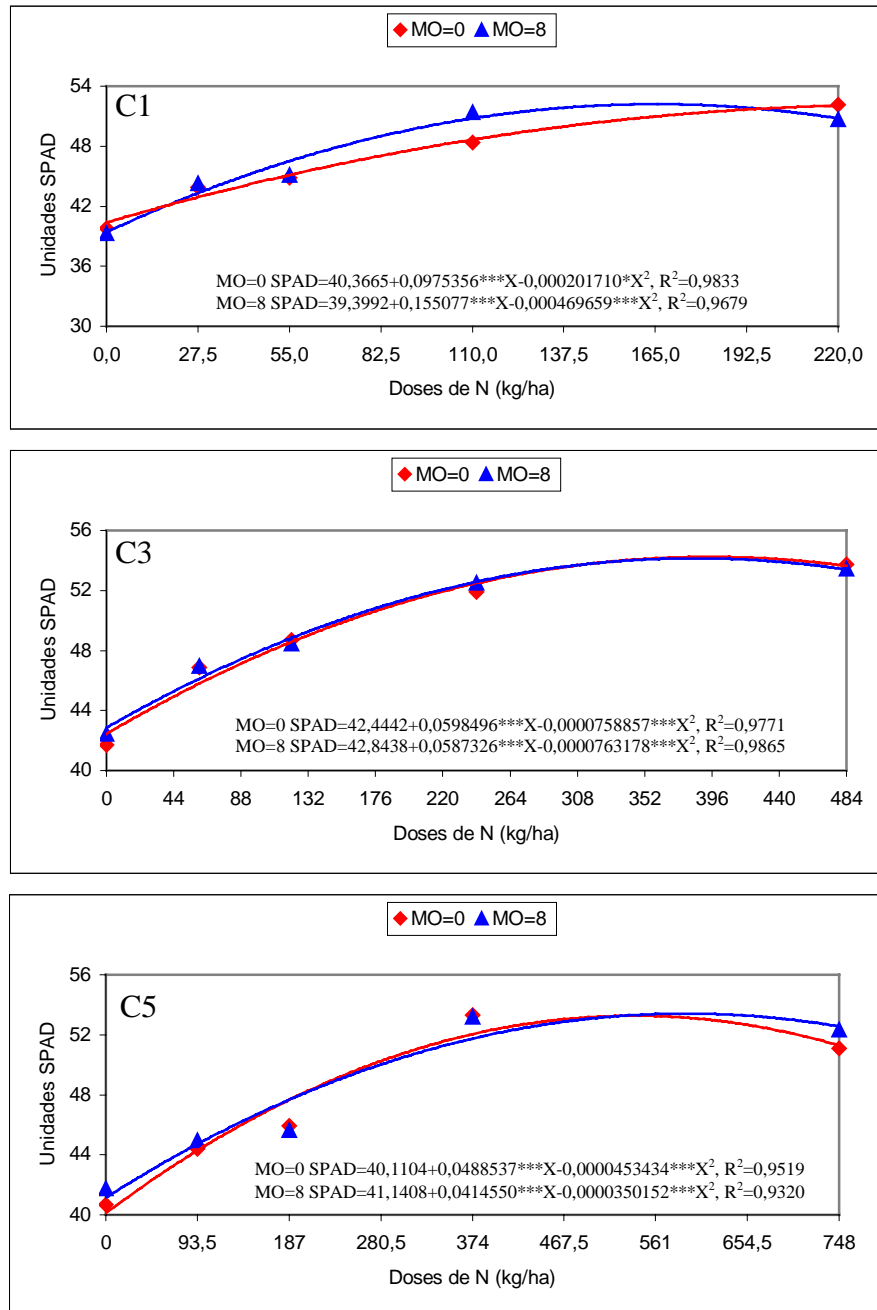
Os dados relativos às leituras obtidas com o clorofilômetro e aos teores de clorofila determinados pela metodologia-padrão de laboratório foram submetidos às análises de variância e de regressão, relacionando-os às doses de N aplicadas, em cada dose de matéria orgânica. Foram calculados os níveis críticos das leituras SPAD e dos teores de clorofila determinados pela metodologia-padrão, utilizando-se a respectiva dose de N responsável pela produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica. Essas doses foram, no experimento de primavera/verão, 355,2 e 310,2 kg/ha de N e, no de outono/primavera, 525,8 e 523,4 kg/ha de N, para as doses de 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente.

Posteriormente, realizou-se análise de correlação simples (Correlação Linear de Pearson) das leituras SPAD e dos teores de clorofila com as produções de frutos extra e total. Os coeficientes de correlação e de determinação foram testados a 10, 5, 1 e 0,1% de significância. Também, foram ajustadas equações de regressão tomando-se as leituras SPAD como a variável independente e os teores de N-org no limbo foliar (Artigo 4) como a variável dependente.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

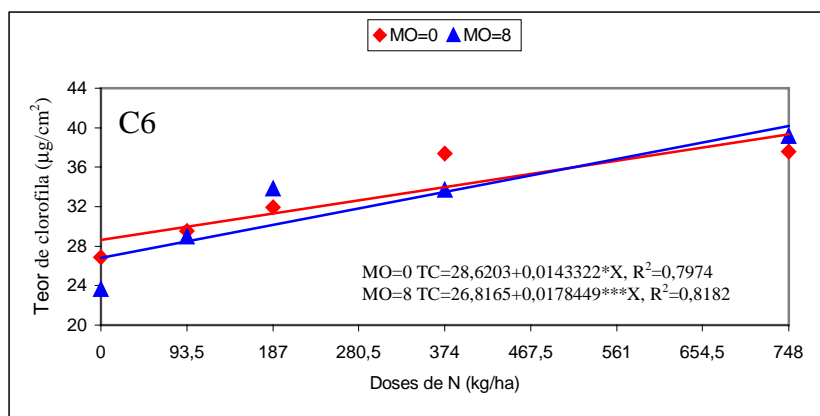
### **EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO**

As leituras obtidas com o medidor SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 aumentaram curvilinearmente em função das doses de N, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo (Figura 1). Feibo et al. (1998), Ntamatungiro et al. (1999) e Tugnoli (1999), trabalhando com algodão, arroz e beterraba, respectivamente, também constataram aumento nas leituras SPAD feitas nas



\* e \*\*\* Significativos a 5 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 1 – Leituras no medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.



\* e \*\*\* Significativos a 5 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 2 – Teores de clorofila (TC) no limbo da folha oposta ao cacho 6 (C6) do tomateiro, determinados pelo método padrão, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de primavera/verão.

folhas quando as taxas de fertilização nitrogenada no solo foram aumentadas. Os teores de clorofila na folha oposta ao cacho 6, determinados pelo método-padrão, aumentaram linearmente com as doses de N, nas duas doses de matéria orgânica (Figura 2). Dimri et al. (1997) também verificaram aumento no teor de clorofila determinado pelo método padrão de laboratório em folhas de tomateiro, em três estádios de desenvolvimento (pré-florescimento, florescimento e amadurecimento dos frutos), com o aumento das doses de nitrogênio no solo. Foi também constatado pelos autores correlação positiva dessa variável com o teor foliar de N. Resultados semelhantes foram encontrados por Murakami et al. (1998).

Os níveis críticos SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4; 52,2 e 51,7 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6; 51,6 e 50,6 unidades SPAD, com adição. Guimarães (1998), trabalhado com o tomateiro híbrido Débora-Plus no mesmo local, na mesma época e nas condições semelhantes de cultivo do presente experimento, sem o uso de adubação orgânica, encontraram valores para níveis críticos SPAD de 47,9; 42,0 e 40,5 nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, recém florescidos, ou seja, pouco inferiores aos encontrados na presente pesquisa. Os níveis críticos de clorofila determinada pelo método-padrão nas folhas opostas ao cacho 6 foram

33,7 e 32,4  $\mu\text{g}$  de clorofila/ $\text{cm}^2$  de limbo foliar, para as doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. Esses valores foram inferiores ao encontrado por Guimarães (1998) na mesma folha, 47,4  $\mu\text{g}$  de clorofila/ $\text{cm}^2$  de limbo foliar.

## **EXPERIMENTO DE OUTONO/PRIMAVERA**

As leituras obtidas com o medidor SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (Figura 3) e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão (Figura 4) aumentaram em função das doses de N, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo, concordando com os resultados obtidos por Dimri et al. (1997), Feibo et al. (1998), Murakami et al. (1998), Ntamatungiro et al. (1999) e Tugnoli (1999).

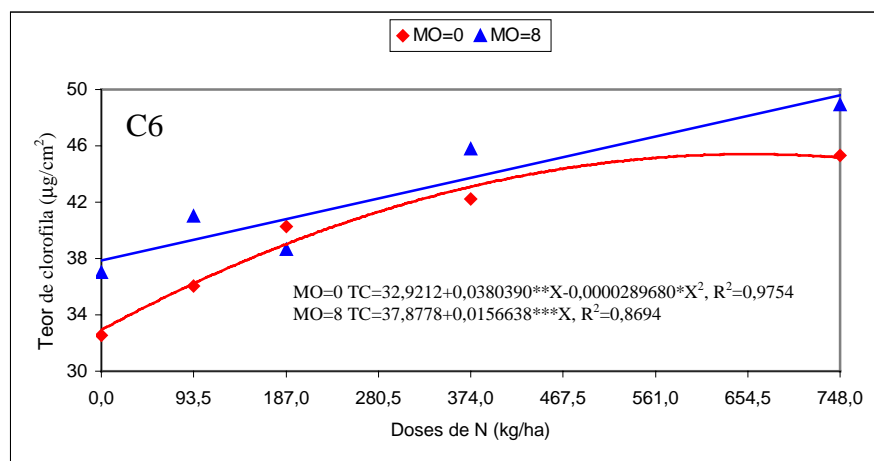
Comparando-se as faixas dos valores obtidos com o medidor SPAD em cada época de leitura, de modo geral, houve tendência a decrescer com o decorrer do ciclo da cultura, semelhante ao que ocorreu com o teor de N-org na matéria seca do limbo foliar (Artigo 4). Resultados semelhantes foram observados por Xu et al. (1997) trabalhando com tomateiro em casa-de-vegetação, os quais ainda constataram que o decréscimo no teor de clorofila ao longo do ciclo cultural foi proporcional ao decréscimo da capacidade fotossintética bruta das plantas, o que se deveu à diminuição no teor da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), a proteína mais amplamente distribuída no reino vegetal, nas folhas, e não à sua atividade específica (atividade por unidade de proteína solúvel).

Os níveis críticos SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 46,3; 49,1 e 41,3 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 47,0; 48,9 e 41,5 unidades SPAD, com adição. Nos dois níveis de matéria orgânica, os resultados obtidos nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido estão inferiores aos encontrados por Guimarães (1998), o qual trabalhou na mesma época do presente experimento, porém com o híbrido Débora-Plus, e, nas folhas opostas ao terceiro e quinto cachos florescidos, superiores. Já os níveis críticos de clorofila determinada pelo método-padrão nas folhas opostas ao cacho 6 foram 44,1 e 44,8  $\mu\text{g}$  de clorofila/ $\text{cm}^2$  de limbo foliar, nas doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. Esses valores são



\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 3 – Leituras no medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.



\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 4 – Teores de clorofila (TC) no limbo da folha oposta ao cacho 6 (C6) do tomateiro, determinados pelo método padrão, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha), do experimento de outono/primavera.

inferiores aos encontrados por Guimarães (1998). Em algodoeiro, Feibo et al. (1998) encontraram níveis críticos SPAD, para produção máxima de fibras, de 32,4; 33,1; 35,0; 43,6 e 39,7 para os estágios de florescimento inicial, florescimento máximo, formação das maçãs, abertura inicial das maçãs e maçãs abertas, respectivamente.

### **Correlações das leituras SPAD e dos teores de clorofila determinados pelo método-padrão com as produções de frutos extra e total**

#### **EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO**

As leituras SPAD e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão correlacionaram-se positiva e significativamente com as produções de frutos extra e total, sendo que os valores do coeficiente de correlação linear foram aparentemente maiores com a produção total (Quadro 1), concordando com os resultados obtidos por Guimarães (1998).

Em estudo realizado por Sandoval-Villa et al. (1999), foi constatado que as leituras SPAD correlacionaram-se melhor com a produção de frutos do

Quadro 1 – Coeficientes de correlação linear simples (r) das leituras com o medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (SPAD1, SPAD3 e SPAD5, respectivamente) e das quantidades de clorofila por área no limbo da folha oposta ao cacho 6 (ARNON6) do tomateiro com as produções de frutos extra e total, do experimento de primavera/verão

Características	Produção de Frutos	
	Extra	Total
SPAD1	0,8164**	0,8818***
SPAD3	0,8841***	0,9392***
SPAD5	0,7702**	0,8554***
ARNON6	0,7953**	0,8217**

<sup>1/</sup>Valores calculados a partir de 10 médias (nas duas doses de matéria orgânica testadas); \*\* e \*\*\*: Significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

tomateiro antes do estágio de frutificação, indicando ser este o melhor período para utilizar o medidor SPAD-502 com o objetivo de estimar o “status” de N nas folhas e prever a produção potencial de tomate. Minotti et al. (1994) encontraram que as leituras SPAD em função das taxas de fertilização nitrogenada foram apenas bem correlacionadas com a produção de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) em faixas de N no solo consideradas limitantes ao crescimento e à produção desta cultura. No presente experimento, tal faixa (0 a 748 kg/ha) não foi considerada limitante.

Outros fatores que afetam o crescimento e a produção do tomateiro, como por exemplo práticas culturais, doenças e deficiências de nutrientes, podem afetar o enverdecimento das folhas e, conseqüentemente, as relações entre leituras SPAD e produção.

## **EXPERIMENTO DE OUTONO/PRIMAVERA**

As leituras SPAD e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão correlacionaram-se positiva e significativamente com as produções de frutos extra e total, sendo que as leituras SPAD no limbo das folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1) e os teores de clorofila determinados pelo

Quadro 2 – Coeficientes de correlação linear simples (r) das leituras com o medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (SPAD1, SPAD3 e SPAD5, respectivamente) e das quantidades de clorofila por área no limbo da folha oposta ao cacho 6 (ARNON6) do tomateiro com as produções de frutos extra e total, do experimento de outono/primavera

Características	Produção de Frutos	
	Extra	Total
SPAD1	0,6108*	0,6746*
SPAD3	0,8493***	0,8491***
SPAD5	0,8461***	0,8383**
ARNON6	0,8062**	0,8166**

<sup>1/</sup>Valores calculados a partir de 10 médias (nas duas doses de matéria orgânica testadas); \*, \*\* e \*\*\*: Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

método-padrão no limbo das folhas C6 correlacionaram-se mais com a produção total de frutos, conforme também constatado por Guimarães (1998). Já as leituras SPAD em C3 e C5 correlacionaram-se mais com a produção extra de frutos (Quadro 2).

### **Estimativa dos teores de N-org no limbo a partir das leituras SPAD**

Nas estimativas dos teores de N-orgânico na matéria seca do limbo foliar a partir das leituras SPAD (unidades SPAD), foram obtidas equações lineares significativas e altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nos dois experimentos, sendo que, no experimento de outono/primavera, foi obtido maior  $R^2$  (Quadro 3). Guimarães (1998) também encontrou, nessas estimativas, equações lineares altamente significativas, porém com baixos coeficientes de determinação. Por outro lado, Sandoval-Villa et al. (1999) encontraram uma relação quadrática entre as concentrações de N e as leituras SPAD nas folhas de tomateiro durante os estádios vegetativo e de florescimento, indicando que houve concentração ótima

de N nos tecidos foliares para a biossíntese da clorofila, acima da qual este processo é prejudicado. Já Wood et al. (1992) e Li et al. (1998), trabalhando com

Quadro 3 – Equações de regressão para a estimativa dos teores de N-orgânico na matéria seca do limbo (N-org, dag/kg) a partir das leituras com o medidor SPAD (X, unidades SPAD) dos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera

Equação	R <sup>2</sup>	n <sup>1/</sup>
-----Experimento de primavera/verão----- N-org=0,681854+0,0697089 <sup>***</sup> X	0,8506	120
-----Experimento de outono/primavera----- N-org=-0,598006+0,129244 <sup>***</sup> X	0,9003	120

<sup>1/</sup>número de observações utilizadas na estimativa, fazendo-se a média das mesmas por doses de N.

<sup>\*\*\*</sup>: Significativo 0,1% de probabilidade pelo teste t.

milho (*Zea mays* L.) e toranja (*Citrus paradisi* MacFadyen), respectivamente, encontraram relação linear entre essas duas variáveis dependentes, concordando, portanto, com os resultados obtidos no presente experimento.

## CONCLUSÕES

- Nos dois experimentos, as doses de N aumentaram as leituras SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão no limbo da folha oposta ao cacho 6, nas duas doses de matéria orgânica;
- No experimento de primavera/verão, os níveis críticos das leituras SPAD determinadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4; 52,2 e 51,7 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6; 51,6 e 50,6 unidades SPAD, com adição;
- No experimento de outono/primavera, os níveis críticos das leituras SPAD determinadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 46,3; 49,1 e 41,3 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 47,0; 48,9 e 41,5 unidades SPAD, com adição;

- Na estimativa dos teores de N-org na matéria seca do limbo foliar a partir das leituras SPAD, foram obtidas equações lineares significativas e elevados coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nos dois experimentos;
- O valor SPAD pode ser considerado como índice de prognóstico das produções total e extra de frutos de tomate.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxylase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1-15. 1949.
- BALASUBRAMANIAN, V., MORALES, A.C., CRUZ, R.T., ABDULRACHMAN, S., LADHA, J.K., DENNING, G.L. On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.53, n.1, p.59-69. 1999.
- 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.
- BORT, J., ARAUS, J.L., HAZZAM, H., GRANDO, S., CECCARELLI, S. Relationships between early vigour, grain yield, leaf structure and stable isotope composition in field grown barley. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.36, n.12, p.889-897. 1998.
- CAMPAGNA, G., ZAVANELLA, M., LANDI, D. La concimazione azotata parte dalla dotazione del terreno. **Informatore Agrario**, v.56, n.3, p.35-40. 2000.
- CARRERES, R., SENDRA, J., BALLESTEROS, R., CUADRA, J.G. de la. Effects of pre-flood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. **Journal of Agricultural Science**, v.134, n.4, p.379-390. 2000.
- DIMRI, D.C., GULSHAN, L., LAL, G. Effect of nitrogen and spacing on leaf-nitrogen status and chlorophyll content in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Annals of Agricultural Research**, v.18, n.1, p.108-110. 1997.
- 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.
- GIORDANI, G. Lo stato nutrizionale delle colture di orzo. **Informatore Agrario**, v.56, n.7, p.69-72. 2000.
- GIORDANI, G., BERNATI, E., BARTOLINI, M. Metodi diagnostici per stabilire lo stato nutrizionale del sorgo. **Informatore Agrario**, v.54, n.21, p.41-44. 1998.

- 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.** Universidade Federal de Viçosa. (Tese de DS). 184p. 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 cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v.58, n.1, p.209-216. 1999.
- HOEL, B.O. Use of a hand-held chlorophyll meter in winter wheat: evaluation of different measuring positions on the leaves. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.48, n.4, p.222-228. 1998.
- KUMAR, R.M., PADMAJA, K., SUBBAIAH, S.V. Tools for plant-based N management in different rice varieties grown in southern India. **International Rice Research Notes**, v.24, n.3, p.23-24. 1999.
- LI, Y.C., ALVA, A.K., CALVERT, D.V., ZHANG, M. A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. **HortTechnology**, v.8, p.81-86. 1998.
- MADAKADZE, I.C., STEWART, K.A., MADAKADZE, R.M., PETERSON, P.R., COULMAN, B.E., SMITH, D.L. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.6, p.1001-1010. 1999.
- MARKWELL, J., OSTERMAN, J.C., MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, v.46, p.467-472. 1995.
- MINOTTI, P.L., HALSETH, D.E., SIECZKA, J.B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **HortScience**, v.29, p.1497-1500. 1994.
- MURAKAMI, K., SUNG, I.K., TAKEMURA, Y., MUNOZ-CARPENA, R. Effects of nutrient concentration under varying red/far-red lighting conditions on the chlorophyll content and growth of tomato. **Acta Horticulturae**, n.458, p.179-183. 1998.
- NTAMATUNGIRO, S., NORMAN, R.J., McNEW, R.W., WELLS, B.R. Comparison of plant measurements for estimating nitrogen accumulation and grain yield by flooded rice. **Agronomy Journal**, v.91, p.676-685. 1999.
- PALIWAL, K., KARUNAICHAMY, K.S.T.K. In-situ estimation of leaf chlorophyll by light transmittance in vegetable crops. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.65, n.5, p.361-362. 1995.
- PIEKIELEK, 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.

- RODRIGUES, F. de A., FONTES, P.C.R., MARTINEZ, H.E.P., PEREIRA, P.R.G. Nível crítico do índice spad na folha da batateira, em solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.764-765. 2000.
- SAINZ-ROZAS, H., ECHEVERRIA, H.E. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD-502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maiz y el rendimiento en grano. **Revista de la Facultad de Agronomía La Plata**, v.103, n.1, p.37-44. 1998.
- SANDOVAL-VILLA, M., GUERTAL, E.A., WOOD, C.W. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, v.23, n.5, p.649-661. 2000.
- 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.
- 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.
- TUGNOLI, V. Correggere la fertilizzazione in bieticoltura. **Informatore Agrario**, v.55, n.9, p.71-76. 1999.
- VIDAL, I., LONGERI, L., HETIER, J.M. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.55, n.1, p.1-6. 1999.
- WOOD, C.W., REEVES, D.W., DUFFIELD, R.R., EDMISTEN, K.L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **Journal of Plant Nutrition**, v.15, p.487-500. 1992.
- WOOD, C.W., REEVES, D.W., HIMELRICK, D.J. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. **Proceedings Agronomy Society of New Zealand**, v.23, p.1-9. 1993.
- WU, F.B., WU, L.H., XU, F.H. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Research**, v.56, n.3, p.309-314. 1998.
- XU, H.L., GAUTHIER, L., DESJARDINS, Y., GOSSELIN, A. Photosynthesis in leaves, fruits, stem and petioles of greenhouse-grown tomato plants. **Photosynthetica**, v.33, n.1, p.113-123. 1997.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre a produção e a qualidade dos frutos; os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-orgânico na matéria seca do limbo das folhas; os teores de clorofila e os índices SPAD na folha, em dois experimentos conduzidos em duas épocas: primavera/verão (nov/98 a fev/99) e outono/primavera (mai/99 a out/99); e sobre os teores residuais de  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$  e N-mineral no solo, na época de outono/primavera. Os dois experimentos foram instalados na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico. Em ambos, as doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha e as doses de matéria orgânica na forma de esterco bovino curtido foram 0 e 8 t/ha, em base seca. Os experimentos seguiram o delineamento em blocos ao acaso no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. As principais conclusões foram:

### 1) No experimento de primavera/verão:

- As máximas produções total, comercial, extra e equivalente a extra AA foram 44,78; 25,10; 23,52 e 15,20 t/ha, obtidas com as doses de 530,2; 464,2; 434,8 e 603,4 kg/ha de N, respectivamente, sem adição de matéria orgânica ao solo; e

45,75; 25,87; 24,54 e 15,98 t/ha, obtidas com as doses 574,2; 513,3; 599,8 e 564,8 kg/ha de N, respectivamente, com adição de matéria orgânica;

- A produção absoluta de frutos não-comerciais aumentou com o aumento das doses de N apenas na dose zero de matéria orgânica;
- A eficiência da adubação nitrogenada foi 15,23 e 13,22 kg de frutos extra AA por kg de N aplicado, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente;
- O pH, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável no suco de tomate não se alteraram com as doses de N, tanto na ausência como na presença da adubação orgânica;
- Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos do tomateiro aumentaram linearmente com as doses de N sem adição de matéria orgânica ao solo e permaneceram constantes com adição;
- Com a aplicação da dose 355,2 kg/ha de N, correspondente à produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica (MEE), na ausência da adubação orgânica, o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos foi 1657 mg/kg;
- A aplicação de doses crescentes de N resultou em aumentos nos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo, tanto na ausência como na presença da adubação orgânica, em todas as amostragens;
- Os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 2581, 2983 e 2549 mg/L, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 3014, 3044 e 2432 mg/L com adição; na matéria seca do pecíolo, estes níveis críticos foram 7140, 2778 e 2311 mg/kg, sem adição de matéria orgânica, e 6027, 3975 e 2469 mg/kg com adição. Na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, os níveis críticos de N-org foram, respectivamente, 4,63; 3,97 e 4,09 dag/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 4,52; 3,84 e 4,01 dag/kg com adição;
- De modo geral, as formas de N se correlacionaram mais com a produção total do que com a produção extra de frutos;

- As correlações obtidas entre as formas de N nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 e as produções extra e total foram positivas e significativas;
- O medidor portátil pode ser utilizado para determinar os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo e os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca desta parte da folha do tomateiro;
- As doses de N aumentaram as leituras SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão no limbo da folha oposta ao cacho 6, nas duas doses de matéria orgânica no solo;
- Os níveis críticos das leituras SPAD determinados nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4; 52,2 e 51,7 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6; 51,6 e 50,6 unidades SPAD, com adição; e
- As leituras SPAD e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão correlacionaram-se mais com a produção total do que com a produção extra.

## **2) No experimento de outono/primavera:**

- As máximas produções total, comercial, extra e equivalente a extra AA foram 99,37; 78,87; 69,93 e 42,26 t/ha, obtidas com as doses 525,4; 533,9; 557,5 e 584,8 kg/ha de N, respectivamente, sem adição de matéria orgânica ao solo; e 108,74; 87,08; 78,09 e 47,52 t/ha, obtidas com as doses 589,6; 575,3; 557,4 e 571,1 kg/ha de N, respectivamente, com adição de matéria orgânica;
- A produção de frutos não-comerciais aumentou com o aumento das doses de N, nas duas doses de matéria orgânica no solo;
- A eficiência da adubação nitrogenada foi 22,90 e 27,67 kg de frutos extra AA por kg de N aplicado, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente;
- O pH, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável no suco de tomate não se alteraram com as doses de N, tanto na ausência como na presença da adubação orgânica;

- Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos aumentaram linearmente com as doses de N sem adição de matéria orgânica ao solo e permaneceram constantes com adição;
- Com a aplicação da dose 525,8 kg/ha de N, correspondente à produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica (MEE), na ausência da adubação orgânica, o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca dos frutos foi 1884 mg/kg;
- Ao final do ciclo (185 DAT), em todas as profundidades do solo (0-20, 20-40 e 40-60 cm) e nas duas doses de matéria orgânica testadas, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e de  $\text{N-NH}_4^+$  foram aumentados com as crescentes doses de N, sendo que os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram mais influenciados por este aumento do que os de  $\text{N-NH}_4^+$ ;
- Os valores dos teores de N mineral no solo foram similares aos de  $\text{N-NO}_3^-$ ;
- Na maior dose de N (880 kg/ha), os teores de N mineral no solo, estimados nas três profundidades de amostragem, aumentaram nas seguintes proporções em relação aos valores presentes no solo antes do plantio: 0-20 cm = 164 e 160%; 20-40 cm = 441 e 530%; e 40-60 cm = 438 e 519%, sem e com adição de matéria orgânica ao solo, respectivamente;
- A aplicação de doses crescentes de N resultou em aumentos nos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo, tanto na ausência como na presença da adubação orgânica, em todas as amostragens realizadas;
- Os níveis críticos de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 3410, 2558 e 2231 mg/L, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 3481, 2625 e 2115 mg/L com adição; na matéria seca do pecíolo, estes níveis críticos foram 14684, 12324 e 5481 mg/kg, sem adição de matéria orgânica, e 15756, 10953 e 6552 mg/kg com adição. Na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, os níveis críticos de N-org foram, respectivamente, 5,99; 5,17 e 4,36 dag/kg, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 6,14; 5,36 e 4,37 dag/kg com adição;
- De um modo geral, as formas de N analisadas mostraram-se mais correlacionadas com a produção total do que com a produção extra de frutos;

- Todas as correlações entre as formas de N das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 e as produções extra e total foram positivas e significativas;
- A estimativa dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca do pecíolo a partir dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva resultou em equação linear com coeficiente de determinação superior ao encontrado no experimento de primavera/verão ( $R^2 = 0,9154$ );
- As doses de N aumentaram as leituras SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão no limbo da folha oposta ao cacho 6, nas duas doses de matéria orgânica no solo;
- Os níveis críticos das leituras SPAD determinadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 46,3; 49,1 e 41,3 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 47,0; 48,9 e 41,5 unidades SPAD, com adição; e
- As leituras SPAD no limbo das folhas opostas ao cacho 1 (C1) e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão no limbo das folhas C6 correlacionaram-se mais com a produção total. Já as leituras SPAD em C3 e C5 correlacionaram-se mais com a produção extra.

## **APÊNDICE**

QUADRO 1A – Produções total, comercial, “extra”, extra AA, extra A, médio extra e ponderada de frutos de tomate em função das doses de nitrogênio e da adubação orgânica do experimento de primavera/verão

Dose de N	Total	Comercial	“Extra”	Extra AA	Extra A	Médio extra	Ponderada extra
kg/ha	t/ha						
Adubação orgânica = 0 t/ha							
0	22,13	10,68	9,50	0,93	6,98	1,60	5,89
93,5	37,14	21,29	20,41	0,20	16,94	3,27	12,02
187,0	42,46	24,30	22,37	1,29	18,28	2,80	13,76
374,0	42,61	23,11	21,97	2,86	16,35	2,77	14,11
748,0	44,44	24,66	22,71	4,41	16,07	2,22	15,30
Adubação orgânica = 8 t/ha							
0	29,41	15,35	13,77	0,82	11,32	1,63	8,50
93,5	37,38	22,25	20,05	2,74	14,88	2,43	12,95
187,0	37,89	24,77	23,37	4,10	16,86	2,41	15,54
374,0	43,61	25,18	23,51	2,80	17,97	2,74	15,06
748,0	44,45	25,54	24,50	3,73	17,76	3,01	15,96

QUADRO 2A – Número e peso médio de frutos de tomate das produções total, comercial e “extra” e peso da matéria seca da parte aérea do tomateiro, determinado após a última colheita dos frutos, em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de primavera/verão

Dose de N	Total	Comercial	“Extra”	Total	Comercial	“Extra”	MSPA <sup>1/</sup>
kg/ha	nº frutos/ha			g/fruto			g/parcela
Adubação orgânica = 0 t/ha							
0	218670	95550	75290	99,72	110,05	124,64	1089,9
93,5	344610	167255	154840	109,53	127,58	132,41	1622,6
187,0	400505	204915	174640	106,58	118,34	127,92	1996,4
374,0	383660	177390	160040	111,49	137,55	144,84	1992,9
748,0	396015	180890	160410	112,86	137,83	145,61	2123,8
Adubação orgânica = 8 t/ha							
0	286327	135853	107460	102,89	113,43	128,14	1563,3
93,5	337625	171265	137870	110,84	131,60	149,29	1682,8
187,0	350770	193000	172000	106,90	129,24	138,19	2014,6
374,0	409360	230580	197275	107,45	111,07	120,68	2186,8
748,0	398115	173630	152090	112,85	148,22	161,90	2289,7

OBS.: MSPA = Matéria seca da parte aérea sem os frutos.

QUADRO 3A – Produções total, comercial, “extra”, extra AA, extra A, médio extra e ponderada de frutos de tomate em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica do experimento de outono/primavera

Dose de N	Total	Comercial	“Extra”	Extra AA	Extra A	Médio extra	Ponderada extra
kg/ha	t/ha						
Adubação orgânica = 0 t/ha							
0	69,76	58,50	48,12	3,52	31,50	13,10	28,12
110	89,25	73,79	60,87	2,49	40,13	18,24	34,42
220	94,55	74,18	62,73	5,83	40,57	16,33	37,31
440	101,81	80,12	67,57	6,38	45,93	15,26	40,81
880	95,85	76,92	63,72	7,35	41,91	14,46	38,97
Adubação orgânica = 8 t/ha							
0	87,02	70,17	55,97	5,20	36,11	14,66	33,27
110	88,57	74,37	62,60	3,50	40,96	18,14	35,90
220	98,99	78,29	65,72	6,42	44,17	15,13	39,70
440	109,05	87,84	79,91	7,53	55,87	16,52	48,64
880	102,42	81,67	69,67	8,21	45,11	16,35	42,54

QUADRO 4A – Número e peso médio de frutos de tomate das produções total, comercial e “extra” e peso da matéria seca da parte aérea do tomateiro, determinado após a última colheita dos frutos, em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de outono/primavera

Dose de N	Total	Comercial	“Extra”	Total	Comercial	“Extra”	MSPA <sup>1/</sup>
kg/ha	nº frutos/ha			g/fruto			g/parcela
Adubação orgânica = 0 t/ha							
0	706000	523000	367500	96,74	109,74	128,80	2044,0
110	900060	651945	472315	99,28	113,32	128,81	2765,7
220	923600	627870	472250	102,09	118,00	132,77	2984,8
440	961590	665090	488330	105,57	120,52	137,76	3652,6
880	938540	643520	464390	102,08	119,30	137,14	4442,9
Adubação orgânica = 8 t/ha							
0	901065	631965	431545	96,59	110,66	128,93	1941,1
110	862270	641385	481670	102,61	116,19	130,42	2732,1
220	957575	657460	479825	103,18	118,98	136,79	3143,0
440	953650	685610	577725	114,43	128,26	138,35	3647,7
880	1009960	680245	505215	101,21	119,53	137,34	4790,8

OBS.: MSPA = Matéria seca da parte aérea sem os frutos.

QUADRO 5A – Teores de  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$  e N mineral no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, determinados após o final do ciclo do tomateiro, em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de outono/primavera

Dose de N	N- $NO_3^-$			N- $NH_4^+$			N-mineral		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
kg/ha	-----mg/dm <sup>3</sup> -----						-----kg/ha-----		
<b>Adubação orgânica = 0 t/ha</b>									
0	3,96	3,12	1,64	5,26	3,09	2,90	9,21	6,21	4,54
110	8,02	9,61	13,87	10,06	5,34	4,81	18,08	14,95	18,68
220	12,91	19,42	12,01	6,80	6,10	4,12	19,70	25,52	16,13
440	13,86	27,16	25,53	6,88	5,04	5,03	20,74	32,20	30,56
880	17,24	31,86	30,30	15,28	9,13	4,98	32,52	40,98	35,28
<b>Adubação orgânica = 8 t/ha</b>									
0	5,04	5,26	4,57	7,92	4,78	3,85	12,96	10,03	8,41
110	6,43	10,06	14,10	7,45	6,46	4,47	13,88	16,51	18,57
220	14,17	12,55	13,90	7,67	6,91	4,85	21,84	19,46	18,75
440	15,64	30,71	29,83	12,47	5,07	4,13	28,12	35,78	33,96
880	17,46	33,98	33,35	11,86	10,68	7,06	29,32	44,66	40,40

QUADRO 6A – pH, grau brix, acidez total titulável e teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-org e N-total na matéria seca dos frutos de tomate em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de primavera/verão

Dose de N	pH	°Brix	ACT <sup>1/</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-org	N-Total
kg/ha		-----%-----		mg/kg	-----dag/kg-----	
Adubação orgânica = 0 t/ha						
0	4,5	3,8	0,375	1153	1,81	1,92
93,5	4,7	3,6	0,404	1421	2,81	2,95
187,0	4,5	3,7	0,369	1287	2,68	2,81
374,0	4,6	3,8	0,390	2022	2,19	2,39
748,0	4,6	3,8	0,370	1973	2,54	2,74
Adubação orgânica = 8 t/ha						
0	4,6	3,4	0,375	1418	1,98	2,12
93,5	4,6	3,8	0,353	1803	2,01	2,19
187,0	4,6	3,5	0,416	1559	2,78	2,94
374,0	4,7	3,5	0,354	1724	2,85	3,02
748,0	4,6	3,7	0,379	1841	3,00	3,18

OBS.: ACT = Acidez total titulável

QUADRO 7A – pH, grau brix, acidez total titulável e teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-org e N-total na matéria seca dos frutos de tomate em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de outono/primavera

Dose de N	pH	°Brix	ACT <sup>1/</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-org	N-Total
kg/ha		-----%-----		mg/kg	-----dag/kg-----	
Adubação orgânica = 0 t/ha						
0	4,8	3,7	0,386	1111	1,66	1,77
110	4,7	3,9	0,370	1340	1,92	2,05
220	4,7	4,0	0,368	1763	2,25	2,42
440	4,6	3,9	0,418	1876	2,38	2,57
880	4,7	4,2	0,404	2198	2,23	2,45
Adubação orgânica = 8 t/ha						
0	4,8	4,0	0,422	1467	1,94	2,09
110	4,3	3,7	0,374	1362	1,92	2,06
220	4,7	4,1	0,382	1850	2,39	2,57
440	4,8	4,1	0,422	1651	2,35	2,52
880	4,8	3,9	0,390	1460	2,54	2,69

OBS.: ACT = Acidez total titulável

QUADRO 8A – Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio e da adubação orgânica, do experimento de primavera/verão

Dose de N	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - seiva			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - MS <sup>1/</sup> do pecíolo			N-org - MS do limbo		
	C1	C3	C5	C1	C3	C5	C1	C3	C5
	% da dose de N usada			% da dose de N usada			% da dose de N usada		
	25	55	85	25	55	85	25	55	85
kg/ha	-----mg/L-----			-----mg/kg-----			-----dag/kg-----		
<b>Adubação orgânica = 0 t/ha</b>									
0	963	1425	1475	556	519	492	3,46	3,12	3,24
110	2100	1650	1288	3201	1728	925	4,23	3,56	3,60
220	2425	2650	1700	5111	2221	1809	4,46	3,80	3,79
440	2800	3250	2325	7059	2593	1973	4,64	3,88	4,09
880	3525	4425	2950	7141	2884	2681	4,73	4,00	4,12
<b>Adubação orgânica = 8 t/ha</b>									
0	1033	1600	1200	3193	790	940	4,26	3,49	3,48
110	2125	2025	1500	4022	1423	1057	4,23	3,53	3,64
220	2633	3525	1850	5646	3615	1934	4,39	3,73	4,02
440	3000	2875	2750	7360	4086	2142	4,62	4,11	3,96
880	3675	4650	2675	8799	4580	3269	4,95	4,20	4,13

OBS.: MS = Matéria seca.

QUADRO 9A – Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-org na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio e da adubação orgânica, do experimento de outono/primavera

Dose de N	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - seiva			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - MS <sup>1/</sup> do pecíolo			N-org - MS do limbo		
	C1	C3	C5	C1	C3	C5	C1	C3	C5
	% da dose de N usada			40	55	85	40	55	85
kg/ha	-----mg/L-----			-----mg/kg-----			-----dag/kg-----		
<b>Adubação orgânica = 0 t/ha</b>									
0	1775	1125	1350	10580	4020	127	5,20	4,63	3,33
110	2425	1900	1225	11675	8084	2441	5,82	4,88	3,80
220	3000	2600	1950	13827	9107	3092	5,74	5,08	4,33
440	3025	2175	2150	15003	10996	5701	6,15	5,15	4,33
880	4300	2750	2250	16251	13155	7875	5,86	5,38	4,37
<b>Adubação orgânica = 8 t/ha</b>									
0	2225	1575	1650	12196	6457	1278	5,28	4,77	3,64
110	2525	2050	1325	13538	7765	2710	5,80	5,00	3,91
220	3000	2450	1825	14797	10036	4936	5,74	5,15	4,03
440	3300	2433	2000	15633	11176	6174	6,09	5,35	4,34
880	4225	2567	2575	17354	12747	5016	5,97	5,12	4,30

OBS.: MS = Matéria seca.

QUADRO 10A – Leituras obtidas com o medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) e teores de clorofila determinados pelo método padrão no limbo da folha oposta ao cacho 6 (C6) em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de primavera/verão

Dose de N	Leituras com o medidor SPAD			Teores de clorofila
	C1	C3	C5	C6
	25	55	85	85
kg/ha	-----Unidades SPAD-----			-----µg/cm <sup>2</sup> -----
<b>Adubação orgânica = 0 t/ha</b>				
0	39,8	41,7	40,7	26,86
110	43,9	46,9	44,4	29,52
220	44,9	48,7	45,9	31,91
440	48,4	51,9	53,3	37,36
880	52,1	53,8	51,1	37,56
<b>Adubação orgânica = 8 t/ha</b>				
0	39,3	42,4	41,8	23,62
110	44,3	47,0	45,0	28,92
220	45,1	48,5	45,6	33,79
440	51,4	52,5	53,2	33,68
880	50,7	53,4	52,3	39,11

QUADRO 11A – Leituras obtidas com o medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) e teores de clorofila determinados pelo método padrão no limbo da folha oposta ao cacho 6 (C6) em função das doses de nitrogênio aplicadas e da adubação orgânica, do experimento de outono/primavera

Dose de N	Leituras com o medidor SPAD			Teores de clorofila
	C1	C3	C5	C6
	40	55	85	85
kg/ha	-----Unidades SPAD-----			-----µg/cm <sup>2</sup> -----
<b>Adubação orgânica = 0 t/ha</b>				
0	42,4	39,1	37,5	32,56
110	44,5	43,4	38,0	36,06
220	45,6	45,3	40,2	40,28
440	45,8	48,9	41,4	42,23
880	47,9	44,6	39,4	45,31
<b>Adubação orgânica = 8 t/ha</b>				
0	41,6	38,8	37,3	37,00
110	45,3	43,7	38,4	41,02
220	47,5	45,7	39,5	38,66
440	45,4	48,4	41,8	45,79
880	47,1	44,3	39,7	48,90

QUADRO 12A – Análise de variância das variáveis de produção avaliadas<sup>1/</sup> no experimento de primavera/verão

FV	GL	Quadrados Médios							
		PT	PC	PE	PNC	PMPT	PMPC	PMPE	NFPT
Blocos	3	71,95*	11,23 <sup>ns</sup>	12,41 <sup>ns</sup>	30,57 <sup>ns</sup>	24,48 <sup>ns</sup>	108,49 <sup>ns</sup>	263,19 <sup>ns</sup>	7671835000*
Nitrogênio (N)	4	445,01***	201,92***	197,11***	59,97**	153,61 <sup>ns</sup>	1025,41*	881,99 <sup>ns</sup>	29176270000***
Mat. orgânica (MO)	1	6,25 <sup>ns</sup>	32,70*	27,04 <sup>ns</sup>	10,36 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	207,52 <sup>ns</sup>	600211600 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	35,88 <sup>ns</sup>	5,82 <sup>ns</sup>	5,67 <sup>ns</sup>	14,71 <sup>ns</sup>	14,01 <sup>ns</sup>	477,04 <sup>ns</sup>	573,86 <sup>ns</sup>	3732289000 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	20,20	7,64	7,30	13,22	164,32	366,30	513,24	1687047000
C.V. (%)		11,78	12,73	13,36	22,11	11,86	15,13	16,49	11,65

		NFPC	NFPE	PAA	PA	PEX	PP	MSPA
Blocos	3	172088500 <sup>ns</sup>	514863300 <sup>ns</sup>	14,15***	2,04 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	13,73*	297091,00*
Nitrogênio (N)	4	9898182000***	9702091000***	12,52***	98,89***	2,00 <sup>ns</sup>	92,09***	1043278,00***
Mat. orgânica (MO)	1	2454131000 <sup>ns</sup>	688070300 <sup>ns</sup>	8,02*	6,96 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	19,26*	332430,20*
Int. N x MO	4	1718612000 <sup>ns</sup>	1220746000 <sup>ns</sup>	5,38*	13,54 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	63499,68 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	942674400	834070600	1,91	6,62	1,70 <sup>ns</sup>	3,80	69925,61
C.V. (%)		17,74	19,36	57,96	16,78	52,41	15,11	14,25

OBS.: <sup>ns</sup>, \*, \*\* e \*\*\*: não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Produção total (PT), produção comercial (PC), produção extra (PE), produção não-comercial (PNC), peso médios dos frutos da produção total (PMPT), peso médios dos frutos da produção comercial (PMPC), peso médios dos frutos da produção extra (PMPE), número de frutos da produção total (NFPT), número de frutos da produção comercial (NFPC), números de frutos da produção extra (NFPE), produção de frutos extra AA (PAA), produção de frutos extra A (PA), produção de frutos extra (PEX), produção ponderada (PP) e matéria seca da parte aérea remanescente (MSPA).

QUADRO 13A – Análise de variância das variáveis de produção avaliadas<sup>1/</sup> no experimento de outono/primavera

FV	GL	Quadrados Médios							
		PT	PC	PE	PNC	PMPT	PMPC	PMPE	NFPT
Blocos	3	697,96 <sup>**</sup>	908,06 <sup>***</sup>	954,06 <sup>***</sup>	68,17 <sup>ns</sup>	246,05 <sup>*</sup>	160,90 <sup>ns</sup>	31,61 <sup>ns</sup>	20214850000 <sup>*</sup>
Nitrogênio (N)	4	867,94 <sup>***</sup>	426,97 <sup>***</sup>	499,59 <sup>**</sup>	94,53 <sup>*</sup>	186,77 <sup>*</sup>	225,88 <sup>*</sup>	145,56 <sup>**</sup>	38975740000 <sup>***</sup>
Mat. orgânica (MO)	1	484,99 <sup>*</sup>	332,55 <sup>*</sup>	381,34 <sup>*</sup>	14,34 <sup>ns</sup>	60,15 <sup>ns</sup>	64,91 <sup>ns</sup>	17,19 <sup>ns</sup>	25954950000 <sup>*</sup>
Int. N x MO	4	85,44 <sup>ns</sup>	34,70 <sup>ns</sup>	35,37 <sup>ns</sup>	14,58 <sup>ns</sup>	30,74 <sup>ns</sup>	18,77 <sup>ns</sup>	5,28 <sup>ns</sup>	16409560000 <sup>*</sup>
Resíduo	27	114,54	52,94	84,07	24,64	56,87	56,11	26,57	5346381000
C.V. (%)		11,42	9,63	14,40	27,36	7,37	6,38	3,85	8,02

		NFPC	NFPE	PAA	PA	PEX	PP	MSPA
Blocos	3	44833710000 <sup>***</sup>	47207500000 <sup>***</sup>	32,79 <sup>*</sup>	495,89 <sup>***</sup>	14,56 <sup>ns</sup>	416,15 <sup>***</sup>	1135082,00 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	11370310000 <sup>**</sup>	18321830000 <sup>**</sup>	30,34 <sup>*</sup>	301,36 <sup>**</sup>	19,14 <sup>ns</sup>	229,01 <sup>**</sup>	7778003,00 <sup>***</sup>
Mat. orgânica (MO)	1	13725540000 <sup>*</sup>	17841330000 <sup>*</sup>	11,16 <sup>ns</sup>	196,94 <sup>ns</sup>	4,64 <sup>ns</sup>	166,92 <sup>*</sup>	53202,46 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	3883739000 <sup>ns</sup>	2492070000 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	22,77 <sup>ns</sup>	3,36 <sup>ns</sup>	12,52 <sup>ns</sup>	65600,91 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	2113265000	3816095000	9,48	57,65	9,09	38,26	844370,10
C.V. (%)		7,17	13,03	54,57	17,98	19,06	16,29	28,59

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup>: não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Produção total (PT), produção comercial (PC), produção extra (PE), produção não-comercial (PNC), peso médios dos frutos da produção total (PMPT), peso médios dos frutos da produção comercial (PMPC), peso médios dos frutos da produção extra (PMPE), número de frutos da produção total (NFPT), número de frutos da produção comercial (NFPC), números de frutos da produção extra (NFPE), produção de frutos extra AA (PAA), produção de frutos extra A (PA), produção de frutos extra (PEX), produção ponderada (PP) e matéria seca da parte aérea remanescente (MSPA),

QUADRO 14A – Análise de variância das variáveis de qualidade dos frutos avaliadas<sup>1/</sup> no experimento de primavera/verão

FV	GL	Quadrados Médios					
		pH	°Brix	ATT	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-Total
Blocos	3	0,023 <sup>ns</sup>	0,360 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	710097,10 <sup>*</sup>	0,039 <sup>ns</sup>	0,052 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	0,015 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	594090,30 <sup>*</sup>	0,988 <sup>***</sup>	1,090 <sup>***</sup>
Mat. org. (MO)	1	0,006 <sup>ns</sup>	0,324 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	95615,80 <sup>ns</sup>	0,141 <sup>ns</sup>	0,165 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	0,005 <sup>ns</sup>	0,096 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	173744,00 <sup>ns</sup>	0,637 <sup>**</sup>	0,583 <sup>*</sup>
Resíduo	27	0,011	0,142	0,002 <sup>ns</sup>	183602,50	0,152	0,157
C.V. (%)		2,24	10,30	11,83	26,45	15,81	15,07

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> pH dos frutos (pH), grau brix dos frutos (°Brix), acidez total titulável dos frutos (ATT), teor de nitrato na matéria seca dos frutos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), teor de amônio na matéria seca dos frutos (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e teor de nitrogênio total na matéria seca dos frutos (N-Total).

QUADRO 15A – Análise de variância das variáveis de qualidade dos frutos avaliadas<sup>1/</sup> no experimento de outono/primavera

FV	GL	Quadrados Médios					
		pH	°Brix	ATT	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-Total
Blocos	3	0,025 <sup>ns</sup>	0,158 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	532051,80 <sup>ns</sup>	0,157 <sup>ns</sup>	0,118 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	0,109 <sup>ns</sup>	0,121 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>*</sup>	559970,80 <sup>*</sup>	0,608 <sup>***</sup>	0,729 <sup>***</sup>
Mat. org. (MO)	1	0,000 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	99400,90 <sup>ns</sup>	0,203 <sup>na</sup>	0,176 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	0,081 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	340437,80 <sup>ns</sup>	0,049 <sup>ns</sup>	0,048 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	0,044	0,125	0,001	181962,10	0,063	0,060
C.V. (%)		4,46	8,98	8,72	26,53	11,61	10,53

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> pH dos frutos (pH), grau brix dos frutos (°Brix), acidez total titulável dos frutos (ATT), teor de nitrato na matéria seca dos frutos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), teor de amônio na matéria seca dos frutos (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e teor de nitrogênio total na matéria seca dos frutos (N-Total).

QUADRO 16A – Análise de variância dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N mineral do solo avaliados no final do experimento de outono/primavera

FV	GL	Quadrados Médios								
		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> P1 <sup>1/</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> P2	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> P3	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> P1	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> P2	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> P3	N-min P1	N-min P2	N-min P3
Blocos	3	68,04 <sup>ns</sup>	13,06 <sup>ns</sup>	65,32 <sup>ns</sup>	16,73 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	20,19 <sup>ns</sup>	21,92 <sup>ns</sup>	66,25 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	232,63 <sup>***</sup>	1205,86 <sup>***</sup>	1096,56 <sup>***</sup>	60,42 <sup>ns</sup>	40,62 <sup>*</sup>	7,06 <sup>*</sup>	466,13 <sup>***</sup>	1549,29 <sup>***</sup>	1256,04 <sup>***</sup>
Mat. org. (MO)	1	3,03 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	61,50 <sup>ns</sup>	3,85 <sup>ns</sup>	10,80 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	13,71 <sup>ns</sup>	17,28 <sup>ns</sup>	88,80 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	3,50 <sup>ns</sup>	34,35 <sup>ns</sup>	4,63 <sup>ns</sup>	27,84 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>	46,97 <sup>ns</sup>	35,70 <sup>ns</sup>	7,62 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	36,12	44,67	38,50	24,55	10,20	1,95	70,66	70,51	42,60
C.V. (%)		52,39	36,38	34,65	54,07	51,04	30,22	40,74	34,10	28,98

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> P1 = profundidade de 0-20 cm; P2 = profundidade de 20-40 cm; e P3 = profundidade de 40-60 cm.

QUADRO 17A – Análise de variância dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e dos teores de N orgânico na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro, do experimento de primavera/verão

FV	GL	Quadrados Médios								
		NSP <sup>1/</sup>			NMSP			NOMSL		
		C1	C3	C5	C1	C3	C5	C1	C3	C5
Blocos	3	638469 <sup>ns</sup>	48250 <sup>ns</sup>	51063 <sup>ns</sup>	305511 <sup>ns</sup>	1000669 <sup>ns</sup>	1236526 <sup>ns</sup>	0,26929 <sup>*</sup>	0,48852 <sup>**</sup>	0,08660 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	7504930 <sup>***</sup>	11508500 <sup>***</sup>	3604000 <sup>***</sup>	50647260 <sup>***</sup>	13286230 <sup>***</sup>	6486243 <sup>***</sup>	1,13816 <sup>***</sup>	0,84043 <sup>***</sup>	0,78939 <sup>***</sup>
Mat. org. (MO)	1	170694 <sup>ns</sup>	650250 <sup>ns</sup>	22563 <sup>ns</sup>	14171710 <sup>ns</sup>	8279788 <sup>*</sup>	900000 <sup>ns</sup>	0,35019 <sup>*</sup>	0,20251 <sup>ns</sup>	0,06276 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	13023 <sup>ns</sup>	401500 <sup>ns</sup>	194125 <sup>ns</sup>	1832945 <sup>ns</sup>	1537954 <sup>ns</sup>	128015 <sup>ns</sup>	0,26055 <sup>*</sup>	0,06836 <sup>ns</sup>	0,04733 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	674119	553065	142266	3413593	1208634	825512	0,07071	0,08935	0,05872
C.V. (%)		33,82	26,49	19,13	35,47	44,99	52,64	6,05	7,99	6,37

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup>: não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Teor de nitrato na seiva do pecíolo (NSP), teor de nitrato na matéria seca do pecíolo (NMSP) e teor de N orgânico na matéria seca do limbo (NOMSL).

QUADRO 18A – Análise de variância dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e na matéria seca do pecíolo e dos teores de N orgânico na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro, do experimento de outono/primavera

FV	GL	Quadrados Médios								
		NSP <sup>1/</sup>			NMSP			NOMSL		
		C1	C3	C5	C1	C3	C5	C1	C3	C5
Blocos	3	2904667 <sup>**</sup>	156709 <sup>ns</sup>	496667 <sup>ns</sup>	17812480 <sup>ns</sup>	17131770 <sup>ns</sup>	13632440 <sup>ns</sup>	0,06775 <sup>ns</sup>	0,12458 <sup>ns</sup>	0,32914 <sup>*</sup>
Nitrogênio (N)	4	5787875 <sup>***</sup>	2116837 <sup>***</sup>	1639125 <sup>***</sup>	36834880 <sup>**</sup>	69933870 <sup>***</sup>	45236150 <sup>***</sup>	0,85682 <sup>***</sup>	0,43582 <sup>***</sup>	1,05991 <sup>***</sup>
Mat. org. (MO)	1	225000 <sup>ns</sup>	72250 <sup>ns</sup>	81000 <sup>ns</sup>	15279430 <sup>ns</sup>	3176450 <sup>ns</sup>	308178 <sup>ns</sup>	0,00603 <sup>ns</sup>	0,03046 <sup>ns</sup>	0,00193 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	90625 <sup>ns</sup>	175824 <sup>ns</sup>	101625 <sup>ns</sup>	496690 <sup>ns</sup>	2756526 <sup>ns</sup>	6520000 <sup>ns</sup>	0,01110 <sup>ns</sup>	0,06696 <sup>ns</sup>	0,09968 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	513000	142063	170741	7022843	7878786	4806649	0,09903	0,04846	0,03414
C.V. (%)		24,035	17,51	22,58	18,81	30,01	55,72	5,46	4,36	7,15

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup>: não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Teor de nitrato na seiva do pecíolo (NSP), teor de nitrato na matéria seca do pecíolo (NMSP) e teor de N orgânico na matéria seca do limbo (NOMSL).

QUADRO 19A – Análise de variância das leituras obtidas com o medidor portátil de clorofila no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (SPAD1, SPAD3 e SPAD5, respectivamente) e dos teores de clorofila no limbo da folha oposta ao cacho 6 (AR6<sup>1/</sup>) do tomateiro, do experimento de primavera/verão

FV	GL	Quadrados Médios			
		SPAD1	SPAD3	SPAD5	AR6
Blocos	3	7,812 <sup>ns</sup>	11,117 <sup>**</sup>	8,222 <sup>ns</sup>	352,979 <sup>***</sup>
Nitrogênio (N)	4	181,625 <sup>***</sup>	166,976 <sup>***</sup>	201,599 <sup>***</sup>	212,681 <sup>**</sup>
Mat. org. (MO)	1	1,122 <sup>ns</sup>	0,289 <sup>ns</sup>	2,401 <sup>ns</sup>	6,699 <sup>ns</sup>
Int. N x MO	4	5,452 <sup>ns</sup>	0,448 <sup>ns</sup>	0,950 <sup>ns</sup>	13,502 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	4,528	1,636	3,926	46,514
C.V. (%)		4,63	2,63	4,19	21,16

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : não significativo e significativos a 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> AR6 = Quantidade de clorofila por unidade de área.

QUADRO 20A – Análise de variância das leituras obtidas com o medidor portátil de clorofila no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (SPAD1, SPAD3 e SPAD5, respectivamente) e dos teores de clorofila no limbo da folha oposta ao cacho 6 (AR6<sup>1/</sup>) do tomateiro, do experimento de outono/primavera

FV	GL	Quadrados Médios			
		SPAD1	SPAD3	SPAD5	AR6
Blocos	3	1,544 <sup>ns</sup>	9,967 <sup>ns</sup>	4,674 <sup>*</sup>	59,180 <sup>**</sup>
Nitrogênio (N)	4	35,775 <sup>***</sup>	99,468 <sup>***</sup>	20,421 <sup>***</sup>	186,276 <sup>***</sup>
Mat. org. (MO)	1	0,289 <sup>ns</sup>	0,121 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	89,132 <sup>**</sup>
Int. N x MO	4	2,909 <sup>ns</sup>	0,324 <sup>ns</sup>	0,485 <sup>ns</sup>	13,959 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	4,265	6,348	1,487	10,891
C.V. (%)		4,56	5,70	3,10	8,10

OBS.: <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> : não significativo e significativos a 5, 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> AR6 = Quantidade de clorofila por unidade de área.