

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Relação entre Adubação Nitrogenada e com Silicato
de Cálcio na Severidade do Talo-Oco e da Murcha-
de-Fusário do Tomateiro**

Danielle Perez Palermo

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**RELAÇÃO ENTRE ADUBAÇÃO NITROGENADA E COM SILICATO
DE CÁLCIO NA SEVERIDADE DO TALO-OCO E DA MURCHA-DE-
FUSÁRIO DO TOMATEIRO**

DANIELLE PEREZ PALERMO

Sob orientação da Professora
Dr^a. Margarida Goréte Ferreira do Carmo

E co-orientação do Professor
Dr. Everaldo Zonta

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRRJ, área de concentração Produção Vegetal.

Seropédica – RJ
Outubro de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

P156r Palermo, Danielle, 1991-

Relação entre Adubação Nitrogenada e com Silicato de Cálcio na Severidade do Talo-Oco e Murcha-de-Fusário do Tomateiro

/ Danielle Perez Palermo. - Seropédica, 2017. 67 f.: il.

Orientadora: Margarida Goréte Ferreira do Carmo.
Coorientador: Everaldo Zonta. Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2017.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Nitrogênio. 3. Ureia. 4. Super N. 5. Silício. I. Carmo, Margarida Goréte do Carmo, 1963-, orient. II. Zonta, Everaldo, -, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA



HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 7/2021 - PPGF (12.28.01.00.00.26)

N° do Protocolo: 23083.010294/2021-43

Seropédica-RJ, 11 de fevereiro de 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DANIELLE PEREZ PALERMO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRRJ, área de concentração em Produção Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 17/10/2017

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.ª Margarida Goréte Ferreira do Carmo. D.Sc., Engª Agrônoma
UFRRJ/IA/Depto. Fitotecnia
(Orientadora/Presidente)

Prof. João Sebastião de Paula Araujo. D.Sc., Engº Agrônomo
UFRRJ/IA/Depto. Fitotecnia

Prof. Adriano Portz. D.Sc., Engº Agrônomo
UFF

(Assinado digitalmente em 12/02/2021 17:29)

JOAO SEBASTIAO DE PAULA ARAUJO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)

Matricula: 2186690

(Assinado digitalmente em 12/02/2021 15:15)

MARGARIDA GORETE FERREIRA DO CARMO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

PPGF (12.28.01.00.00.00.26)

Matricula: 1213072

(Assinado digitalmente em 12/02/2021 08:09)

ADRIANO PORTZ

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 021.913.487-18

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número:
7, ano: 2021, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, data de emissão: 11/02/2021 e o código de
verificação: **2325eebd72**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, principalmente à minha mãe, Cleide Perez Palermo, ao meu pai, José Domingos Palermo, e à minha amada irmã Natália Perez Palermo.

Agradeço aos meus amigos por todo apoio e carinho. Ao meu companheiro, Guilherme Mussi, pelo cuidado, amor e sua inabalável presença, mesmo que do outro lado do mundo.

Ao Eleandro e Clodoaldo Ambrozim pela ajuda com a irrigação dos experimentos. Ao Evandro Costa e toda a equipe do Setor de Horticultura da UFRRJ, pela grande ajuda com as estruturas montadas para os ensaios. À Jocarstea Brinati e ao professor João Araujo pela ajuda com a parte bacteriana. Aos meus queridos do LabEPS, por absolutamente TUDO, sem vocês eu não teria terminado esse trabalho. Aos meus companheiros do LSP, principalmente Anderson Ferrari, por toda amizade, força e suporte que poderia dar, muito obrigada.

À minha orientadora, Margarida Goréte Ferreira do Carmo, pela paciência e compreensão, sempre contribuindo durante esses dois anos de mestrado. E ao meu co-orientador, Everaldo Zonta, por todos os ensinamentos sob sua orientação e amizade nesses anos de Rural. Aos professores desta Universidade, que foram fonte de conhecimento, referência de dedicação ao trabalho e amor à pesquisa.

Aos membros da banca avaliadora, João Araujo e Adriano Portz, pela disponibilidade e solicitude.

Aos órgãos de fomento CNPq e Faperj, pelas bolsas concedidas e por possibilitar a realização dessa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Obrigada à UFRRJ, pela minha formação, pela oportunidade, pela infraestrutura cedida e por, há 7 anos, ser a minha casa.

Enfim, a todos os que contribuíram de alguma forma, direta e indiretamente, para este trabalho, o meu muito obrigada.

BIOGRAFIA

Danielle Perez Palermo, filha de Cleide Fernandes Perez e José Domingos Palermo, nasceu na cidade do Rio de Janeiro – RJ, no dia 30 de maio de 1991. Em 2008, concluiu o Ensino Médio na Escola Técnica Estadual Adolpho Bloch, no Rio de Janeiro. Em 2010, ingressou no curso de graduação em Agronomia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, concluindo em 2015. No mesmo ano iniciou o Mestrado no curso de Pós-graduação Fitotecnia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESUMO

PALERMO, D. P. **Relação entre Adubação Nitrogenada e com Silicato de Cálcio na Severidade do Talo-Oco e da Murcha-de-Fusário do Tomateiro.** 2017. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

A cultura do tomateiro está sujeita a inúmeros problemas fitossanitários incluindo doenças causadas por patógenos habituais do solo como murcha-de-fusário, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, e talo-oco, causada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. O controle destas doenças é difícil e agravado pelo fato destes patógenos apresentarem mecanismos de sobrevivência no solo. O presente trabalho teve como objetivos: a) investigar a relação entre desequilíbrio nutricional (adubação excessiva) e severidade de doenças causadas por patógenos de solo na região de Nova Friburgo, RJ; b) avaliar o efeito de fertilizantes nitrogenados, fonte e dose, no desenvolvimento da planta e severidade das doenças; c) investigar a relação entre silício e resposta do tomateiro à murcha-de-fusário e talo-oco. Para tanto, foram feitas coletas de amostras de solo e planta na Microbacia de Barracão dos Mendes que foram submetidas à diagnose das doenças e análises químicas. Em casa de vegetação, na UFRRJ, realizaram-se dois ensaios com a cultivar *Débora Plus*. No primeiro, testou-se o efeito de doses de N (0, 400 e 800 Kg ha⁻¹) utilizando-se ureia como fonte. No segundo, avaliou-se o silício e os seus efeitos sobre o desenvolvimento da planta e do talo-oco. Realizaram-se, ainda, mais dois ensaios com duas cultivares (*Carina* e *Serato*) com diferentes fontes de N (ureia e Super N) e doses (400 e 800 Kg ha⁻¹), mais uma testemunha e, um ensaio testando o efeito da aplicação de silício e avaliados os seus efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e da murcha-de-fusário. Observou-se a presença de talo-oco em 25% das amostras e 33% das plantas com sintomas de murcha ou podridão medular. Observou-se correlação entre a ocorrência da doença e os teores totais de N nas plantas, que foi confirmado em ensaio de casa-de-vegetação. O silício não afetou a severidade do talo-oco. O efeito do nitrogênio e do silício sobre a murcha-de-fusário foi variável, porém, com melhor crescimento vegetativo das plantas adubadas com maior dose de N e com aplicação de Si.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, *Pectobacterium carotovorum* subs. *carotovorum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

ABSTRACT

PALERMO, D. P. **Relationship between Nitrogen and Silicon Fertilization in Soft Rot and Fusarium wilt severity on tomato plants.** 2017. 67f. Dissertation (Master in Crop Sciences). Agronomy Institute, Crop Sciences Department, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

Tomato crop is submitted to numerous phytosanitary issues including diseases caused by common soil-borne pathogens such as fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, and Soft rot, caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. To control these diseases is a challenge and it is aggravated by these pathogens survival mechanisms that extends the infectious period. This study aimed to: a) investigate the relationship between nutritional imbalance (excessive fertilization) and severity of diseases caused by soil-borne pathogens in Nova Friburgo-RJ Region; b) evaluate the effect of nitrogen fertilizers, source and dose, on plant development and disease severity; c) investigate the relationship between silicon and tomato response to fusarium wilt and Soft-rot. For this purpose, soil and plant samples were collected in the Barracão dos Mendes Microbasin, these samples were submitted to disease diagnosis and chemical analysis. In a greenhouse, at UFRRJ, two trials were carried out with *Débora Plus* cultivar, one testing the effect of N doses (0, 400 and 800 Kg ha⁻¹) using urea as a source and the other testing silicon and its effects on plant development and Soft-rot. Two more tests were made with two cultivars (*Carina* and *Serato*), different N sources (urea and Super N) and doses (400 and 800 Kg ha⁻¹), plus a control and, a trial testing the application of Silicon effects, evaluating its effects on plant development and fusarium wilt. It was observed the presence of Soft rot in 25% of the samples and 33% of the plants with symptoms of wilting or medular rot. There was a correlation between the occurrence of the disease and the N levels in the plants, which was confirmed in the greenhouse trial. Silicon did not affect the Soft-rot severity. The effect of Nitrogen and silicon on fusarium wilt was variable, however, plants showed better vegetative growth when fertilized with a higher dose and Si application.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, *Pectobacterium carotovorum* subs. *carotovorum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento. Seropédica, UFRRJ, 2017.	10
Tabela 2. Doses de fertilizantes comerciais, por unidade experimental (g), e parceladas de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas. Seropédica, UFRRJ, 2017.....	12
Tabela 3. Resumo dos fatores testados e de seus níveis em ensaios independentes e conduzidos simultaneamente, para as cultivares de tomate <i>Serato</i> e <i>Carina</i> . Seropédica, UFRRJ, 2017.....	14
Tabela 4. Doses de fertilizantes comerciais por unidade experimental (g) parceladas de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas de tomate. Seropédica, UFRRJ, 2017.....	14
Tabela 5. Correlação de Pearson entre intensidade de talo oco em tomateiro (TO), cálcio trocável (Ca), fósforo disponível (P), nitrogênio no caule (NC), nitrogênio na folha (NF), comprimento do caule (CC), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de caule (MFC) e massa fresca de inflorescência (MFI), de plantas de tomateiro coletadas em 40 propriedades em Nova Friburgo – RJ, no ano de 2015. Seropédica, UFRRJ, 2017.	18
Tabela 6. Média dos valores de caracterização química do solo coletado das propriedades. Seropédica, UFRRJ, 2017.	18
Tabela 7. Efeito da interação entre Adubação [0, Ureia 400 kg ha ⁻¹ (U400) e Ureia 800 kg ha ⁻¹ (U800)] e a presença ou ausência de inoculação <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> , sobre comprimento do caule (CC), massa fresca (MFC) e seca do caule (MSC), em plantas de tomateiro aos 50 DAT em ensaio realizado condições de casa de vegetação de agosto a setembro de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.	22
Tabela 8. Efeito da interação entre adubação [0, Ureia 400 kg ha ⁻¹ (U400) e Ureia 800 kg ha ⁻¹ (U800)] e a presença ou ausência de inoculação <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> , nos parâmetros extensão da colonização (%), massa fresca (MFF) e seca da folha (MSF), em plantas de tomateiro aos 50 DAT em ensaio realizado condições de casa de vegetação de agosto a setembro de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.	22
Tabela 9. Efeito da interação entre os níveis de Adubação (Controle, 100 kg Si ha ⁻¹ e CaCO ₃) e a presença ou ausência de inoculação <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> sobre massa fresca (MFH) e seca das hastes (MSH), em plantas de 50 DAT em condições de casa de vegetação. Agosto a setembro de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.	25
Tabela 10. Efeito da interação entre os níveis de Adubação (Controle, 100 kg Si ha ⁻¹ e CaCO ₃) e a presença ou ausência de inoculação <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> sobre a massa fresca (MFF) e seca das folhas (MSF), em plantas de 50 DAT em condições de casa de vegetação. Agosto a setembro de 2017. Seropédica, UFRRJ, 2017.	25
Tabela 11. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e a inoculação com <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> sobre a severidade da murcha-de-fusário em plantas da cultivar <i>Serato</i> , avaliada com base em notas (Santos, 1997), e na porcentagem de infecção do sistema vascular, avaliada aos 118 DAT em condições de casa de vegetação. Março a Julho de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.	29
Tabela 12. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e a inoculação com <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> sobre a severidade da murcha-de-fusário em plantas da cultivar <i>Carina</i> , avaliada com base em notas (Santos, 1997), e na porcentagem de infecção do sistema vascular, avaliada aos 118 DAT em condições de casa de vegetação. Março a Julho de 2017, Seropédica- RJ.....	29
Tabela 13. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre altura, diâmetro, massa fresca e seca da haste, em plantas da cultivar <i>Serato</i> aos 118 DAT em casa de vegetação. Março a Julho de 2017. Seropédica, UFRRJ, 2017.....	31

Tabela 14. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre diâmetro e massa fresca da haste em plantas de tomate da cultivar <i>Carina</i> aos 118 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.....	31
Tabela 15. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre massa fresca e seca das folhas de plantas de tomateiro, cultivar <i>Serato</i> , aos 118 DAT, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	32
Tabela 16. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre massa fresca e seca das folhas de plantas de tomateiro, cultivar <i>Carina</i> , aos 118 DAT, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	32
Tabela 17. Efeito da interação entre os adubação nitrogenada e inoculação com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre o volume e massa fresca e seca de raízes de plantas de tomate da cultivar <i>Serato</i> aos 118 DAT, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.....	34
Tabela 18. Efeito da interação entre os 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha ⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha ⁻¹ via Ureia) com e sem inoculação do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopercisi</i> , isolando a cultivar <i>Carina</i> , sobre os parâmetros de Volume, massa fresca e seca da raiz, em plantas de 118 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	34
Tabela 19. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> sobre o número e massa fresca e seca dos frutos de tomate, cultivar <i>Serato</i> , em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	36
Tabela 20. Efeito da interação entre três tratamentos de Adubação (Controle, 200 kg Si ha ⁻¹ na forma de CaSiO ₃ e CaCO ₃) e a inoculação ou não do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre a altura, massa fresca e massa seca do caule, em plantas de 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	38
Tabela 21. Efeito da interação entre os tratamentos de Adubação (Controle; 200 kg Si ha ⁻¹ na forma de CaSiO ₃ e CaCO ₃) e a inoculação ou não do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , massa fresca e massa seca das folhas, em plantas de 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	38
Tabela 22. Efeito da interação entre tratamentos de Adubação (Controle; 200 kg Si ha ⁻¹ na forma de CaSiO ₃ e CaCO ₃) e a inoculação ou não do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , comprimento, massa fresca e massa seca das raízes, em plantas de 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	39
Tabela 23. Efeito da interação entre tratamentos de Adubação (Controle, 200 kg Si ha ⁻¹ na forma de CaSiO ₃ e CaCO ₃) e a inoculação ou não do solo com <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopercisi</i> , sobre a taxa de infecção e Notas (Santos, 1997), em plantas de tomate aos 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Visão geral da casa de vegetação onde o ensaio foi realizado. Seropédica, UFRRJ, 2017. . 13
- Figura 2.** (A) Mudanças de *Serato* e *Carina* aos 10 dias após a sementeira em bandejas de isopor; (B) Placa de Petri com meio BDA com a cultura ENA 1105 de FUS, Raça 3; (C) Plantas recém transplantadas nos vasos; (D) Plantas com sistema de irrigação e tutoradas aos 45 DAT. Seropédica, UFRRJ, 2017. 15
- Figura 3** Análise de componentes principais (ACP) entre atributos químicos do solo: fósforo disponível (P) e cálcio trocável (Ca) e da planta: teores totais de nitrogênio no caule (NC) e na folha (NF), comprimento de caule (CC), massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de inflorescência (MFI) e massa fresca de raiz (MFR). Seropédica, UFRRJ, 2017. 20
- Figura 4.** Comparação da variação entre os níveis de adubação (controle, 100 kg Si ha⁻¹ e CaCO₃) dentro do parâmetro de extensão da colonização da Haste (%) em plantas inoculadas com PEC. Seropédica, UFRRJ, 2017. 24
- Figura 5.** Registros diários de temperatura em °C (A) (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar em % (B), no período compreendido entre o dia 23/03/2017 (0 dias após o transplantio (DAT) e 19/07/2017 (120 DAT) em Seropédica - RJ. Fonte: INMET (2017). 26
- Figura 6.** Média da porcentagem de plantas mortas das cultivares *Serato* e *Carina* inoculadas com *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* por tratamentos de adubação nitrogenada (0 = 0 kg N ha⁻¹; SN400 = N na forma de Super N na dose de 400 N ha⁻¹; SN800 = N na forma de Super N na dose de 800 N ha⁻¹; U400 = N na forma de Ureia na dose de 400 N ha⁻¹; U800 = N na forma de Ureia na dose de 800 N ha⁻¹) em dias após o transplantio (DAT). 27
- Figura 7.** Massa fresca (g) acumulada de frutos das cultivares *Serato* (A, B) e *Carina* (C, D) inoculadas com *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (A e C) e não inoculadas (B e D) em dias após o transplantio (DAT). Seropédica, UFRRJ, 2017. 36
- Figura 8.** Plantas de tomate tratadas com 0 kg ha⁻¹ Si, 100 kg ha⁻¹ de Si e CaCO₃ em plantas inoculadas (esquerda) e não inoculadas (direita) aos 40 DAT. Seropédica, UFRRJ, 2017. 37
- Figura 9.** Reação das plantas inoculadas com *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* por tratamento de adubação aos 40 dias após o transplantio, expresso por notas com base na escala de Santos (1997). Seropédica, UFRRJ, 2017. 40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	A cultura do tomateiro	3
2.2	Panorama da tomaticultura na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro	3
2.3	Nitrogênio na incidência de doenças	4
2.4	Silício como estratégia de adubação.....	5
2.5	Murcha-de-fusário do tomateiro.....	6
2.6	Talo-oco.....	8
3	MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1	Talo-oco do tomateiro: ocorrência e efeito de adubação nitrogenada e da aplicação de silício	10
3.1.1	Levantamento de campo, análise de solo e de planta e diagnose	10
3.1.2	Efeito de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento do talo-oco.....	11
3.1.3	Efeito da adubação silicatada (CaSiO ₃) e calagem sobre o desenvolvimento das plantas e do talo-oco	12
3.2	Desenvolvimento do tomateiro e da murcha-de-fusário em casa-de-vegetação com diferentes doses de nitrogênio e silício	13
3.2.1	Efeitos da adubação nitrogenada sobre a murcha-de-fusário	13
3.2.2	Efeito da adubação silicatada (CaSiO ₃) sobre o desenvolvimento das plantas e da murcha-de-fusário	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1	Talo-oco do tomateiro: ocorrência e efeito de adubação nitrogenada e da aplicação de silício	18
4.1.1	Relação entre sanidade das plantas e manejo de solo.....	18
4.1.2	Efeito da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento do talo-oco.....	21
4.1.3	Efeito da adubação silicatada (CaSiO ₃) sobre o desenvolvimento do tomateiro e intensidade de talo-oco	23
4.2	Desenvolvimento do tomateiro e da murcha-de-fusário em casa-de-vegetação com diferentes doses de nitrogênio e silício	25
4.2.1	Efeitos da adubação nitrogenada sobre a murcha-de-fusário	25
4.2.2	Efeito da adubação silicatada (CaSiO ₃) sobre o desenvolvimento das plantas e murcha-de-fusário	37
5	CONCLUSÕES.....	41
6	REFERÊNCIAS	42
7	ANEXOS	49

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro é a segunda hortaliça mais cultivada do mundo e o Brasil é o oitavo maior produtor, com produção de cerca de 4,18 milhões de toneladas anuais (FILGUEIRA, 2008; FAOSTAT, 2017a). O Estado do Rio de Janeiro contribuiu com 5,1% da produção nacional, 154.074 toneladas no ano de 2016 (IBGE, 2017)

O tomateiro é exigente em clima, solo e manejo e suscetível a várias doenças como a murcha-de-fusário, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FUS) e o talo-oco, causado por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (PEC). Essas duas doenças afetam o ciclo produtivo e a produtividade do tomateiro e podem ser responsáveis por perdas no rendimento de frutos (MICHEREFF & BARROS, 2001; GONZÁLEZ & TORRES, 2014).

A murcha-de-fusário é distribuída mundialmente. No Brasil, pode ser encontrada em quase todas as regiões produtoras, inclusive em cultivos protegidos em casas-de-vegetação (ANDRADE et al., 2013). O talo-oco ocorre praticamente no mundo inteiro, no tomateiro e em várias outras espécies de diferentes famílias botânicas (MICHEREFF & BARROS, 2001; KUROZAWA & PAVAN, 2005).

Os respectivos agentes são microrganismos habitantes do solo onde podem sobreviver, mesmo sem a presença de plantas hospedeiras, graças às estruturas de resistência ou atividade saprofítica. FUS penetra nas plantas via sistema radicular, seja através de ferimentos causados por atritos com partículas do solo, insetos mastigadores, nematoides ou tratos culturais. PEC pode penetrar via raízes ou parte aérea, via aberturas naturais ou ferimentos (PEROMBELON & KELMAN, 1980; KUROZAWA & PAVAN, 2005).

FUS coloniza e obstrui os vasos do xilema resultando em interrupção parcial ou total no fluxo de água e nutrientes levando, gradativamente, à necrose dos vasos, amarelecimento de folhas, murcha e morte das plantas. Este processo é consequência da deposição de gomas e tiloses produzidas pela planta e por esporos e micélios do patógeno (MICHEREFF & BARROS, 2001; KUROZAWA & PAVAN, 2005). As infecções causadas por PEC provocam sintomas característicos, como decomposição aquosa dos tecidos, devido à ação de enzimas como pectinases, celulases e proteases, que levam ao amolecimento do tecido vegetal (PEROMBELON & KELMAN, 1980; KUROZAWA & PAVAN, 2005).

A adubação nitrogenada excessiva pode, em muitos casos, favorecer a infecção e colonização dos tecidos da planta por patógenos. Sob excesso de nitrogênio (N), os tecidos se tornam mais tenros e suculentos (MARSCHNER, 2012) e, desta forma, mais vulneráveis aos processos de infecção e colonização.

O controle químico não é recomendável no manejo de doenças causadas por patógenos habituais ao solo devido à sua baixa eficiência. Entre as técnicas de manejo mais importantes estão a rotação de culturas com espécies não hospedeiras e uso de cultivares resistentes. No entanto, esta última não se aplica para o controle de talo-oco pois inexistem cultivares resistentes. Outras medidas também devem ser utilizadas, como o uso de sementes e mudas sadias; limpeza ou assepsia de facas e utensílios usados no campo; cuidados durante os tratos culturais, a fim de evitar ferimentos; cultivo em solos bem drenados; água de irrigação livre de contaminação e manejo adequado da fertilidade do solo (MICHEREFF & BARROS, 2001; KUROZAWA & PAVAN, 2005; ALVARADO, 2006; BARRA et al., 2009).

O manejo adequado da fertilidade e, conseqüentemente, da nutrição das plantas, é uma das estratégias fundamentais para se amenizar as perdas causadas por estas doenças. Um elemento benéfico, estudado como complementar para a melhoria da sanidade e resistência das plantas é o Silício (Si), incluindo o tomateiro, mesmo esta não sendo uma planta acumuladora (MA et al., 2001).

O Si pode ser acumulado no citoplasma, ou nas paredes celulares das raízes do tomateiro (HEINE et al., 2005). A parede celular das raízes é reforçada pelo acúmulo de Si, podendo afetar a entrada de patógenos, com efeitos similares aos das barreiras naturais da planta governadas por fatores genéticos. O Si influencia na criação de uma barreira física que pode auxiliar nas respostas de defesa da planta a patógenos (CAI et al., 2009).

Na região de Nova Friburgo, RJ, o cultivo de hortaliças, incluindo o tomateiro, é realizado principalmente por pequenos agricultores familiares (MOREIRA et al., 2002). A região se destaca pela produção de hortaliças. As mais cultivadas são a couve-flor, no período de inverno, e o tomateiro no período de verão. No entanto, a produção é caracterizada pelo uso excessivo de adubos e agrotóxicos e cultivo sequenciado de plantas com pouca diversificação das espécies ou famílias, o que dificulta o manejo das doenças causadas por patógenos presentes no solo.

Desta forma o presente trabalho foi feito com o objetivo de: a) investigar a relação entre desequilíbrio nutricional e severidade da murcha-de-fusário, causadas *F. oxysporum* f sp. *lycopersici* e do talo-oco, causado por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*; b) avaliar o efeito de fertilizantes nitrogenados, dose e fonte, sobre o desenvolvimento da planta e ocorrência de doenças; c) investigar a relação entre silício e resposta do tomateiro à murcha-de-fusário e ao talo-oco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem a Região dos Andes Peruanos como centro de origem e o México como centro de domesticação e de maior diversidade. A espécie foi levada à Europa pelos espanhóis em meados do século XVI, mas o seu consumo somente se iniciou quase dois séculos depois na Itália (JENKINS, 1948; VERGANI, 2002; FILGUEIRA, 2008; GONZÁLEZ & TORRES, 2014).

O tomateiro foi a terceira hortaliça mais cultivada do mundo no ano de 2017 (182,5 milhões de toneladas). O maior produtor de tomate é a China (59,5 milhões toneladas) seguido pela Índia (20,7 milhões toneladas) e Turquia (12,7 milhões toneladas) (FAO, 2017a). O Brasil encontra-se na 10ª posição com produção 4,2 milhões de toneladas por ano em uma área de 61.534 hectares e rendimento de 68.744 kg ha⁻¹ (FAO, 2017b). Os três principais Estados produtores do Brasil no ano de 2017 foram: Goiás com 1.136.588 toneladas e 28,6% da produção total; São Paulo com 753.283 toneladas e 18,9% e Minas Gerais com 694.893 toneladas e 17,5% da produção. O Estado do Rio de Janeiro contribuiu com 4,5% do total produzido, cerca de 181.817 toneladas (IBGE, 2017).

As lavouras de tomateiro são de alto investimento devido à elevada demanda de mão de obra, às adubações pesadas e aos insumos requeridos para o controle de pragas e doenças. Dentre os problemas fitossanitários estão vários patógenos que são habituais do solo que podem sobreviver no solo por até 20 anos por meio de estruturas de resistência (ROBBS & VIÉGAS, 1978; WILKINSON, 2000; SANTOS & JUNQUEIRA, 2004; CAMARGO et al., 2006; FILGUEIRA, 2008).

2.2 Panorama da tomaticultura na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro

Segundo o relatório por culturas do sistema ASPA/AGROGEO do ano de 2016 (EMATER, 2017), a tomaticultura é a atividade agrícola mais rentável do Estado do Rio de Janeiro e é a que inclui o maior número de produtores. Dentre os municípios maiores produtores destacam-se Nova Friburgo, Paty do Alferes, São José de Ubá e São Sebastião do Alto. A atividade agrícola do município de Nova Friburgo é, em grande parte, voltada para o cultivo de hortaliças. A produção de tomate no ano de 2016, foi de 22.706,28 toneladas, quase 70% maior que o segundo município com maior produção, e concentra quase 13% dos produtores (EMATER, 2017).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2016), a Região Serrana do Rio de Janeiro tem um clima subtropical de altitude, caracterizado por pluviosidade intensa durante o verão e estiagem no inverno, de julho a agosto, com média de temperatura de 18,8°C (GRISEL & ASSIS, 2012). Apresenta um relevo muito acidentado com altitudes superiores a 2.000 m, com solos pouco espessos e lixiviados (CARDOSO & VIEIRA, 2016).

As culturas mais observadas na região são: tomate, couve-flor, brócolis, repolho, feijão-vagem, ervilha, salsa, coentro, alface, cenoura e beterraba (GRISEL & ASSIS, 2012). Geralmente, faz-se rotação com culturas de maior interesse econômico, como tomate e brássicas (couve-flor ou brócolis). A agricultura local é caracterizada por pequenas propriedades e cultivo intensivo das áreas, incluindo locais com alto grau de declividade, sem possibilidade de acesso de máquinas. A partir disso, observa-se a alta necessidade de mão-de-obra, geralmente familiar, e uso crescente de fertilizantes de origem mineral e orgânicos (ARAÚJO et al., 2007; GRISEL, 2011; BHERING et al., 2017).

Práticas inadequadas de manejo, plantios sucessivos de culturas da mesma família, controle químico de pragas, doenças e de plantas invasoras, cultivo de áreas inclinadas com

arado de disco, ausência de calagem, ou realização sem critério técnico, compartilhamento de máquinas e implementos, e desmatamento de áreas de preservação, tem acarretado degradação ambiental e quedas de produtividade de culturas como a couve-flor, por exemplo (BHERING et al., 2017). Estas práticas podem também favorecer a sobrevivência e a disseminação de patógenos e aumentar a dependência de agroquímicos para o seu controle (MICHEREFF et al., 2005). Este fato assume especial importância na cultura do tomateiro, já que é vulnerável à diversas doenças que podem afetar severamente sua produção. Dentre estas estão as que infectam a parte aérea, e as causadas por patógenos habituais do solo, que normalmente estão associadas a podridões de raiz, de colo e infecção do sistema vascular.

Entre as variáveis que interferem na severidade e nas perdas causadas pelas doenças está a fertilidade do solo e a nutrição das plantas.

2.3 Nitrogênio na incidência de doenças

A entrada de nitrogênio (N) no sistema solo-planta ocorre majoritariamente pela adição de adubos minerais e orgânicos e fixação biológica de nitrogênio. Já a saída, pode acontecer pela absorção e exportação pelas culturas e por lixiviação e volatilização (CANTARELLA, 2007).

O consumo de fertilizantes no Brasil no ano de 2016 foi de 24.516.189 de toneladas, sendo 20% desse montante em adubos nitrogenados, resultando no maior consumo dos últimos 60 anos. No topo da lista dos adubos nitrogenados sólidos mais utilizados está a ureia (IPNI, 2017), que soma mais de 50% do total de fertilizantes nitrogenados utilizados em agricultura ao redor do mundo, principalmente em países em desenvolvimento (IFASTAT, 2019). Segundo o IFASTAT Database (2019) foram consumidas 51384 mil toneladas de ureia no ano de 2017. A preferência da indústria pela fabricação da ureia em comparação à outras fontes sólidas de nitrogênio, deve-se, principalmente, ao menor custo por unidade de N e maior facilidade de produção (CANTARELLA, 2007).

A ureia tem alta porcentagem de N em sua formulação (46%), possui alta solubilidade, menor corrosividade, compatibilidade com maior número de outros fertilizantes e defensivos e alta taxa de absorção foliar. Contudo, alguns aspectos a coloca em desvantagem quando comparada a outros fertilizantes nitrogenados. A hidrólise da ureia gera $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$ e, o NH_3 , na presença de água, se torna NH_4 , forma absorvível de N. Contudo, essa reação não acontece somente nos tecidos vegetais, mas também no solo, por meio de resíduos de plantas e síntese por microorganismos, podendo ser um potencial fator de perda de N por meio de volatilização de NH_3 , causando prejuízo ao produtor, já que os fertilizantes respondem por uma parcela representativa dos custos de produção. Além da questão econômica, ainda existe o prejuízo ambiental, já que as formas pelas quais a ureia é perdida (NH_3 e seus óxidos) podem ser transferidas para outros ecossistemas, poluindo águas superficiais e subterrâneas e atmosfera (CANTARELLA, 2007).

O uso de inibidores de urease foi pensado como uma estratégia para desacelerar o processo de hidrólise causada pela enzima urease, aumentando assim a eficiência da ureia. Dentre os vários compostos testados, os melhores resultados foram encontrados quando ureia foi revestida com NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida). Essa formulação é comercializada desde 1996, com a concentração de 20 a 25% de NBPT + solvente. Em alguns estudos, houve uma redução de 30% de perdas de N na forma de NH_3 quando comparada a adubação entre ureia e ureia+NBPT. O NBPT atrasa o pico de hidrólise da ureia, diminuindo volatilização de NH_3 , reduzindo perdas, preservando N no sistema solo-planta e aumentando reservas. (CANTARELLA et al., 2008; CANTARELLA et al., 2018).

Dada a limitação à produção vegetal sob deficiência de nitrogênio e a baixa disponibilidade deste nos sistemas naturais, este nutriente é adicionado ao solo por meio de fertilizantes nitrogenados. A fonte e dose de determinado nutriente pode influenciar na absorção, distribuição ou função de outro nutriente e resultar em deficiência induzida, toxidez ou alteração nas respostas. Essas interações podem ser específicas ou não (WILKINSON et al., 2000; CANTARELLA, 2007).

As interações específicas ocorrem entre os elementos com propriedades físico-químicas similares ou que formam ligações químicas, ou ainda, que competem entre si por sítios de adsorção ou absorção pelas plantas. As interações não-específicas, se tornam importantes quando um dos nutrientes está próximo à deficiência ou ao excesso. Neste caso, a adição ou supressão de um segundo elemento pode provocar a deficiência de outro por efeito de diluição, ou toxidez (CANTARELLA, 2007).

Geralmente as interações envolvendo N são não-específicas, por ser um dos nutrientes que mais são acumulados nas plantas. Pode ser absorvido na forma catiônica ou aniônica, diminuindo qualquer tipo de efeito competitivo durante a absorção. Critérios adicionais são necessários para ajustar a adubação nitrogenada, especialmente quando se utilizam altas doses. O N favorece o crescimento vegetativo das plantas e afeta direta e indiretamente a quantidade e qualidade do produto (CANTARELLA, 2007).

A aplicação de quantidades maciças e localizadas de fertilizantes, especialmente daqueles com elevada solubilidade e salinidade, pode provocar efeitos prejudiciais aos microrganismos do solo, pelo menos para grupos específicos, desequilíbrios nas populações destes e o favorecimento de fitopatógenos habituais ao solo (MICHEREFF et al., 2005; MALAVOLTA, 2006). Sob alto suprimento de nitrogênio, eleva-se a demanda de carbono da fotossíntese via ciclo de Krebs, comprometendo a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico; a alta concentração de nitrogênio diminui a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina nas folhas, reduzindo a resistência a fitopatógenos parasitas obrigatórios. O nitrogênio aumenta, ainda, a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, que possivelmente tem maior influência que os açúcares na germinação e no desenvolvimento dos conídios, favorecendo assim, o desenvolvimento das doenças fúngicas (RODRIGUES et al., 2002; MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012). Estudos indicam que a patogenicidade e a produção de toxinas por fungos estão intimamente ligados à nutrição de plantas (SNOEIJERS et al., 2000).

Segundo Bastos et al. (2013), o excesso de N para a planta do tomateiro é tão prejudicial quanto a deficiência. Pode causar crescimento vegetativo rápido e exagerado, contribuindo para a má qualidade dos frutos e aumento de anomalias fisiológicas, além de retardar a maturação dos frutos e aumentar a suscetibilidade das plantas ao estresse hídrico.

2.4 Silício como estratégia de adubação

Depois do oxigênio, o silício (Si) é o elemento mais abundante na litosfera, predominantemente compondo aluminossilicatos metálicos. Em solos de regiões tropicais, o Si está presente em minerais primários e secundários, com diferentes graus de organização, dependendo do mineral. A intemperização destes minerais, promove a liberação de Si no solo na forma de ácido monossilício (H_4SiO_4). Este é absorvido pelas plantas e sua disponibilidade é dependente do pH do solo, quando em sua forma molecular (não dissociada). Outras formas de Si menos organizadas podem estar presentes na solução do solo (Si estrutural em minerais silicatados, sílica biogênica, Si precipitado em óxidos de Fe, Al e Mn). Contudo, nem todas as formas são prontamente disponíveis para absorção de plantas (KORNDÖRFER, 2006; MALAVOLTA, 2006; BUCK, 2010).

As plantas superiores podem ser classificadas como acumuladoras e não acumuladoras de silício e avaliadas de acordo com a relação molar Si:Ca encontrada nos tecidos. Em relações acima de 1, as plantas são consideradas acumuladoras; entre 1 e 0,5 são consideradas intermediárias, e menor do que 0,5, não acumuladoras. As plantas não acumuladoras, como o tomateiro, absorvem silício mais lentamente que a água, aumentando a concentração do íon no meio (MIYAKE & TAKAHASHI, 1983; MA et al., 2001). A ação benéfica do Si tem sido associada a efeitos indiretos como aumento da capacidade fotossintética e do vigor das plantas além de redução da perda de água por transpiração, aumento da resistência mecânica das células, maior resistência a ataques de pragas e doenças, diminuição do efeito tóxico de alguns micronutrientes como manganês (Mn) e ferro (Fe) e aumento da absorção e metabolismo de macronutrientes como o fósforo (P). Neste caso específico, favorece o aumento da disponibilidade do íon fosfato, uma vez que este, em pH ácido, se mantém fixado em óxidos e com a presença dos silicatos, tem a substituição nos sítios de adsorção (LANA et al., 2006).

Apesar de ser um elemento abundante na crosta terrestre, o Si nas formas biodisponíveis em condições naturais pode ser limitante ao desenvolvimento vegetal, podendo ser necessária a aplicação de fertilizantes silicatados para a manutenção dos níveis no solo. Os principais adubos utilizados para a esse fim estão na forma de silicatos, como o de Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio. A natureza física pode ser pó, granulados ou na forma líquida, e aplicados diretamente no solo, ou via foliar (KORNDÖRFER, 2006). O Si tem sido relacionado à redução de doenças de plantas (CAI et al., 2009).

Em plantas de tomate cultivadas em solução nutritiva com baixo teor de Si, a deficiência deste elemento foi observada durante a fase reprodutiva, no início da formação dos botões florais. Antes disso as plantas se desenvolveram normalmente sem a presença de Si na solução (MIYAKE & TAKAHASHI, 1978). A adubação silicatada tem sido associada ao aumento de produtividade do tomateiro com possibilidade de retorno econômico na utilização do insumo, além de aumento da conservação pós-colheita e a qualidade físico-química de frutos do tomateiro (MARODIN et al., 2014; MARODIN et al., 2016). O Si tem também sido associado à moderação do estresse salino (AL-AGHABARY et al., 2005), à inibição de crescimento bacteriano *in vitro* e à redução da severidade de doença em condições de casa de vegetação (DIOGO & WYDRA, 2007; ANJOS et al., 2014).

O Si pode acumular no citoplasma, ou na parede celular de células das raízes do tomate (HEINE et al., 2005). A parede celular da raiz é reforçada pelo acúmulo de Si, podendo afetar a entrada de patógenos de solo. Teoricamente, cultivares resistentes podem formar uma barreira defensiva nas células do parênquima impedindo o patógeno de se espalhar para o sistema vascular central. Da mesma forma, assim como a barreira defensiva das plantas governada por fatores genéticos, o Si influenciaria na criação de uma barreira física e em outras respostas de defesa da planta (CAI et al., 2009). O Si poderia induzir respostas que são funcionalmente similares à da resistência sistêmica. Segundo Cai et al. (2009), plantas tratadas com Si apresentam aumento da atividade de enzimas antioxidantes e produção de compostos antifúngicos e antibacterianos, como a produção de fitoalexinas e proteínas relacionadas à resposta ao ataque de patógenos.

2.5 Murcha-de-fusário do tomateiro

A murcha-de-fusário é uma doença que afeta a cultura de tomate ao redor de todo o mundo. É causada por *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *lycopersici* (Sacc.) (SNYDER & HANSEN, 1940; INDEX FUNGORUM, 2017). O patógeno sobrevive no solo por longos períodos como saprófita e por meio de esporos de resistência, os clamidósporos, que podem se manter viáveis por mais de 10 anos. O patógeno se reproduz através de dois tipos de conídios,

os macroconídios, com 2 a 4 septos e extremidades afiladas e curvadas e microconídios com uma ou duas células (KRUGNER & BACCHI, 2005; KUROZAWA & PAVAN, 2005; MORAES et al., 2010).

A germinação dos clamidósporos é estimulada por exsudados das raízes da planta hospedeira ou por nutrientes da matéria orgânica do solo. O patógeno penetra através de ferimentos e aberturas nas raízes e infecta os vasos do xilema obstruindo-os e reduzindo ou impedindo o fluxo de água e nutrientes (STOVER, 1970; BECKMAN & ROBERTS, 1995; AGRIOS, 2005).

Os sintomas da murcha-de-fusário podem se manifestar em qualquer estágio de desenvolvimento, mas estes são mais frequentes no início do florescimento e frutificação. Se caracterizam pelo amarelecimento das folhas mais velhas, posteriormente atingindo as mais novas que aos poucos murcham e morrem. Internamente, observa-se o escurecimento dos feixes vasculares devido à necrose do xilema. Os frutos não se desenvolvem satisfatoriamente, podendo cair antes do seu amadurecimento. Em mudas, pode ocorrer o clareamento das nervuras das folhas e curvamento dos pecíolos (epinastia). Em geral, os sintomas de murcha são observados nas horas mais quentes do dia, que é atribuída ao comprometimento parcial do sistema vascular da planta pela presença do patógeno nos vasos do xilema (KUROZAWA & PAVAN, 2005). Raízes adventícias, murcha de folhas e caules jovens, desfolha, necrose marginal das folhas restantes e morte da planta também podem ser observados. A murcha e morte da planta é causada pela combinação do crescimento do fungo no sistema vascular, toxinas fúngicas e pelas estruturas de defesa produzidas pelas plantas, que obstruem os vasos e afetam o transporte de água no sistema vascular (WHEELER & RUSH, 2001).

Após a morte e decomposição da planta, os clamidósporos são liberados no solo, onde permanecem dormentes até o retorno de condições favoráveis à sua germinação. O patógeno pode ser transportado à longas distâncias por meio de sementes e mudas infectadas, solo contaminado movimentado por meio de vento, água ou por máquinas e implementos agrícolas (AGRIOS, 2005; KUROZAWA & PAVAN, 2005)

Os fatores ambientais que mais influenciam na resistência a doença pelas plantas estão relacionados à nutrição, temperatura e a umidade, (MICHEREFF et al., 2005). Temperaturas entre 21 a 33°C favorecem o desenvolvimento do fungo, assim como solos ácidos, de fertilidade baixa, com pouca umidade e deficiente em cálcio. Solos mais secos favorecem a sobrevivência do patógeno e aumentam sua tolerância a temperaturas mais altas (MICHEREFF et al., 2005).

A nutrição mineral interfere na predisposição da planta ao ataque de fitopatógenos, por levar a modificações histológicas e, ou, morfológicas, das células e tecidos. A deficiência ou indisponibilidade de nutrientes essenciais à planta pode favorecer o patógeno e o processo de infecção. A disponibilidade equilibrada de todos os nutrientes considerados essenciais no solo, podem aumentar a resistência das plantas, devido a modificações na anatomia (células da epiderme mais grossas, lignificadas e ou silicificadas), nas propriedades fisiológicas e bioquímicas (produção de substâncias inibidoras ou repelentes) (MICHEREFF et al., 2005).

No caso específico do cálcio (Ca), nutriente que afeta a estrutura celular, quando em quantidades adequadas, pode favorecer a resistência mecânica, pois mantém a estrutura, estabilidade e permeabilidade da membrana celular. Afeta, ainda, a atividade meristemática e no controle de absorção de cátions monovalentes, assim como em barreiras biológicas, que limitam ou impedem o desenvolvimento do fungo vascular no tecido (PAVAN, 1982).

Para o controle da murcha-de-fusário recomenda-se medidas de caráter preventivo, calagem, rotação de culturas, não fazer cultivos seguidos de solanáceas na mesma área, alternando o uso do solo com culturas não hospedeiras e tratar sementes com fungicidas antes do plantio, além do uso de cultivares resistentes (CARVALHO et al., 2005). O biocontrole também é citado na literatura como alternativa para o controle da murcha-de-fusário (ROCHA

& MOURA, 2013). O uso de cultivares resistentes é a alternativa mais recomendada por ser mais barata, eficiente e de fácil adoção. Como até então já foram identificadas três raças de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (raças 1, 2 e 3), é importante conhecer a sua distribuição e ocorrência para se efetuar a recomendação da cultivar. As raças 1 e 2 são encontradas em diferentes regiões de cultivo de tomate e a raça 3 ainda possui uma distribuição mais restrita, limitando-se a locais específicos (REIS et al., 2005; REIS et al., 2006, OLIVEIRA, 2017). No Brasil, a murcha-de-fusário pode ser encontrada em quase todas as regiões produtoras, inclusive em cultivos protegidos, em casas de vegetação.

2.6 Talo-oco

A doença bacteriana denominada talo-oco, conhecida na região de Nova Friburgo como “Cano d’água”, é uma doença muito comum na cultura do tomateiro. Sua ocorrência se relaciona com as condições ambientais e do estado nutricional das plantas, acentuando-se a partir do início da frutificação. O agente etiológico é a bactéria Gram negativa, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

É uma bactéria baciliforme que se move por meio de flagelos peritricos. Tem respiração anaeróbia facultativa, é mesofílica, aclorofilada e habitante do solo. Pode sobreviver como saprófita nos solos na ausência de hospedeiros e mostra grande variação na patogenicidade. Ocorre praticamente em todo mundo, infectando uma variada gama de hospedeiros de diversas famílias botânicas, no campo ou nas fases de armazenamento e comercialização (MICHEREFF & BARROS, 2001; KUROZAWA & PAVAN, 2005). *Pectobacterium* spp. Tem como condições ótimas para desenvolvimento temperaturas entre 25 e 30°C, alta umidade e adubação nitrogenada em excesso, por promover tecidos mais tenros e vigorosos.

O talo-oco ocorre com frequência em associação com outras doenças, causadas por bactérias ou fungos. Em condições de alta umidade e temperatura, a bactéria provoca rápida decomposição aquosa dos tecidos (KUROZAWA & PAVAN, 2005). A principal característica das bactérias pectinolíticas é a produção de uma grande quantidade de enzimas, como as pectinases, celulases e proteases, que causam o amolecimento na parede vegetal, disponibilizando nutrientes para o crescimento da bactéria (PEROMBELON & KELMAN, 1980; KUROZAWA & PAVAN, 2005).

A bactéria se reproduz nos tecidos do parênquima ou nos espaços intracelulares, consequentemente, causando a degradação dos órgãos e tecidos. Os principais meios de transporte dessas bactérias são: a água de irrigação, sementes contaminadas e restos vegetais infectados deixados no campo (ALVARADO, 2006). A alta precipitação, pouca aeração no solo, presença de ferimentos nas raízes, seja por tratos culturais, ou causadas pelo atrito natural com o solo, presença de danos causados por insetos e nematoides, estresse fisiológico da planta, excesso de adubação nitrogenada, irrigações leves e constantes, podem favorecer a doença (AGROFIT, 2003; ALVARADO, 2006).

Os primeiros sintomas são manchas de aparência aquosa e amolecimento dos tecidos circundantes. Em plantas atacadas, as folhas murcham e as mais velhas amarelecem, o caule da planta fica com aparência aquosa e necrosada, com ou sem fendas longitudinais por onde escorre líquido contendo bactéria. A descoloração dos vasos condutores também pode ser observada (KUROZAWA & PAVAN, 2005; ALVARADO, 2006). A região necrosada do caule pode ser facilmente esmagável devido à desintegração da medula (liquefação) o que leva à denominação popular de talo-oco. Essa colonização pode atingir também o pecíolo, ocasionando o mesmo sintoma. Na medula, na região de transição, nota-se uma mudança brusca entre o tecido sadio e o tecido desintegrado (KUROZAWA & PAVAN, 2005; ALVARADO, 2006).

Estudos têm sido feito visando seu biocontrole com *Trichoderma pseudokoningii* SMF2, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus* spp., bacteriófagos entre outros agentes (LI et al., 2014; TSUDA et al., 2016; GARGE & NERURKAR, 2017).

Considerando que a bactéria tem atividade saprofítica, deve-se adotar medidas conjuntas de controle que dificultem o desenvolvimento da doença. Dentre essas, destacam-se a seleção de área de plantio livre de patógeno, plantio de material vegetal certificado, desinfestação de facas e utensílios usados no campo, evitar ferimentos durante o plantio e tratos culturais, evitar o plantio em solos de baixada mal drenados, usar água de irrigação livre de contaminação. Um manejo de adubação equilibrado, plantio em solos bem drenados, arejamento das plantas através de espaçamentos adequados, controle de insetos subterrâneos e mastigadores para redução de ferimentos e rotação de culturas com gramíneas. O controle químico do talo-oco é pouco eficiente (MICHEREFF & BARROS, 2001; KUROZAWA & PAVAN, 2005; ALVARADO, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação localizada na área experimental do Departamento de Solos, do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizada em Seropédica, RJ.

Como substrato para preenchimento dos vasos e tubetes, utilizou-se solo coletado em profundidade de 0-20 cm em área próxima ao Instituto de Agronomia da UFRRJ e classificado como Planossolo Háplico (RAMOS et al., 1973). Este apresentava textura arenosa e encontrava-se isento de inóculo de patógenos do tomateiro. O solo foi analisado e seus atributos químicos constam na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Na	Ca	Mg	H + Al	Al	S	T	V	m*	n**	pH	P	K
-----cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----		1:2,5	---mg L ⁻¹ ---		
0,599	1,9	0,2	4,8	0	2,65	7,66	37	0	0	5,1	52	59

*saturação por Al, **saturação por Na.

Foi feita uma curva de calibração no solo coletado (Tabela 1), sendo este incubado com diferentes quantidades de cal virgem – CaO (PRNT 125%), visando a determinação e ajuste da dose de corretivo para atingir um pH de 5,7 – valor próximo ao encontrado na área de estudo em Nova Friburgo (STAFANATO, 2009).

Como corretivo, utilizou-se cal virgem e a dose estabelecida em 200 kg Cal ha⁻¹. A adubação foi definida de acordo com a recomendação para adubação exclusiva com adubos minerais, para a cultura do tomate de acordo com o Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). Potássio (K) (540 kg K₂O ha⁻¹) e fósforo (P) (160 kg P₂O₅ ha⁻¹). Os cálculos foram feitos a partir do volume do vaso utilizado no experimento.

3.1 Talo-oco do tomateiro: ocorrência e efeito de adubação nitrogenada e da aplicação de silício

3.1.1 Levantamento de campo, análise de solo e de planta e diagnose

Realizou-se em no período de verão de 2015 um levantamento em lavouras de tomate no município de Nova Friburgo, RJ. Coletaram-se cerca de seis amostras de solo e plantas, sadias e doentes, em 40 propriedades.

As amostras de solo foram submetidas à análise de química de rotina, para a quantificação da concentração de nutrientes trocáveis (EMBRAPA, 1997) e à digestão sulfúrica, para a posterior análise de nutrientes totais (TEDESCO et al., 1995). Essa análise foi realizada no Laboratório de Relações Solo-Planta (LSP) da UFRRJ. As amostras vegetais também foram submetidas à mesma metodologia de digestão.

As amostras de plantas foram levadas ao Laboratório de Epidemiologia e Patologia de Sementes (LabEPS) da UFRRJ, para diagnose de doenças e determinação de massa fresca, seca e acúmulo de nutrientes. Para diagnose, fizeram-se observações do tecido vascular seguido de isolamento para identificação de amostras com talo-oco. As hastes foram lavadas com sabão e desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio (NaClO a 1%). Logo após, fragmentos da área infectada foram retiradas, levadas a um recipiente com solução salina (NaCl a 0,85%) e maceradas. Essa suspensão foi riscada em placas de Petri contendo meio de cultura Nutrient

Agar (NA). Essas placas foram mantidas em B.O.D por 72 h, quando foram retiradas após verificado o crescimento bacteriano.

Em seguida, estas plantas foram seccionadas em parte aérea (folha, pecíolo, caule e frutos) e raiz, secas em estufa de circulação forçada, até que não apresentassem mais umidade no tecido, depois moídas para análise. Esse material foi submetido à digestão sulfúrica, de acordo com a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), para a posterior análise de nitrogênio total dessas amostras, por destilação com arraste à vapor, baseando-se na metodologia do mesmo autor. Nas amostras de solo, foram realizadas análises químicas de rotina para a identificação dos teores de macronutrientes trocáveis baseadas na metodologia idealizada pela EMBRAPA (1997). Estas análises foram realizadas no LSP da UFRRJ.

Foi realizada no Software R a construção de um componente principal por matriz de correlação.

3.1.2 Efeito de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento do talo-oco

O experimento foi conduzido em tubetes plásticos ($0,110 \text{ dm}^3$), preenchidos por solo descrito na Tabela 1, corrigido para pH 5,7, conforme descrito anteriormente. Estes tubetes foram dispostos em suportes específicos, mantidos em casa de vegetação climatizada (Van der Hoven), no período de julho à setembro de 2017. Utilizou-se mudas de 25 dias da cultivar *Débora Plus*, produzidas em bandejas de isopor contendo substrato comercial.

A adubação foi definida de acordo com a recomendação para adubação exclusiva com adubos minerais, para a cultura do tomate de acordo com o Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). Potássio (K), na forma de Cloreto de Potássio (KCl) ($540 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) e fósforo (P) na forma de Super Simples (SS) ($160 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$). Os cálculos de todos os adubos foram feitos a partir do volume do tubete utilizado.

Para compor os tratamentos desse ensaio, foram considerados 2 níveis de inoculação (inoculação com a fitobactéria PEC e testemunha não inoculada) e 3 níveis de adubação nitrogenada à base de ureia, uma dose similar a comumente realizada nas áreas de plantio de tomate da região de Nova Friburgo (800 Kg N ha^{-1}), a dose indicada pelo Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), 400 Kg N ha^{-1} e mais um tratamento sem adição de nitrogênio. O nitrogênio foi aplicado no transplantio das mudas e em mais 3 parcelas ao longo de 60 dias após o transplantio (DAT) (20% aos 0 DAT; 30% aos 15 DAT; 30% aos 30 DAT; 20% aos 45 DAT). A aplicação de K foi feita em cada adubação de cobertura com N e o P foi aplicado apenas na data de transplantio (Tabela 2). As adubações nitrogenada e potássica foram feitas via fertirrigação, com a diluição dos adubos em água seguido da aplicação ao solo (Tabela 2). A irrigação foi feita manualmente, por rega, duas vezes ao dia, ou quando fosse necessário.

Tabela 2. Doses de fertilizantes comerciais, por unidade experimental (g), e parceladas de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Dose/Volume de vaso	Parcelamento (DAT)			
	0	15	30	45
N (Ureia)				
	20	30	30	20
400 kg N ha ⁻¹	0,71 g	1,06 g	1,06 g	0,71 g
800 kg N ha ⁻¹	1,42 g	2,12 g	2,12 g	1,42 g
K (KCl)				
540 kg K ₂ O ha ⁻¹	0,71 g	1,06 g	1,06 g	0,71 g

A inoculação foi realizada aos 10 DAT, pelo método da picada + a aplicação de gota de suspensão de células bacterianas (MARIANO, 2000). A concentração da suspensão bacteriana foi de 1×10^8 UFC mL⁻¹, ajustada em espectrofotômetro (75% de transmitância). Utilizou-se isolado de PEC coletado em plantas infectadas na Região de Petrópolis, Rio de Janeiro, cultivados em meio NA Por 48 horas a 28° C (MARIANO, 2000).

O ensaio teve delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 com 5 repetições, totalizando 30 unidades experimentais.

As plantas foram mantidas nos tubetes até completarem 60 DAT. Após esse período, coletaram-se as plantas que foram avaliadas quanto à altura, seccionadas em folha, haste, e em seguida pesados para obtenção de massa fresca e cortadas transversalmente para a verificação de lesão medular e medição da extensão delas. Para a confirmação da presença do patógeno, realizou-se o isolamento de fragmentos da planta em meio Nutriente Ágar NA (MARIANO, 2000).

Os dados foram processados e analisados estatisticamente pelo software Sisvar. Foram realizadas análises de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$), quando necessário.

3.1.3 Efeito da adubação silicatada (CaSiO₃) e calagem sobre o desenvolvimento das plantas e do talo-oco

O experimento foi conduzido na mesma época e seguindo os mesmos procedimentos descritos no item 3.1.2. A adubação com P e K tiveram fonte, doses, parcelamento e aplicações ainda conforme o item acima. A adubação nitrogenada à base de Ureia foi fixada em 400kg ha⁻¹ (Tabela 2) aplicados seguindo a mesma ordem e procedimentos descritos no ensaio anterior.

Compararam-se três tratamentos de adubação: 1) Agrosilício Plus® da Agronelli (10,5% de Silicatos, 25% de CaO e 6% de MgO); 2) cal virgem, em quantidade de CaO equivalente a presente no Agrosilício; 3) testemunha.

A aplicação de cal virgem e Agrosilício foram feitas 20 dias antes do transplante em solo mantido em capacidade de campo. O adubo nitrogenado foi aplicado logo após o transplante, via fertirrigação, juntamente com a adubação potássica, que foram parceladas durante os diferentes estágios vegetativos das plantas (Tabela 2). A inoculação com PEC foi feita aos 10 DAT, da mesma forma como apresentado no ensaio anterior. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3 com 5 repetições, totalizando 30 unidades experimentais, 2 níveis de inoculação (presença ou ausência de PEC) e 3 níveis de adubação (200 kg de CaSiO₃ ha⁻¹; 25 kg de CaO equivalente ha⁻¹; testemunha), com 5 repetições, totalizando 30 parcelas.

As plantas foram mantidas nos tubetes até completarem 60 DAT. Após esse período, coletaram-se as plantas e foram medidas quanto à altura, seccionadas em folha, haste, que foram pesados para obtenção de massa fresca e cortadas transversalmente para a verificação de lesão

medular e medição da extensão delas. Para a confirmação do patógeno, realizou-se o isolamento de fragmentos da planta em meio NA (MARIANO, 2000).

Os dados foram processados e analisados estatisticamente pelo software Sisvar e “R”. Foram realizadas análises de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$) para conjunto de dados que atenderam o requisito de normalidade e os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis e Teste de Dunn para comparação de médias quando o conjunto de dados não possuía distribuição normal.

3.2 Desenvolvimento do tomateiro e da murcha-de-fusário em casa-de-vegetação com diferentes doses de nitrogênio e silício

3.2.1 Efeitos da adubação nitrogenada sobre a murcha-de-fusário

Conduziu-se no período de março a julho de 2017, um experimento em casa de vegetação semi-aberta (Figura 1), sem controle de temperatura e umidade, em vasos (8L de volume), na área experimental do Departamento de Solos, do Instituto de Agronomia da UFRRJ, localizado em Seropédica, RJ (22°45' de latitude sul e 43°41' de longitude oeste e 33 m de altitude).

Foi utilizado o solo coletado descrito na Tabela 1, com pH corrigido para 5,7, conforme descrito anteriormente.



Figura 1. Visão geral da casa de vegetação onde o ensaio foi realizado. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Foram conduzidos dois ensaios simultâneos, um para cada cultivar de tomate cultivadas na região de Nova Friburgo, *Serato* (AGRISTAR, 2017) e *Carina* (SAKATA, 2017). Comparando-se dois níveis de inoculação, inoculado e não inoculado com FUS e cinco níveis de adubação. Utilizaram-se duas fontes de adubação nitrogenada, ureia e o adubo granulado comercial Super N (Referência: 2014 - 015043.94, Ureia + NBPT, 560 ppm), com inibidor de urease (NBPT), de liberação lenta. Estes dois adubos foram testados em duas doses cada, uma equivalente a dose comumente utilizada na região de Nova Friburgo (800 Kg N ha^{-1}) e outra referente a dose recomendada Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro para o tomateiro (400 Kg N ha^{-1}) (FREIRE et al., 2013). Como testemunha, utilizou-se um tratamento sem adição de N (Tabela 3). Essas doses foram aplicadas, parceladamente: a

primeira por ocasião do plantio seguido de seis parcelas até 90 dias após o transplante (Tabela 4).

Tabela 3. Resumo dos fatores testados e de seus níveis em ensaios independentes e conduzidos simultaneamente, para as cultivares de tomate *Serato* e *Carina*. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Fator	Níveis	Descrição
Inoculação	Inoculado	FUS, Raça 3
	Não Inoculado	Sem inoculação
Adubação	Controle	Sem aplicação de adubo
	U400	Ureia na dose de 400 kg de N ha ⁻¹
	U800	Ureia na dose de 800 kg de N ha ⁻¹
	SN400	Super N na dose de 400 kg de N ha ⁻¹
	SN800	Super N na dose de 800 kg de N ha ⁻¹

Tabela 4. Doses de fertilizantes comerciais por unidade experimental (g) parceladas de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas de tomate. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Dose/ Volume de vaso	Parcelamento (DAT)						
	0	15	30	45	60	75	90
	%						
N (Ureia ou Super N)	10	15	15	20	20	15	5
(400 kg N ha ⁻¹)	0,3556	0,5333	0,5333	0,7111	0,7111	0,5333	0,1778
(800 kg N ha ⁻¹)	0,7111	1,0667	1,0667	1,4222	1,4222	1,0667	0,3556
K (KCl)	10	15	15	20	20	15	5
(540 kg K ₂ O ha ⁻¹)	0,3541	0,5311	0,5311	0,7082	0,7082	0,5311	0,1770
P (SS)	100	0	0	0	0	0	0
(160 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	3,2	0	0	0	0	0	0

A inoculação foi feita no dia do transplante das mudas, com a aplicação de 100 mL de suspensão de esporos de FUS (1.10^5 microconídios mL⁻¹), totalizando cerca de 10.000.000 de conídios por vaso. Utilizou-se cultura do isolado ENA 1105 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, raça 3, isolado de plantas de *Serato* oriundas de Nova Friburgo, armazenada em geladeira, e com cultivo em placas de Petri contendo batata-dextrose-ágar (BDA) (DHINGRA & SINCLAIR, 1995) a 25 ± 3° C, em B.O.D. por 14 dias (Figura 2). Para preparo da suspensão, adicionou-se água esterilizada às placas, seguido de leve raspagem e filtração em gaze e contagem do número de microconídios em câmara de Neubauer e microscópio ótico. Para não haver nenhum tipo de contaminação entre parcelas, foi adicionada uma camada de areia lavada na superfície dos vasos.

Utilizaram-se mudas de 25 dias, dois pares de folhas definitivas, produzidas em bandejas de isopor com substrato comercial (Figura 2). Logo após o transplante, aplicaram-se os adubos com doses fixas (P e K) e os respectivos tratamentos com adubos nitrogenados. Como fonte de P, utilizou-se superfosfato simples, com a dose integral no plantio. Como fonte de K, utilizou-se cloreto de potássio (KCl), em parcelas, assim como os adubos nitrogenados (Tabela 4).

As plantas foram tutoradas por fitas verticais até o aparecimento da terceira penca (118 DAT) e irrigadas por gotejamento em sistema desenvolvido por Medici et al. (2010) utilizando acionamento automático (Figura 2).

Ao longo do ciclo, efetuaram-se podas das gemas laterais e remoção de plantas invasoras quinzenalmente e aplicação de Actara® 250 WG (Syngenta) semanalmente a partir dos 65 DAS para controle de mosca branca.

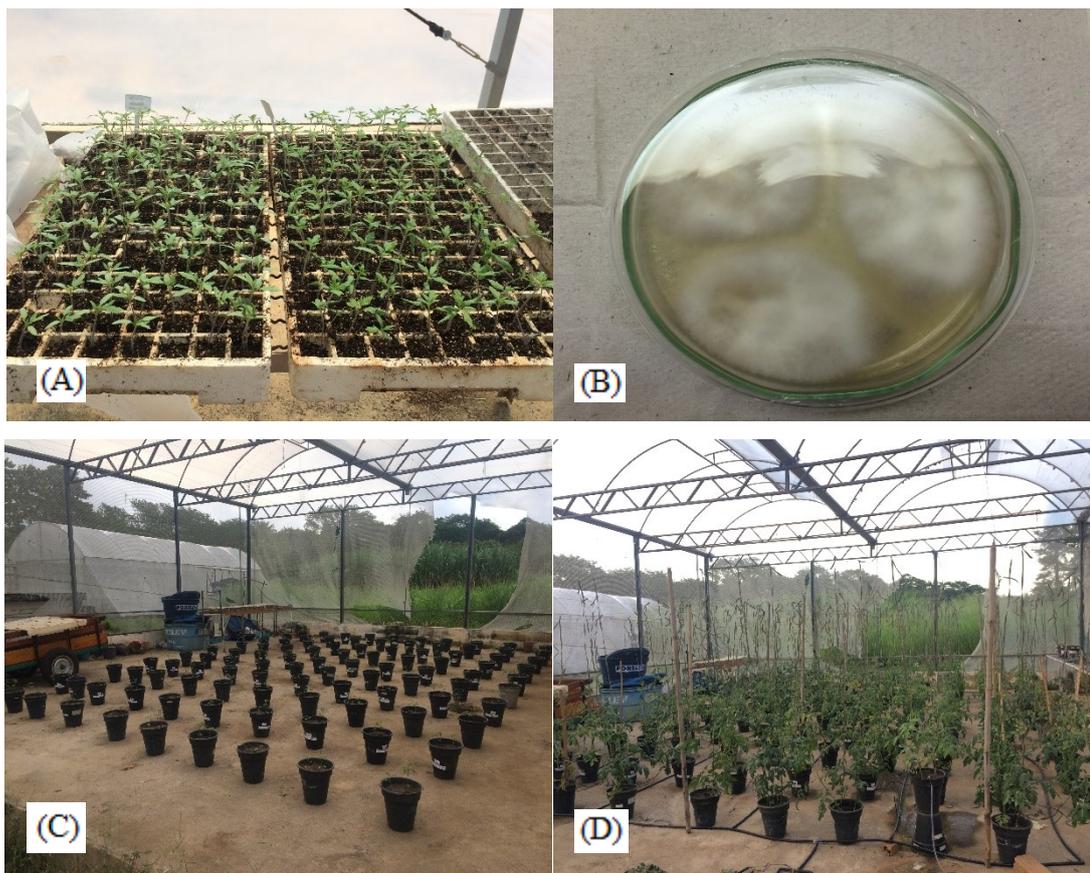


Figura 2. (A) Mudas de *Serato* e *Carina* aos 10 dias após a sementeira em bandejas de isopor; (B) Placa de Petri com meio BDA com a cultura ENA 1105 de FUS, Raça 3; (C) Plantas recém transplantadas nos vasos; (D) Plantas com sistema de irrigação e tutoradas aos 45 DAT. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 sendo cinco níveis de adubação (Controle; U400; U800; SN400 e SN800) e dois níveis de inoculação (Inoculado e Não Inoculado), com 4 repetições (Tabela 3) resultando em 80 unidades experimentais.

A partir de 67 DAT foram coletados frutos em maturação fisiológica. Esses foram avaliados para determinação de massa total e média dos frutos, porcentagem de frutos com anomalias fisiológicas (rachaduras, lóculo aberto e podridão apical). Posteriormente foram secos, a 60°C, em estufa de circulação forçada, até peso constante, para a obtenção de massa seca. As coletas foram feitas até a 3ª penca, aproximadamente, aos 118 DAT, quando foi realizada a coleta final.

Cada planta teve altura, diâmetro do caule e volume de raiz mensurados. Essas foram seccionadas em folha, caule, raiz e fruto, que foram pesados para obtenção de massa fresca. Depois de pesados, foram secos, a 60°C, em estufa de circulação forçada, até peso constante, para a obtenção de massa seca. Todas as plantas tiveram seus caules seccionados longitudinalmente para a verificação da extensão da colonização vascular. Foi feita a diagnose visual, caso houvesse a descoloração ou necrose vascular. Quando aparente, houve a medição da lesão em centímetros.

Para a confirmação da presença de FUS, foram retirados pequenos fragmentos do caule, submetidos a um processo de assepsia (imersão em álcool 70%, hipoclorito de sódio a 1% e

água estéril), colocados em meio de cultura BDA e mantidos em B.O.D a $25 \pm 3^\circ \text{C}$, em por 14 dias.

Foram feitas avaliações visuais das plantas ao longo do período de condução do experimento verificando os sintomas apresentados pelas plantas inoculadas. Essas informações somadas à verificação da descoloração ou necrose vascular permitiu atribuir notas à severidade da doença. De acordo com a escala ordinal (1 a 5) proposta por Santos (1997), onde: 1 = plantas sem sintomas; 2 = plantas sem sintomas que apresentam escurecimento vascular; 3 = plantas que apresentam escurecimento vascular e murcha; 4 = murcha grave, associada a presença de clorose e necrose foliar e escurecimento vascular e 5 = plantas mortas. Para a ponderação da severidade foi aplicado o índice de McKinney (MCKINNEY, 1923) pela fórmula: $SEV = [\sum (\text{grau da escala} \times \text{frequência}) / (\text{número total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})] \times 100$. Para Extensão de colonização do patógeno: $EC = (\text{comprimento da infecção} / \text{altura da haste}) \times 100$. E Índice de Infecção pela fórmula: $II = [(\text{extensão da colonização} \times \text{data da coleta das plantas (DAT)}) / \text{data da morte da planta}]$.

Os dados foram processados e analisados estatisticamente pelo software Sisvar e gráficos gerados pelo software “R” e Excel. Foram realizadas análises de variância e aplicação do teste de Tukey ($p < 0,05$), quando necessário. Utilizando o Software R a partir de correlação de anomalias fisiológicas de frutos, foi obtido um biplot com as componentes principais.

3.2.2 Efeito da adubação silicatada (CaSiO_3) sobre o desenvolvimento das plantas e da murcha-de-fusário

O experimento foi conduzido em tubetes plásticos ($0,110 \text{ dm}^3$), preenchidos por solo descrito na Tabela 1 e posteriormente corrigido para pH 5,7, conforme anteriormente mencionado. Estes tubetes foram dispostos em suportes específicos, mantidos em casa de vegetação climatizada (Van der Hoven), no período de julho à setembro de 2017. Utilizou-se mudas de 25 dias da cultivar *Débora Plus*, produzidas em bandejas de isopor contendo substrato comercial.

A adubação foi definida de acordo com a recomendação para adubação de tomate de mesa exclusiva com adubos minerais, acordo com o Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). Considerou-se Potássio (K), na forma de Cloreto de Potássio (KCl) ($540 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) e fósforo (P) na forma de Super Simples (SS) ($160 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$). Os cálculos de todos os adubos (N, P e K) foram feitos a partir do volume do tubete utilizado. A adubação com P e K tiveram fonte, doses, parcelamento e aplicações via fertirrigação conforme o item 3.1.2. A adubação nitrogenada à base de Ureia foi fixada em 400 kg ha^{-1} (ver Tabela 2) aplicados seguindo a mesma ordem e procedimentos descritos no ensaio do item supracitado.

Compararam-se três tratamentos de adubação, adubação com fonte de Si (formulação comercial Agrosilício Plus® da Agronelli que tem como garantias 10,5% de Silicatos, 25% de CaO e 6% de MgO; tratamento apenas de adubação com cálcio, com a aplicação de cal virgem, em quantidade de CaO equivalente a presente no Agrosilício; e testemunha

Aos 20 dias após a aplicação dos tratamentos, transplantaram-se as mudas, sendo estas com 25 dias de idade. Além da comparação entre a inoculação ou não com FO, utilizando-se o mesmo isolado descrito no item 3.2.1, ENA 1105, raça 3. Foram aplicados 2 mL da suspensão contendo 1×10^7 microconídios mL^{-1} , no colo da planta, aos 10 DAT no solo previamente adubado.

Sendo assim, o segundo ensaio foi delineado em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×3 com 6 repetições totalizando 36 unidades experimentais, sendo 2 níveis de

inoculação (presença ou ausência de FUS), e 3 níveis de adubação (ausência, 200 kg de CaSiO_3 ha^{-1} e 25 kg de CaO equivalente ha^{-1}).

As plantas foram mantidas nos tubetes até completarem aproximadamente 40 DAT. Após esse período, todas as plantas foram coletadas e tiveram altura e comprimento de raiz mensurados. Cada uma foi seccionada em folha, caule, raiz, que foram pesados para obtenção de massa fresca. Após isso efetuaram-se cortes longitudinais das hastes e observação da presença de escurecimento vascular e medição da extensão necrosada. Para a confirmação do patógeno, realizaram-se isolamentos em meio BDA a partir de fragmentos de tecido do xilema, conforme o procedimento no item 3.2.1. Assim como descrito no ensaio anterior, foram determinadas notas de severidade a partir dos sintomas das plantas. As secções foram secas, a 60°C , em estufa de circulação forçada, até peso constante, para a obtenção de massa seca.

Os dados foram processados e analisados estatisticamente pelo software Sisvar e gráficos gerados pelo software "R" e Excel. Foram realizadas análises de variância e quando necessário, teste de médias a 5% de significância pelo teste de Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Talo-oco do tomateiro: ocorrência e efeito de adubação nitrogenada e da aplicação de silício

4.1.1 Relação entre sanidade das plantas e manejo de solo

Houve correlação positiva entre fósforo disponível no solo (P) e massas fresca de folha (MFF), raiz (MFR) e inflorescência (MFI) (Tabela 5), Observou-se teores moderadamente elevados de P trocável no solo e indica a adubação com fósforo não é um fator limitante para a cultura na região (Tabela 6), Ou seja, a adubação fosfatada do solo é satisfatória, refletindo positivamente no crescimento vegetativo, uma vez que o P é segundo nutriente mais requerido para um desenvolvimento adequado (FERNANDES, 2006). Na Figura 3 constata-se associação do P com o crescimento vegetativo da planta. Ainda sobre a nutrição com P, a correlação positiva entre massa fresca de folha (MFF) de caule (MFC) e das inflorescências MFI, evidencia a relação direta do nutriente com o desenvolvimento vegetativo inicial das plantas analisadas.

Tabela 5. Correlação de Pearson entre intensidade de talo oco em tomateiro (TO), cálcio trocável (Ca), fósforo disponível (P), nitrogênio no caule (NC), nitrogênio na folha (NF), comprimento do caule (CC), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de caule (MFC) e massa fresca de inflorescência (MFI), de plantas de tomateiro coletadas em 40 propriedades em Nova Friburgo – RJ, no ano de 2015. Seropédica, UFRRJ, 2017.

	TO	Ca	P	NC	NF	CC	MFF	MFR	MFC	MFI
TO										
Ca	0,32									
P	-0,24	0,19								
NC	0,46	0,37	-0,07							
NF	0,30	-0,16	0,00	0,31						
CC	-0,30	-0,20	-0,01	-0,20	0,03					
MFF	-0,37	-0,06	0,40	-0,32	-0,22	0,26				
MFR	-0,17	0,32	0,65	0,15	0,06	-0,24	0,45			
MFC	-0,08	-0,30	0,01	-0,06	0,07	0,30	0,62	0,20		
MFI	-0,57	0,05	0,64	-0,37	-0,40	0,13	0,62	0,48	0,10	

Tabela 6. Média dos valores de caracterização química do solo coletado das propriedades. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Na	Ca	Mg	H+Al	Al	S	T	V	m*	n**	pH	P	K
-----cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----		1:2,5	---mg L ⁻¹ ---		
0,26	2,6	1,0	5,9	0,1	4,6	10,4	46	2,8	2,7	5,56	224,5	291

*saturação por Al, **saturação por Na.

Houve correlação negativa entre P e a ocorrência de talo-oco (TO), o que corrobora com Perombelon & Kelman (1980). Estes autores o descrevem que uma planta com nutrição balanceada é menos suscetível à infecção e a colonização de plantas por PEC. O P favorece o balanço de nutrientes e acelerar a maturação dos tecidos e desta forma atua como agente de prevenção à infecção de bactérias (MICHEREFF et al., 2005).

Interações entre fatores bióticos e abióticos no solo são questões de extrema importância quando se trata de patógenos habituais ao solo. Essas interações podem conduzir à supressão desses microrganismos. Os teores de nutrientes em concentração adequada, assim como as características físicas do solo, contribuem para o equilíbrio químico e biológico. Esses fatores influenciam positivamente na atividade microbiana e diversificam a microbiota (KUROZAWA & PAVAN, 2005; ALVARADO, 2006).

O teor de nitrogênio quantificado no caule (NC) e nas folhas (NF) apresentou correlação positiva com a severidade da doença e esta resultou em efeito negativo no desenvolvimento das plantas. Ou seja, a correlação negativa entre NC e CC com MFF, MFC e MFI indica menor desenvolvimento das plantas sob maiores teores de N no caule, especialmente em plantas sintomáticas. A associação de NC e NF com a colonização de plantas por PEC pode ser visualizada na Figura 3. Plantas com talo-oco tendem a apresentar menor desenvolvimento redução no comprimento do caule, gerando plantas menores e menos vigorosas além da presença de sintomas como murcha, descoloração e necrose de folhas, redução de sistema radicular e diminuição ou morte antes da floração (PEROMBELON & KELMAN, 1980).

Os teores trocáveis de cálcio (Ca) também apresentaram correlação positiva com a ocorrência de plantas com talo oco (TO). De acordo com diversos autores a disponibilidade de nutrientes (P, Ca e Mg), assim como o pH elevado do solo, apresentam papel importante no desenvolvimento de bactérias no solo. Esses fatores propiciam aumentos significativos na população de PEC (PEROMBELON & KELMAN, 1980; ARMON et al., 1995). Bhering et al. (2017) relata que a Região de Nova Friburgo tem como prática recorrente o uso massivo de fertilizantes minerais. Mais especificamente, os valores de Ca trocável demonstrados na análise de solo das propriedades estudadas eram mais altos que os recomendados para a cultura de couve-flor pelo Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013).

A Tabela 6, mostra que os valores de Ca⁺ Mg trocáveis no solo são ligeiramente mais altos que os recomendados para a cultura do tomate (3 cmol_c dm⁻³). Estes valores são médios, porém se observarmos uma a uma, algumas das propriedades apresentam valores muito acima do recomendado (4 a 8 cmol_c dm⁻³) e outros bem abaixo (1 cmol_c dm⁻³). O calendário de adubação e calagem nessa região não é constante e, geralmente, análises de fertilidade do solo não são levadas em consideração antes da aplicação dos insumos. Além disso, a incorporação, muitas vezes, poder ser feita de forma inadequada, uma vez que o relevo dificulta uso de máquinas no revolvimento do solo e incorporação do calcário

A toxicidade por alumínio é considerada um dos fatores mais limitantes em solos ácidos, com pH ≤ 5,0 (FERNANDES, 2006). Neste particular, os valores de Al⁺³ estão abaixo do considerado tóxico às plantas (Tabela 6) portanto, a neutralização desse elemento está ocorrendo a partir do manejo de calagem, além da manutenção de pH satisfatório.

A componente principal apresenta 54,2% da variância total do conjunto de dados, sendo a componente 1 (PC1) e 2 (PC2) com 32,1 e 22,1 % da variância, respectivamente (Figura 3). Houve uma associação do nitrogênio presente no caule (NC) e na folha (NF) com a presença de talo-oco. O fósforo trocável no solo (P), demonstra estar associado a plantas saudáveis, sem a doença.

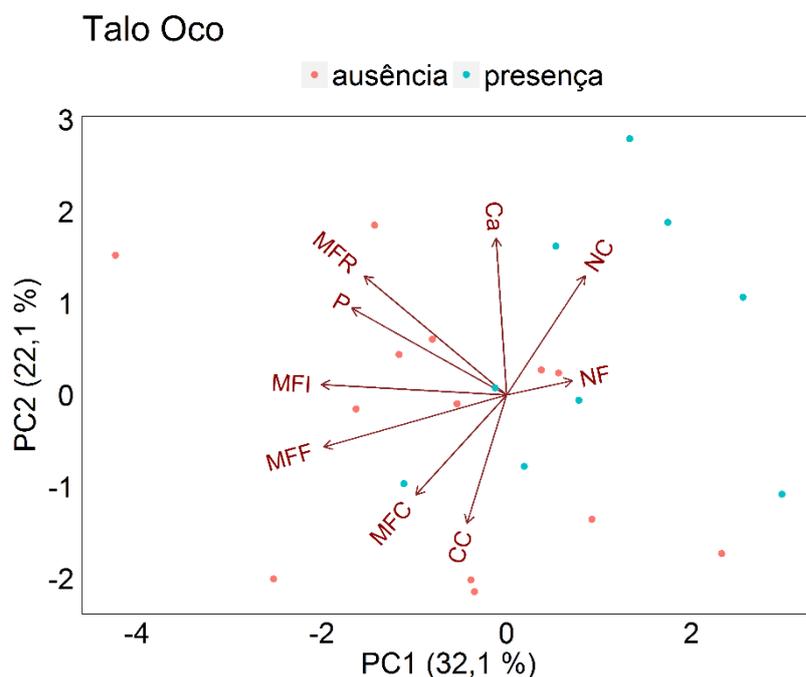


Figura 3 Análise de componentes principais (ACP) entre atributos químicos do solo: fósforo disponível (P) e cálcio trocável (Ca) e da planta: teores totais de nitrogênio no caule (NC) e na folha (NF), comprimento de caule (CC), massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de inflorescência (MFI) e massa fresca de raiz (MFR). Seropédica, UFRRJ, 2017.

Numa visão geral dos dados coletados, dentre as 240 amostras de plantas coletadas, 25% apresentaram a presença de talo oco, e dentre as 120 plantas com sintomas de murcha, 33% eram causados por PEC.

Apesar dos relatos de autores estudiosos da região (ARAÚJO et al., 2007; GRISEL, 2011; BHERING et al., 2017) sobre adubação excessiva com fertilizantes nitrogenados, a correlação entre a incidência de talo oco e N total no solo analisado não foi significativa. Contudo, pelo N ser um nutriente extremamente necessário para o crescimento da planta e, mesmo que em excesso no solo, a absorção desse nutriente persiste, da faixa de absorção adequada e suficiente, até o consumo de luxo. Ainda, deve ser considerado que o N na forma de ureia é instável no solo (CANTARELLA, 2007).

A ureia quando hidrolisada pela enzima urease resulta na formação de carbonato de amônio, logo se decompõe e originando amônio, bicarbonato e hidroxilas. Parte do amônio se converte em amônia, que pode ser facilmente volatilizada caso a ureia não esteja incorporada ao solo. Essa perda pode variar entre 1 e 15%, podendo chegar a mais de 50% se houver condições favoráveis a esse fenômeno, como baixos teores de matéria orgânica, CTC baixa, baixa umidade no solo, altas temperaturas e altas doses de N em uma única aplicação (CANTARELLA et al., 2008; CANTARELLA et al., 2018).

Grisel (2011) e Bhering et al (2017) citam que há aplicação de matéria orgânica nas áreas de cultivo de hortaliças na Região Serrana do Rio de Janeiro, especialmente de cama de aviário fresca e sem um adequado manejo, o que resulta em baixo teor inicial de matéria

orgânica no solo. A adubação mineral é feita à lanço, sem incorporação do fertilizante. O cultivo sucessivo de hortaliças de alto valor comercial, além da erosão causada pela aração seguindo a pendente do terreno prejudicam a qualidade estrutural dos solos. Levando todos esses fatores em consideração, é mais coerente analisar a correlação entre teor de N nos tecidos das plantas e à incidência de talo oco na área estudada.

Malavolta (2006) e Michereff (2005) apontam que o desequilíbrio causado pelo excesso de adubação pode ser determinante para o declínio da população de microorganismos do solo e a diminuição da diversidade da microbiota, alterando o pH da rizosfera, favorecendo o estabelecimento de patógenos habituais do solo. Segundo Bastos et al. (2013) e Zambolim et al. (2005) plantas com excesso de adubação nitrogenada estão mais propensas ao ataque de patógenos.

Efeitos da adubação com ureia no acúmulo de aminoácidos em tecidos vegetais é frequentemente relatado na literatura. Geralmente é relacionado ao acúmulo de aminoácidos utilizados na translocação do N (glutamina e asparagina), ocasionando reduções durante o processo de assimilação em razão da inibição enzimática pelos produtos da própria assimilação (inibição por feedback), que não são eficientemente translocados. Gerendás e Sattelmacher (1997), observaram que plantas de abobrinha com suprimento adequado de micronutrientes, especialmente níquel (Ni), quando adubadas exclusivamente com ureia, apresentaram altos níveis de aminoácidos acumulados nos tecidos se comparados às plantas supridas com outras fontes de N, como amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). Foram notadas quantidades crescentes de todos os aminoácidos, menos glutamato, em todas as diferentes secções da planta.

Em um outro trabalho, Cao et al. (2010) observaram que em plantas de arroz manejadas apenas com N em forma de ureia, a composição de aminoácidos foi desequilibrada, quando comparada às adubações com outras fontes de N. Isso indica que a ureia pode perturbar o metabolismo da planta em relação à assimilação de N. Mérigout et al. (2008) também descrevem em seu estudo com *Arabidopsis* que plantas que tiveram ureia como única fonte de N por uma semana, mostraram aumentos significativos na concentração de aminoácidos, principalmente nas raízes, quando comparadas as plantas supridas com nitrato de amônio e nitrato de amônio + ureia.

Agentes patogênicos dependem de fontes de nutrientes solúveis e prontamente disponíveis, como açúcares e aminoácidos livres. No tecido vegetal o excesso dessas substâncias é causado por desequilíbrios nutricionais, tais como excesso de nutrientes, principalmente N e K. Esse desbalanço químico pode ser decisivo para a colonização e estabelecimento de microorganismos como PEC (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012). Tendo isso em vista, podemos relacionar a correlação entre N no caule e na folha e a incidência de talo colo (TO) com as altas doses de N aplicadas na região estudada como manejo para fertilidade do solo.

4.1.2 Efeito da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento do talo-oco

No ensaio realizado em condições de casa de vegetação, não se constatou efeito significativo de interação entre os fatores adubação e inoculação. Houve efeito simples de adubação para comprimento do caule (CC), massa fresca (MFC) e seca (MSC) do caule, massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folha e efeito simples de inoculação sobre extensão da colonização por PEC e massa fresca e seca do caule (Anexo 1).

Os níveis de adubação não apresentaram efeito significativo sobre a extensão da colonização do caule em plantas inoculadas (Anexo 3). A infecção por PEC não foi um fator

limitante para CC (Tabela 7). Ambas as doses de N foram positivas para o crescimento da haste quando comparados ao controle (Tabela 7).

Plantas não inoculadas apresentaram maior massa da haste, porém não houve influência do inóculo nas massas de folha. A dose 800 kg N ha⁻¹ promoveu maior crescimento vegetativo tanto para plantas saudias, quanto para as infectadas (Tabela 7, Tabela 8).

Tabela 7. Efeito da interação entre Adubação [0, Ureia 400 kg ha⁻¹ (U400) e Ureia 800 kg ha⁻¹ (U800)] e a presença ou ausência de inoculação *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, sobre comprimento do caule (CC), massa fresca (MFC) e seca do caule (MSC), em plantas de tomateiro aos 50 DAT em ensaio realizado condições de casa de vegetação de agosto a setembro de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	CC (cm)			MFC (g)			MSC (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	37,90 a	30,64 b	34,27 b	3,63 Ab	3,05 Ab	3,34 b	0,70 Ac	0,46 Bb	0,58 c
U400	40,96 a	41,70 a	41,33 a	4,90 Aa	4,92 Aa	4,91 a	0,89 Ab	0,86 Aa	0,87 b
U800	43,84 a	40,90 a	42,37 a	5,70 Aa	4,68 Ba	5,19 a	1,07 Aa	0,96 Aa	1,02 a
Média	40,90	37,74		4,74 A	4,21 B		0,89 A	0,76B	
CV (%)		12,61			11,93			11,82	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). “-“ não avaliado. 0 = controle; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800 kg N na forma de Ureia ha⁻¹).

Tabela 8. Efeito da interação entre adubação [0, Ureia 400 kg ha⁻¹ (U400) e Ureia 800 kg ha⁻¹ (U800)] e a presença ou ausência de inoculação *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, nos parâmetros extensão da colonização (%), massa fresca (MFF) e seca da folha (MSF), em plantas de tomateiro aos 50 DAT em ensaio realizado condições de casa de vegetação de agosto a setembro de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Extensão da Colonização (%)			MFF (g)			MSF (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	-	-	-	1,43 b	1,14 b	1,29 b	0,32 b	0,23 b	0,28 b
U400	-	1,18	0,59	2,35 ab	1,74 ab	2,04 ab	0,47 ab	0,45 b	0,46 b
U800	-	2,54	1,27	3,17 a	3,20 a	3,19 a	0,74 a	0,78 a	0,76 a
Média	-	1,24		2,32	2,03		0,51	0,49	
CV (%)		261,43			48,11			36,51	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). “-“ não avaliado. 0 = controle; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800kg N na forma de Ureia ha⁻¹).

A adubação com N potencializa e incrementa a síntese de proteínas e ácidos nucleicos, além de promover o crescimento vegetativo da planta. Especificamente para o tomateiro, a elevação dos teores de N fornecidos às plantas influencia positivamente o peso da matéria seca das raízes, caule, folhas e frutos. A adubação com N aumenta o tamanho da planta, seu vigor e sua produtividade (FILGUEIRA, 2008).

As doses altas de N promovem maior desenvolvimento da planta e expansão foliar. Esse excesso pode ter efeitos negativos, principalmente quando se trata de acúmulo de aminoácidos no tecido vegetal, assim como outras substâncias atrativas à patógenos, porém, a nutrição com altas doses de N pode explicar uma recuperação mais rápida aos danos sofridos pela infecção, assim mascarando sintomas da doença, resultando em menor severidade (ZAMBOLIM, 2001; MARSHNER, 2012).

Os resultados obtidos pelo teste de médias não foram conclusivos na comparação de níveis de adubação de N influenciando a severidade de talo-oco. A frequência de colonização por PEC foi baixa nas plantas inoculadas, o que nos leva a acreditar que o patógeno não encontrou condições ambientais favoráveis para seu desenvolvimento. Segundo Agrios (2005), o patógeno pode se manter latente até condições ambientais favoráveis serem apresentadas. Apesar de apresentar desenvolvimento ótimo entre temperaturas entre 25-30°C, PEC é sensível à altas temperaturas, podendo apresentar menor capacidade de infecção.

O estágio de maturidade da planta também pode ter sido um fator determinante. Michereff et al. (2005) descreve que plantas mais maduras, geralmente, apresentam sintomas mais severos de podridão mole, podendo resultar até em morte da planta. Em plantas mais jovens as infecções bacterianas também podem apresentar sintomas, mas com menor severidade.

Mesmo com esses resultados, as plantas que apresentaram infecção na haste (Tabela 8), tenderam a apresentar maiores extensões de colonização quando receberam o tratamento U800 (800 kg N na forma de Ureia ha⁻¹). Isso nos sugere que a adubação com doses mais altas que o recomendado para a cultura do tomate, pode ser um fator contributivo à infecção de PEC, assim como verificado no estudo acima, obtido na área de produção de hortaliças da Região Serrana do Rio de Janeiro. O alto coeficiente de variação (CV%), devido à baixa porcentagem de plantas infectadas, dificultou a análise dos dados.

4.1.3 Efeito da adubação silicatada (CaSiO₃) sobre o desenvolvimento do tomateiro e intensidade de talo-oco

Houve interação significativa entre os fatores adubação e inoculação sobre a extensão de colonização da haste e a massa seca da haste (MSH) e efeito simples de inoculação sobre a massa fresca da haste (MFH), e massa fresca (MFF) e seca da folha (MSF) (Anexo 2).

A adubação influenciou positivamente a MSH (Tabela 9). A adubação com Si resultou em maior peso da massa seca das hastes comparado às plantas que não receberam nenhuma adubação complementar. As plantas não inoculadas diferenciaram significativamente em relação às inoculadas em todos as variáveis analisadas. As adubações não influenciaram positiva ou negativamente na massa fresca e seca das folhas e na altura da planta (Tabela 10).

Entre as plantas inoculadas, a maior severidade de talo-oco (TO) ocorreu em indivíduos submetidos à adubação com CaCO₃ (Figura 4). A extensão da haste colonizada não diferiu significativamente entre plantas adubadas com Si e a Testemunha (Anexo 4. Comparação entre tratamentos de Adubação (Controle, 200 kg de Si ha⁻¹ e o CaCO₃) de plantas de tomate inoculadas com *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* para o parâmetro Extensão da Colonização (%) pelo teste de Dunn utilizando o teste de Kruskal-Wallis para comparação múltipla de valores-p. Anexo 4).

Solos com concentração de Ca trocável acima do recomendado para a cultura do tomate (3 cmol_c dm⁻³) podem apresentar maior desenvolvimento de bactérias. O desbalanço entre nutrientes e o aumento do pH na área de aplicação, podem ter papel importante no

desenvolvimento de bactérias no solo (PEROMBELON & KELMAN, 1980; ARMON et al., 1995). Segundo Armon et al. (1995), PEC tem estabelecimento e eficácia na infecção mais prováveis quando o solo em que habitam têm quantidades satisfatórias de nutrientes disponíveis e pH adequado. As plantas adubadas apenas com CaCO_3 podem ter tido o ambiente propício para o desenvolvimento de PEC e por isso houve maior extensão de colonização nas plantas quando supridas com este tratamento.

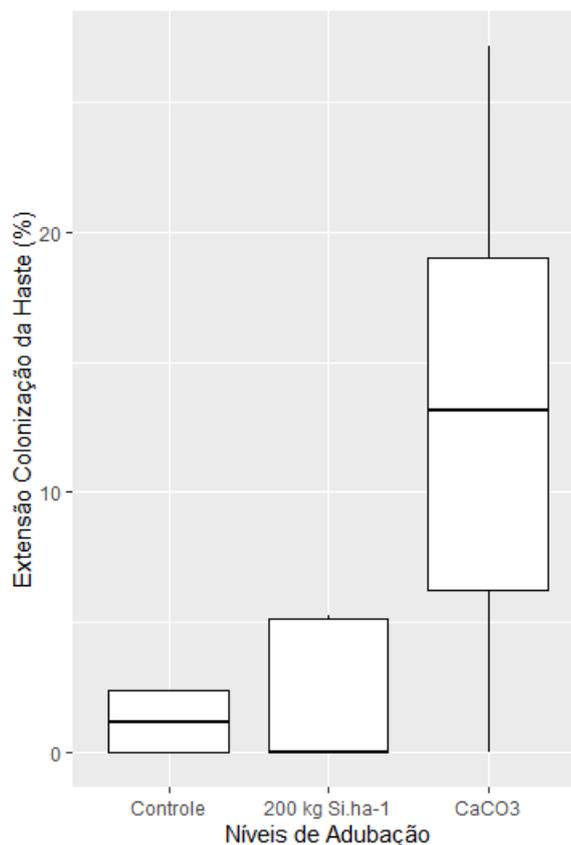


Figura 4. Comparação da variação entre os níveis de adubação (controle, $100 \text{ kg Si ha}^{-1}$ e CaCO_3) dentro do parâmetro de extensão da colonização da Haste (%) em plantas inoculadas com PEC. Seropédica, UFRRJ, 2017.

De acordo com os resultados obtidos, a adubação com silicato de cálcio (agrosilício) não atuou de forma expressiva na proteção à infecção das plantas de tomate por PEC. A deposição de sílica nas paredes celulares, que aumentam a resistência do tecido impedindo a penetração de patógenos, geralmente se apresenta em menor escala nos estágios juvenis da planta, pois ainda estão realizando expansão celular. Em plantas maduras, contudo, a deposição de sílica pode ocorrer em tecidos de células associadas à proteção, lignificação da parede celular e aumento de tolerância à colonização bacteriana (DIOGO & WYDRA, 2007; GHAREEB et al., 2011).

Apesar disso, plantas conduzidas com adubação silicatada apresentaram respostas positivas quanto às variáveis biométricas, mesmo quando inoculadas com PEC. Plantas inoculadas e não inoculadas tiveram massas secas mais altas quando adubadas com Si, principalmente na matéria seca da haste. Souza et al. (2019) descreve para acelga e couve-manteiga que maiores doses de Si resultaram em maior acúmulo de matéria seca, independente

da fonte de Si. A adubação com Si estimula o crescimento, melhora estabelecimento e a produção de plantas superiores (SANGSTER et al., 2001).

Pode-se dizer que a adubação com Si não contribuiu positivamente para redução da intensidade do talo oco em tomateiro, contudo, mas contribuiu para o aumento do vigor e da massa seca, tanto em plantas inoculadas como não inoculadas com PEC. Outros estudos precisam ser realizados para se averiguar adequadamente a eficácia ou não do Si como agente redutor da severidade da infecção de PEC em tomateiro.

Tabela 9. Efeito da interação entre os níveis de Adubação (Controle, 100 kg Si ha⁻¹ e CaCO₃) e a presença ou ausência de inoculação *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* sobre massa fresca (MFH) e seca das hastes (MSH), em plantas de 50 DAT em condições de casa de vegetação. Agosto a setembro de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	MFH (g)			MSH (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
Controle	4,90 A	4,92 A	4,91	0,89 Ab	0,86 Ba	0,87 b
200 kg Si ha ⁻¹	5,59 A	4,67 B	5,13	1,11 Aa	0,91 Ba	1,01 a
CaCO ₃	5,31 A	4,10 B	4,70	1,09 Aa	0,78 Ba	0,94 ab
Média	5,26 A	4,56 B		1,03 A	0,85 B	
CV (%)	12,43			10,65		

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 10. Efeito da interação entre os níveis de Adubação (Controle, 100 kg Si ha⁻¹ e CaCO₃) e a presença ou ausência de inoculação *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* sobre a massa fresca (MFF) e seca das folhas (MSF), em plantas de 50 DAT em condições de casa de vegetação. Agosto a setembro de 2017. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	MFF (g)		MSF (g)	
	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado
Média	2,99 A	2,07 B	0,64 A	0,46 B
CV (%)	37,94		35,24	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.2 Desenvolvimento do tomateiro e da murcha-de-fusário em casa-de-vegetação com diferentes doses de nitrogênio e silício

4.2.1 Efeitos da adubação nitrogenada sobre a murcha-de-fusário

Durante os 118 dias em que as plantas foram mantidas em casa de vegetação semi-aberta, as temperaturas médias no município de Seropédica foram de 21,9°C, com variação de 12,3°C a 34,6°C e umidade relativa do ar média em torno de 77% (Figura 5). O fato de ser semi-aberta manteve a temperatura e a umidade relativa do ar similares à de campo aberto durante a realização do experimento.

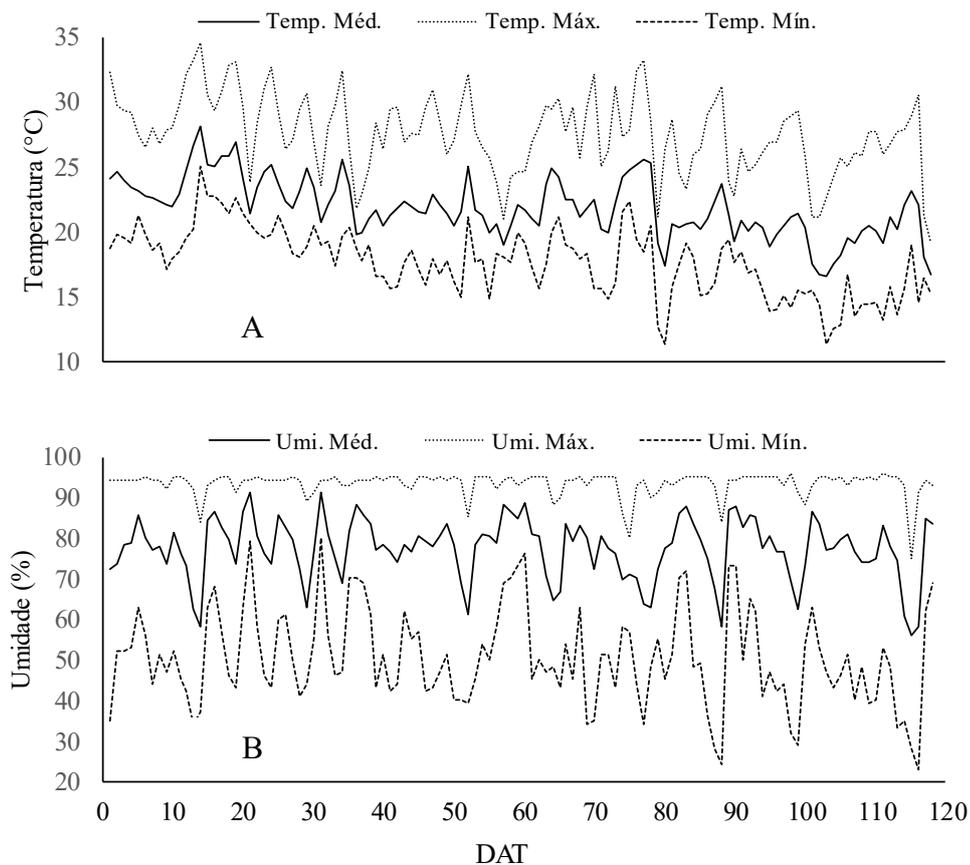


Figura 5. Registros diários de temperatura em °C (A) (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar em % (B), no período compreendido entre o dia 23/03/2017 (0 dias após o transplante (DAT) e 19/07/2017 (120 DAT) em Seropédica - RJ. Fonte: INMET (2017).

Desde a primeira avaliação, feita aos 41 dias após o transplante (DAT), observaram-se sintomas de murcha-de-fusário nas parcelas inoculadas - murcha leve e amarelecimento das folhas mais velhas até sintomas mais severos, como morte. Houve contaminação em plantas não inoculadas, as unidades experimentais da cultivar *Serato* apresentaram plantas com sintomas de murcha e colonização medular nos tratamentos U400 e U800. Já *Carina* apresentou sintomas de infecção nas plantas controle.

A severidade da doença aumentou em todos os tratamentos com o tempo, culminando em morte de plantas. As primeiras plantas de *Serato* mortas foram observadas aos 41 DAT e as da cultivar *Carina* aos 55 DAT. A maior ocorrência de morte de plantas *Serato* ocorreu aos 96 DAT e de *Carina* aos 118 DAT (Figura 6). Os sintomas da murcha-de-fusário podem se manifestar mais intensamente no período de florescimento e frutificação, período no qual as plantas avaliadas apresentaram a maior porcentagem de morte (KUROZAWA & PAVAN, 2005). Em plantas da cultivar *Serato*, os tratamentos com ureia apresentaram a maior incidência de plantas mortas, U400 com 100% de mortalidade e U800 com 75%. Já a cultivar *Carina* apresentou 100% das plantas mortas em SN400 e U800.

Na cultivar *Serato*, as plantas Controle, que não receberam adubação nitrogenada, tiveram apenas 25% de plantas mortas, já de *Carina* 50% das plantas morreram.

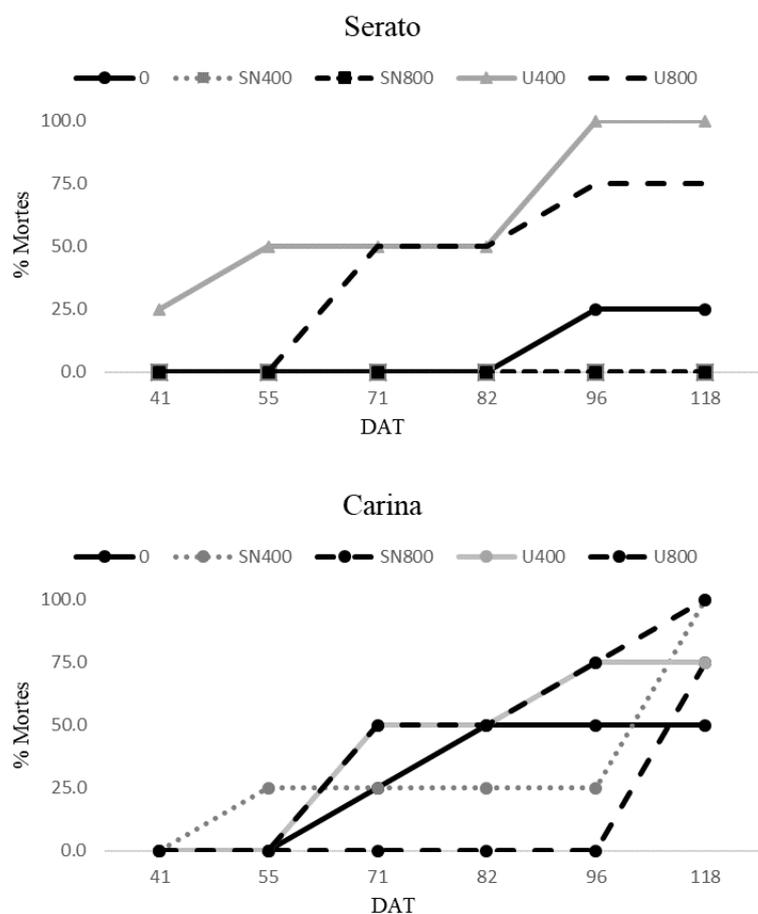


Figura 6. Média da porcentagem de plantas mortas das cultivares *Serato* e *Carina* inoculadas com *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* por tratamentos de adubação nitrogenada (0 = 0 kg N ha⁻¹; SN400 = N na forma de Super N na dose de 400 N ha⁻¹; SN800 = N na forma de Super N na dose de 800 N ha⁻¹; U400 = N na forma de Ureia na dose de 400 N ha⁻¹; U800 = N na forma de Ureia na dose de 800 N ha⁻¹) em dias após o transplântio (DAT).

Observou-se efeito simples de inoculação e adubação sobre o índice de infecção e a severidade em plantas de ambas as cultivares (Anexo 5 e Anexo 6). As plantas de *Serato* tratadas com U400 (Tabela 11) foram as que apresentaram maiores índices de infecção e de severidade entre todos os tratamentos de adubação. Plantas adubadas com SN400 não apresentaram colonização por FUS. Os tratamentos SN800 e controle não apresentaram diferença significativa entre si, quanto ao índice de infecção e severidade da murcha-de-fusário (Tabela 11). Nas plantas da cultivar *Carina* não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 12).

A taxa de mortalidade das plantas da cultivar *Serato* se concentraram, principalmente, nas parcelas que receberam adubação com ureia. Esta fonte de N, frequentemente, é relatada como associada ao acúmulo de aminoácidos em tecidos vegetais. Os teores de aminoácidos aumentam no tecido, diminuindo a eficiência de translocação (GERENDÁS & SATTELMACHER, 1997; MÉRIGOUT et al., 2008; CAO et al., 2010). Isso acontece principalmente em cultivos que realizam adubação nitrogenada em excesso. Fontes de nutrientes solúveis no tecido vegetal são decisivos para o estabelecimento de patógenos no solo.

(ZAMBOLIM et al., 2005; MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012; BASTOS et al., 2013).

Nesse sentido, podemos inferir que os tratamentos com ureia, mesmo com a dose recomendada pelo Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), resultaram em condições mais favoráveis à colonização e maior severidade da murcha de fusário em relação aos demais tratamentos. Até mesmo o tratamento U800 resultou em índices de infecção e severidade menores que o observado no tratamento com U400. Essa resposta corrobora com resultados encontrados por Zambolim (2001), segundo o qual doses altas de N podem promover efeitos negativos, principalmente na influência no acúmulo de aminoácidos no tecido vegetal (MARSCHNER, 2012), mas pode também resultar em recuperação mais rápida das plantas aos danos causados pela infecção, assim mascarando sintomas da doença.

As plantas tratadas com Super N, apresentaram menor colonização pelo patógeno. O tratamento SN400 não apresentou sintomas de murcha-de-fusário, portanto, não foram quantificados índices de infecção nas parcelas, assim como a média da porcentagem de severidade (Tabela 11).

O manejo com adubos nitrogenados com inibição de uréase e polímeros para liberação lenta podem ser uma estratégia para manejo e controle de doenças ligadas à altos teores de N disponível no solo. Segundo Agrios (2005), o suprimento de N pode afetar o desenvolvimento de patógenos. Altas concentrações de N no solo, geralmente, aumentam a susceptibilidade de plantas a doenças. A liberação lenta de N na solução do solo regula a disponibilidade do nutriente à planta, controlando a velocidade na assimilação, diminuindo a quantidade de açúcares acumulados no tecido vegetal. Essa pode ser uma explicação à menor severidade e infecção a plantas tratadas com Super N.

Estudos sobre a associação entre nutrição e detecção de nutrientes com a patogenicidade de fungos vem sendo desenvolvidos. Genes de avirulência em algumas espécies de fungos são induzidos ao colonizarem plantas com níveis baixos de N (SNOEIJERS et al., 2000; DIVON et al., 2005; DIVON & FLUHR, 2007). Especificamente em plantas de tomate infectadas com FUS, foram encontrados genes envolvidos no metabolismo e transporte de compostos nitrogenados quando o patógeno coloniza o xilema e encontra um cenário de escassez de nutrientes, nessa situação, um módulo diferente de infecção é requerido para adaptação nutricional. Níveis baixos a intermediários de teores de nitrogênio orgânico na planta, provavelmente influenciam no resultado da expressão do gene fúngico de patogenicidade, durante a infecção (DIVON et al., 2005).

Tabela 11. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e a inoculação com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopercisi* sobre a severidade da murcha-de-fusário em plantas da cultivar *Serato*, avaliada com base em notas (Santos, 1997), e na porcentagem de infecção do sistema vascular, avaliada aos 118 DAT em condições de casa de vegetação. Março a Julho de 2017, Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Índice de Infecção			Severidade (%)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0N	-	34,86 b	17,43 bc	-	15,12 ab	7,00 b
SN400	-	-	-	-	-	-
SN800	-	52,86 b	26,43 bc	-	14,00 ab	7,56 b
U400	120,34 a	187,04 a	153,69 a	24,37 a	32,50 a	28,43 a
U800	72,27 ab	93,39 ab	82,83 ab	16,25 ab	27,87 a	22,06 a
Média	38,52 B	73,63 A		8,12 B	17,90 A	
CV (%)		90,19			84,00	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). “-“ não significativo. 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800kg N na forma de Ureia ha⁻¹).

Tabela 12. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e a inoculação com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopercisi* sobre a severidade da murcha-de-fusário em plantas da cultivar *Carina*, avaliada com base em notas (Santos, 1997), e na porcentagem de infecção do sistema vascular, avaliada aos 118 DAT em condições de casa de vegetação. Março a Julho de 2017, Seropédica- RJ.

Adubação	Índice de Infecção			Severidade (%)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0N	1,81	99,24	50,52	0,25	24,00	12,12
SN400	-	128,63	64,31	-	40,00	20,00
SN800	-	93,75	46,87	-	32,00	16,00
U400	-	125,22	62,61	-	32,00	16,00
U800	-	138,82	69,41	-	40,00	20,00
Média	0,364 B	116,13 A		0,05 B	33,60 A	
CV (%)		47,75			283,67	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). “-“ não significativo. 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800kg N na forma de Ureia ha⁻¹).

As parcelas não inoculadas na cultivar *Serato* se desenvolveram mais vigorosamente que as inoculadas com FUS em todos os parâmetros relacionados ao crescimento vegetativo (Tabela 13; Tabela 15; Tabela 17).

De forma geral, a inoculação não afetou a altura e o diâmetro das hastes e o acúmulo de massa das plantas de *Serato* (Tabela 13). Observando a Tabela 13, na cultivar *Serato*, as plantas não inoculadas tiveram melhores médias em todos os parâmetros vegetativos de haste. Plantas inoculadas com o tratamento U400 não foram avaliadas por estarem todas mortas na última avaliação. Os tratamentos de adubação nitrogenada se destacaram em relação ao crescimento vegetativo, resultando em plantas maiores, com hastes de maior diâmetro e com maior massa fresca e seca, tanto para plantas inoculadas e não inoculadas. Segundo Bastos et al. (2013), doses altas de N estão associadas ao crescimento vegetativo de plantas de tomateiro.

Houve efeito de interação significativa entre inoculação e adubação sobre os parâmetros diâmetro e massa fresca de plantas da cultivar *Serato*. A cultivar *Carina* apresentou efeito de interação para diâmetro e massa fresca da haste. Em plantas da cultivar *Serato*, as parcelas não inoculadas tiveram maiores médias para as variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo, diferentemente da cultivar *Carina*. Observou-se como tendência, maior diâmetro e acúmulo de massa fresca e seca nas hastes das plantas inoculadas, porém sem um padrão definido com relação ao tipo de adubação (Tabela 15). De forma geral, pode-se dizer que houve maior variação entre os tratamentos nas parcelas inoculadas comparada às não inoculadas. Não houve diferença efeito significativo dos níveis de adubação sobre os diâmetros das hastes das plantas no tratamento sem inoculação com FUS, mas houve efeito sobre a massa seca. Para o tratamento com inoculação, no entanto, menores diâmetros estão associados à aplicação da dose de 400 kg N ha⁻¹ via ureia.

Tabela 13. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação do solo com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre altura, diâmetro, massa fresca e seca da haste, em plantas da cultivar *Serato* aos 118 DAT em casa de vegetação. Março a Julho de 2017. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Haste											
	Altura (cm)			Diâmetro (cm)			Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	73,12 Ab	67,12 Ac	70,12 c	0,82 Aa	0,80 Ab	0,81 b	31,00 Aa	27,10 Ac	29,48 cd	6,23 Aa	6,51 Ab	6,37 bc
SN400	87,25 Aa	87,00 Ab	87,12 b	0,81 Aa	0,60 Bc	0,70 b	44,28 Aa	30,00 Bc	37,14 bc	8,71 Aa	5,27 Bb	6,99 b
SN800	81,00 Aab	79,37 Abc	80,18 b	0,77 Aa	0,81 Ab	0,79 b	46,25 Aa	46,87 Ab	46,56 ab	9,14 Aa	6,93 Ab	8,04 b
U400	83,12 ab	-	41,56 d	0,80 a	-	0,40 c	40,62 a	-	20,31 d	8,22 Aa	-	4,11 c
U800	90,37 Ba	110,00 Aa	100,18 a	0,80 Ba	1,10 Aa	0,95 a	44,86 Ba	65,00 Aa	54,93 a	9,33 Ba	12,78 Aa	11,05 a
Média	82,97 A	68,70 B		0,80 A	0,66 B		39,36 A	36,64 B		8,33 A	6,30 B	
CV (%)		8,41			12,59			18,68			25,12	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). “-“ não avaliado. 0N = controle; SN400 = 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400 = 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800kg N na forma de Ureia ha⁻¹)

Tabela 14. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação do solo com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre diâmetro e massa fresca da haste em plantas de tomate da cultivar *Carina* aos 118 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Haste					
	Diâmetro (cm)			Massa Fresca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	0,71 Aa	0,80 Aa	0,75 a	31,87 Ba	53,12 Aab	42,50 a
SN400	0,63 Ba	0,80 Aa	0,71 a	36,87 Aa	30,00 Ac	33,43 a
SN800	0,60 Ba	0,80 Aa	0,70 a	31,25 Ba	56,25 Aa	43,75 a
U400	0,75 Aa	0,50 Bb	0,62 a	35,00 Aa	35,00 Abc	35,00 a
U800	0,62 B a	0,80 Aa	0,71 a	39,37 Ba	50,00 Aab	44,68 a
Média	0,66 B	0,74 A		34,87 B	44,87 A	
CV (%)		14,66			23,50	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 0N = controle; SN400 = 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400 = 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800kg N na forma de Ureia ha⁻¹)

Observou-se efeito significativo da interação entre adubação e inoculação sobre o acúmulo de massa fresca e seca das folhas de tomateiro nas duas cultivares avaliadas (Anexo 9 Anexo 10). As plantas de *Serato* não inoculadas acumularam mais massa fresca de folha frente às inoculadas (Tabela 15).

Dentre os tratamentos em plantas não inoculadas, onde N foi fornecido, não houve diferença significativa entre si, apenas o controle obteve menor massa de folhas frescas e secas (Tabela 15). Já nas parcelas inoculadas com FUS, os tratamentos com Super N exibiram mais folhas ao fim do ciclo, contudo, o tratamento com dose mais alta, SN800 apresentou maior massa. Na cultivar *Carina*, ocorreu o inverso. Este resultado pode estar mascarado pela perda de folhas ao longo do ciclo.

Tabela 15. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre massa fresca e seca das folhas de plantas de tomateiro, cultivar *Serato*, aos 118 DAT, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Folha					
	Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	6,87 Ab	7,10 Abc	6,99 d	1,53 Ab	1,40 Ac	1,47 c
SN400	34,71 Aa	25,00 Aab	29,85 bc	7,83 Aa	6,41 Ab	7,12 b
SN800	48,12 Aa	45,00 Aa	46,56 a	9,44 Aa	7,18 Ab	8,31 ab
U400	28,75 ab	-	14,37 cd	5,55 Aab	-	2,77 c
U800	50,63 Aa	20,00 Bbc	35,31 ab	9,56 Ba	12,70 Aa	11,13 a
Média	31,63 A	23,44 B		6,78	5,53	
CV (%)		41,41			33,28	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). “-“ não avaliado. 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800 kg N na forma de Ureia ha⁻¹)

Tabela 16 Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre massa fresca e seca das folhas de plantas de tomateiro, cultivar *Carina*, aos 118 DAT, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Folha					
	Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	13,40 Ba	36,66 Ab	25,03	2,44 Bb	7,27 Abc	4,85
SN400	28,50 Aa	5,00 Bc	16,75	7,56 Aa	5,42 Ac	6,49
SN800	23,90 Ba	61,66 Aa	42,78	5,62 Bab	13,36 Aa	9,49
U400	23,33 Aa	10,00 Ac	16,66	5,42 Aab	5,50 Ac	5,46
U800	36,50 Ba	70,00 Aa	53,25	7,49 Aa	10,13 Aab	8,81
Média	25,12	36,66		5,71	8,33	
CV (%)		58,39			30,82	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800 kg N na forma de Ureia ha⁻¹.

Observou-se efeito significativo da interação entre adubação e inoculação sobre o volume e a massa fresca e seca das raízes tanto na cultivar *Serato* quanto em *Carina* (Anexo

11Anexo 12). Plantas de *Serato* não inoculadas apresentaram maior volume e maior massa fresca e seca de raízes, exceto no tratamento com U800. Maiores volumes e massas de raiz foram observados em plantas adubadas com doses mais altas de N (Tabela 17).

Plantas de *Carina* inoculadas e não inoculadas com FUS não diferiram em nenhum dos parâmetros de raízes analisados. Nas plantas inoculadas, maiores volumes foram registrados em plantas adubadas com SN800 e U400 (Tabela 18). Dentre as plantas não inoculadas, as tratadas com SN800 mostraram maior volume de raiz, porém o acúmulo de massa fresca e seca foram similares em todos os tratamentos, exceto no controle e U400. Nas plantas inoculadas, maiores acúmulos de massa fresca, seca e volume de raiz foram observados nos tratamentos SN800 e U800.

Tabela 17. Efeito da interação entre os adubação nitrogenada e inoculação com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre o volume e massa fresca e seca de raízes de plantas de tomate da cultivar *Serato* aos 118 DAT, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Raiz								
	Volume (mL)			Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	11,12 Ac	8,75 Ab	9,93 c	6,87 Ab	7,10 Abc	6,99 d	1,53 b	1,40 c	1,47 c
SN400	23,37 Ab	15,00 Bb	19,18 b	34,71 Aa	25,00 Aab	29,85 bc	7,83 a	6,41 b	7,12 b
SN800	28,75 Aa	26,00 Aa	27,37 a	48,12 Aa	45,00 Aa	46,56 a	9,44 a	7,18 b	8,31 ab
U400	12,12 bc	-	6,06 c	28,75 ab	-	14,37 cd	5,55 ab	-	1,47 c
U800	20,25 Bab	28,00 Aa	24,12 ab	50,63 Aa	20,00 Bbc	35,31 ab	9,56 a	12,70 a	11,13 a
Média	19,12 A	15,55 B		33,82 A	19,42 B		2,96	2,87	
CV (%)	24,30			41,41			37,14		

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). “-“ não avaliado. 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800 kg N na forma de Ureia ha⁻¹).

Tabela 18. Efeito da interação entre os 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) com e sem inoculação do solo com *F. oxysporum* f. sp. *Lycopercisi*, isolando a cultivar *Carina*, sobre os parâmetros de Volume, massa fresca e seca da raiz, em plantas de 118 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Raiz								
	Volume (mL)			Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
0	11,50 Aa	10,00 Ab	10,75 a	10,50 Ab	12,50 Ab	11,50 a	1,40 Ab	1,62 Ab	1,51 a
SN400	16,70A a	13,00 Ab	14,85 a	16,50 Aab	10,00B b	13,25 a	2,10 Aab	1,73 Ab	1,91 a
SN800	12,80 Ba	22,33 Aa	17,56 a	13,50 Bab	21,66 Aa	17,58 a	1,65 Bab	2,62 Aa	2,13 a
U400	15,50 Aa	15,00 Aab	15,25 a	10,83 Aab	15,00 Ab	12,91 a	1,48 Aab	1,77 Ab	1,62 a
U800	17,30 Aa	10,00 Bb	13,65a	17,00 Aa	10,00 Bb	13,50 a	2,26 Aa	1,11 Bb	1,68 a
Média	14,76 A	14,06 A		13,66 A	13,83 A		1,78 A	1,77 A	
CV (%)	32,99			25,00			26,03		

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800 kg N na forma de Ureia ha⁻¹.

De modo geral, as plantas de *Serato* inoculadas e adubadas com doses mais altas de N apresentaram como tendência maior desenvolvimento em atributos relacionados ao crescimento vegetativo. SN800 resultou em baixos índices de infecção o que possibilitou um maior vigor - mais folhas e sistema radicular. O tratamento com SN400 foi o que resultou em melhores respostas quanto à redução da severidade da doença, porém, o mesmo não ocorreu quanto aos parâmetros biométricos.

Apesar da média do índice de infecção de SN800 ser baixo comparado aos tratamentos Controle, U400 e U800, ainda sim, foi maior que SN400. Os altos níveis de N na planta podem prolongar o vigor, resultando em maior estatura, sistema radicular mais desenvolvido, maior quantidade de folhas, e senescência retardada. Contudo, mais suscetível a intempéries ambientais, devido ao baixo teor de lignina nos tecidos, potencial produtivo e eficiência do uso de nutrientes menores (MALAVOLTA, 2006; CANTARELLA et al., 2018).

As plantas tratadas com Ureia desenvolveram sintomas severos de murcha de fusário resultando em senescência precoce e decaimento ao longo do ciclo. Como observado em U400, que teve todas as plantas mortas antes da coleta final e U800, que apesar de ter plantas altas e que resistiram até o fim do ensaio, desenvolveu colonização intensa, refletidas nas folhas e raízes secas e necrosadas.

Segundo Agrios (2005), o suprimento de N pode afetar o desenvolvimento de patógenos. Altas concentrações de N no solo, geralmente, aumentam a susceptibilidade de plantas a doenças. A liberação lenta de N na solução do solo regula a disponibilidade do nutriente à planta, controlando a velocidade na assimilação, diminuindo a quantidade de açúcares acumulados no tecido vegetal.

Os valores mais baixos vêm das plantas controle, que não receberam adubação nitrogenada. Apenas altura e diâmetro do caule não variaram em função dos tratamentos. Esse resultado está relacionado ao fato de plantas deficientes em nitrogênio terem crescimento vegetativo reduzido, devido ao mal funcionamento da planta em geral, mas principalmente pela menor absorção de solutos devido ao mau funcionamento de membranas, planta mais suscetível a temperaturas extremas e de senescência precoce (MALAVOLTA, 2006).

Para a cultivar *Carina* essa tendência não foi tão clara quanto em *Serato*. Os tratamentos não diferiram significativamente quanto ao grau de infecção e severidade. De forma geral, os resultados mais expressivos em crescimento vegetativo, foram os do tratamento SN800.

Não houve efeito significativo da interação entre adubação e inoculação sobre o número, massa fresca e seca dos frutos de ambas as cultivares, apenas efeito de inoculação e de tratamento no ensaio com a cultivar *Serato* (Anexo 13). A Figura 7, mostra o acúmulo da massa fresca dos frutos nos diferentes tratamentos ao longo do período de colheita.

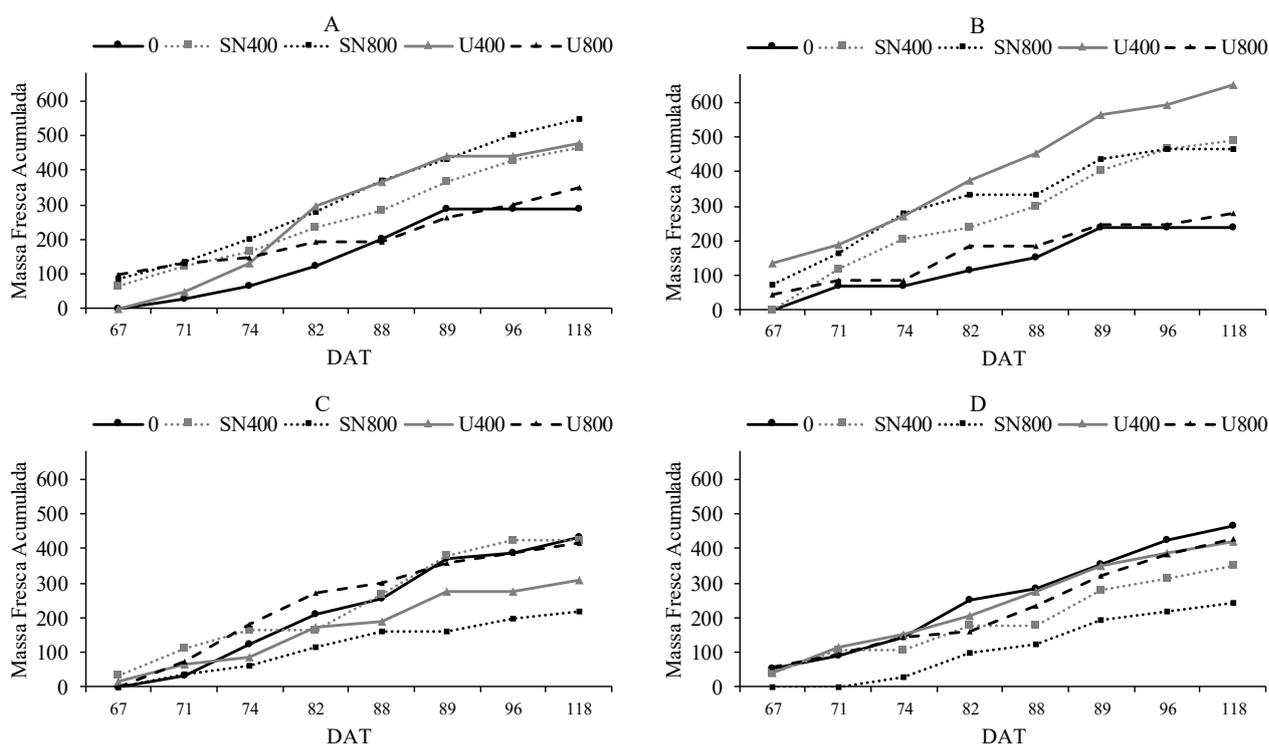


Figura 7. Massa fresca (g) acumulada de frutos das cultivares *Serato* (A, B) e *Carina* (C, D) inoculadas com *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (A e C) e não inoculadas (B e D) em dias após o transplante (DAT). Seropédica, UFRRJ, 2017.

Em *Serato*, maior número e massa fresca e seca dos frutos foi observado em plantas não inoculadas comparada às inoculadas. Maior massa seca de frutos foram registrados no tratamento com SN400 (Tabela 19). Os frutos das plantas da cultivar *Carina* não apresentaram resposta significativa quanto a nenhum dos atributos avaliados (Anexo 14).

Tabela 19. Efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* sobre o número e massa fresca e seca dos frutos de tomate, cultivar *Serato*, em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Frutos					
	Número		Massa Fresca (g)		Massa Seca (g)	
	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado
0	4,60 b		159,41 a		8,76 b	
SN400	8,30 a		247,20 a		27,88 a	
SN800	6,70 ab		228,02 a		14,46 b	
U400	5,70 ab		225,47 a		12,87 b	
U800	4,50 b		186,75 a		13,12 b	
Média	7,56 A	4,36 B	262,17 A	156,57 B	17,89 A	12,95 B
CV (%)	40,03		43,77		53,20	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 0N = controle; SN400= 400 kg N na forma de Super N ha⁻¹; SN800 = 800 kg N na forma de Super N ha⁻¹; U400= 400 kg N na forma de Ureia ha⁻¹ e U800 = 800kg N na forma de Ureia ha⁻¹

4.2.2 Efeito da adubação silicatada (CaSiO_3) sobre o desenvolvimento das plantas e murcha-de-fusário

Observou-se apenas efeito de inoculação sobre as diferentes variáveis avaliadas (Anexo 15). Em geral, plantas inoculadas tiveram resultados positivos nos parâmetros avaliados de haste, folhas e raiz, quando comparadas às não inoculadas (Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22).

Não houve efeito significativo dos tratamentos em nenhum parâmetro biométrico avaliado, exceto a massa seca da haste e comprimento de raiz de plantas inoculadas, onde as plantas do tratamento controle se destacaram em relação às dos demais tratamentos.

Esses resultados diferem de outros estudos que relatam acúmulo de matéria seca pela adubação de Si complementar, pelo estímulo ao crescimento e estabelecimento dessas plantas (SANGSTER et al., 2001; SOUZA et al., 2019). A severidade da murcha de fusário e o estágio inicial das plantas podem ter mascarado os resultados. A Figura 8 mostra o aspecto visual das plantas inoculadas comparadas às não inoculadas e o avançado estado de murcha, com folhas já em necrose.



Figura 8. Plantas de tomate tratadas com 0 kg ha^{-1} Si, 100 kg ha^{-1} de Si e CaCO_3 em plantas inoculadas (esquerda) e não inoculadas (direita) aos 40 DAT. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Tabela 20. Efeito da interação entre três tratamentos de Adubação (Controle, 200 kg Si ha⁻¹ na forma de CaSiO₃ e CaCO₃) e a inoculação ou não do solo com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre a altura, massa fresca e massa seca do caule, em plantas de 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Haste						Média
	Altura (cm)		Massa Fresca (g)		Massa Seca (g)		
	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado	
Controle	30,18 a		3,69 a		0,59 Aa	0,48 Ba	0,54 a
200 kg Si ha ⁻¹	30,10 a		3,65 a		0,59 Aa	0,37 Bb	0,48 a
CaCO ₃	31,22 a		3,57 a		0,64 Aa	0,39 Bab	0,51 a
Média	32,71 A	28,29 B	3,85 A	3,42 B	0,61 A	0,41 A	
CV (%)	12,19		11,14		13,18		

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 21. Efeito da interação entre os tratamentos de Adubação (Controle; 200 kg Si ha⁻¹ na forma de CaSiO₃ e CaCO₃) e a inoculação ou não do solo com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, massa fresca e massa seca das folhas, em plantas de 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Folha			
	Massa Fresca (g)		Massa Seca (g)	
	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado
Controle		2,39 a		0,42 a
200 kg Si ha ⁻¹		1,98 a		0,38 a
CaCO ₃		2,54 a		0,43 a
Média	3,48 A	1,13 B	0,62 A	0,20 B
CV (%)	34,81		29,59	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 22. Efeito da interação entre tratamentos de Adubação (Controle; 200 kg Si ha⁻¹ na forma de CaSiO₃ e CaCO₃) e a inoculação ou não do solo com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, comprimento, massa fresca e massa seca das raízes, em plantas de 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Raiz						
	Comprimento (cm)			Massa Fresca (g)		Massa Seca (g)	
	Não Inoculado	Inoculado	Média	Média	Não Inoculado	Inoculado	Média
Controle	18,96 Ba	21,96 Aa	20,46 a	3,60 a	0,40 Aa	0,30 Ba	0,35 a
200 kg Si ha ⁻¹	18,93 Aa	18,63 Ab	18,78 a	3,60 a	0,46 Aa	0,24 Ba	0,35 a
CaCO ₃	19,68 Aa	20,00 Aab	19,84 a	3,68 a	0,39 Aa	0,30 Ba	0,34 a
Média	19,19 A	20,20 A		4,07 A	3,18 B	0,42	0,28
CV (%)	11,65			15,59		18,22	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A infecção por FUS foi observada apenas nas parcelas inoculadas. Os níveis de adubação não afetaram o desenvolvimento da doença, cujas porcentagens de infecção e notas foram estatisticamente iguais (Tabela 23), porém, com uma leve tendência para menores notas no tratamento com CaCO₃ (Figura 9).

Tabela 23. Efeito da interação entre tratamentos de Adubação (Controle, 200 kg Si ha⁻¹ na forma de CaSiO₃ e CaCO₃) e a inoculação ou não do solo com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, sobre a taxa de infecção e Notas (Santos, 1997), em plantas de tomate aos 40 DAT em condições de casa de vegetação. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Adubação	Taxa de Infecção (%)		Notas	
	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado	Inoculado
Controle	49,01 a		2,41 a	
200 kg Si ha ⁻¹	49,14 a		2,25 a	
CaCO ₃	38,74 a		2,16 a	
Média	0,00 B	91,26 A	1,0 B	3,55 A
CV (%)	35,01		22,29	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

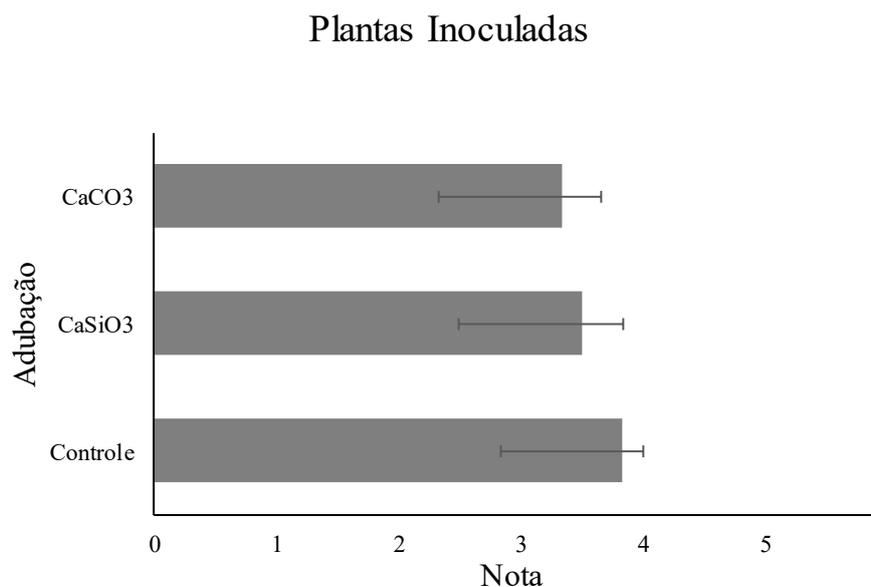


Figura 9. Reação das plantas inoculadas com *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* por tratamento de adubação aos 40 dias após o transplantio, expresso por notas com base na escala de Santos (1997). Seropédica, UFRRJ, 2017.

A adubação com silicato de cálcio (agrosilício), de acordo com os resultados obtidos, não atuou de forma expressiva na proteção contra as infecções pelo patógeno. A deposição de sílica nas paredes celulares, que aumentam a resistência do tecido, impedindo a penetração de patógenos, geralmente se apresenta em menor escala nos estágios juvenis da planta, pois ainda estão realizando expansão celular. Em plantas maduras, contudo, a deposição de sílica pode ocorrer em tecidos de células associadas à proteção e lignificação da parede celular (DIOGO & WYDRA, 2007; GHAREEB et al., 2011).

Outros ensaios precisam ser realizados para a determinação de eficácia do Si como agente redutor da severidade da infecção de FUS em tomateiro.

5 CONCLUSÕES

Existe correlação entre os altos teores de N nos tecidos das plantas e a incidência de talo-oco em plantas de tomate na região de Nova Friburgo, RJ.

A Ureia como principal fonte de N pode aumentar a suscetibilidade do tomateiro ao talo-oco e murcha-de-fusário.

Adbos nitrogenados com tecnologia NBPT favoreceram a resistência do tomateiro à colonização por FUS.

Adbos nitrogenados com inibição de urease e polímeros para liberação lenta podem ser uma estratégia para manejo e controle de doenças ligadas à altos teores de N disponível no solo.

O Silício na forma de silicato de cálcio não afetou o desenvolvimento de talo-oco nem da murcha-de-fusário do tomateiro, mas favoreceram o vigor e a massa seca em plantas inoculadas e não inoculadas com *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Outras pesquisas devem ser feitas a fim de estudar o efeito e eficácia de Si como agente redutor de severidade do talo oco e murcha de fusário do tomateiro.

6 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema de informações hidrológicas**: Estação Meteorológica nº2242009. 2016. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso: 15 de fevereiro de 2016.
- AGRIOS, G. N. Plants diseases caused by fungi: vascular wilts caused by ascomycetes and deuteromycetes (mitosporic fungi). In: **Plant pathology**. Cap. 11, p. 523-526. 2005. 922p.
- AGRISTAR. 2017. **Tomate caqui híbrido Serato**. 2017. Disponível em: <<http://agristar.com.br/topseed-premium/tomate-caqui-ind-hib/Serato-fl/3219/>>. Acessado em: 30 de junho de 2017.
- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários do Ministério da Agricultura**. 2003. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons, Acesso em: 12 de Janeiro 2016.
- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2005.
- ALVARADO, I. C. M. **Variabilidade e ecologia da *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, agente da podridão-mole em couve-chinesa**. 100f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006.
- ANDRADE, D. E. G. T.; SOUZA, L. T.; ASSIS, T. C. Murcha-de-fusário: importante doença do tomateiro no Estado de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 5, p. 243-263, 2013.
- ANJOS, T.V.; TEBALDI, N.D.; MOTA, L.C.B.M.; COELHO, L. Fontes de silício no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 4, p.365-367, 2014.
- ARAÚJO, A.J.; LIMA, J.S.; MOREIRA, J.C.; JACOB, S.C.; SOARES, M.O.; MONTEIRO, M.C.M.; AMARAL, A.M.; KUBOTA, A.; MEYER, A. Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais, Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 115-130, 2007.
- ARMON, R.; DOSORETZ, C.; YOIRISH, A.; SHELEF, G.; NEEMAN, I. Survival of the phytopathogen *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in sterile and non-sterile soil, sand and their admixture. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 79, n. 5, 513–518, 1995.
- BARRA, V. R.; ROMEIRO, R. S.; GARCIA, F. A. O.; MOURA, A. B.; SILVA, H. S. A.; MENDONÇA, H. L.; HALFED-VIEIRA, B. A. Antagonismo direto e biocontrole da podridão-mole-do-tomateiro pelo uso de procariotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 327-330, 2009.
- BASTOS, A. R. R; ALVARENGA, M. A. R; CARVALHO, J. G. & PINHO, P. J. Nutrição Mineral e Adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. (ed) **Tomate: Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**, Lavras: Editora UFLA, 2013. p. 63 – 130.

BECKMAN, C.H.; ROBERTS, E.M. On the nature and genetic basis for resistance and tolerance of fungal wilt diseases. **Advances in Botanical Research**, v. 21, p. 35-77, 1995.

BHERING, A.S.; CARMO, M.G.F; MATOS, T.S.; LIMA, E.S.A.; SOBRINHO, N.M.B. A Soil factor related to the severity of clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Disease**, v. 11, n. 8, p. 1345-1353, 2017.

BUCK, G. B. **Método para determinação de silício solúvel em fertilizantes**. 68f. Tese (Doutorado em Agronomia. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

CAI, K.; GAO, D.; CHEN, J.; LUO, S. Probing the mechanisms of silicon-mediated pathogen resistance. **Plant Signaling & Behavior**, v. 4, n. 1, p. 1-3, 2009.

CAMARGO, A. M. M.; CAMARGO, F. P.; ALVES, H. S.; CAMARGO FILHO, W. P.; VILELA, N. J. Cadeia produtiva de tomate industrial no Brasil: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 11, p. 8–20, 2006.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, 97-401, 2008.

CANTARELLA, H.; OTTO, R.; RODRIGUES SOARES, J.; SILVA, A. G. B. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. **Journal of Advanced Research**, v. 13, p. 19–27, 2018.

CAO, F. Q.; WERNER, A.K.; DAHNCKE, K. et al. Identification and characterization of proteins involved in rice urea and arginine catabolism. **Plant Physiology**, v. 154, 98–108, 2010.

CARDOSO, P.; VIEIRA, R. O Megadesastre de janeiro de 2011 na cidade de Nova Friburgo, Rio de Janeiro: aspectos históricos desde a colonização suíça e as condicionantes físicas. **Investigaciones Geográficas**, Chile, n. 52, p. 47-70, 2016.

CARVALHO, A. O.; JACOB NETO, J.; CARMO, M. G. F. Colonização de raízes de tomateiro por *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* em solução nutritiva com três fontes de nitrogênio. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 26-32, 2005.

DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. **Basic plant pathology methods**. Boca Raton: CRC Press, 1995. 434p.

DIOGO, R. V. C.; WYDRA, K. Silicon-induced basal resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* is related to modification of pectic cell wall polysaccharide structure. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 70, n. 4, p. 120-129, 2007.

DIVON, H.H.; ROTHAN-DENOYES, B., DAVYDOV, O.; DI PIETRO, A.; FLUHR, R. Nitrogen responsive genes are differentially regulated in planta during *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* infection. **Mol Plant Pathol**, v. 6, p. 459–470, 2005.

DIVON, H. H.; FLUHR, R. Nutrition acquisition strategies during fungal infection of plants. **FEMS microbiology letters**, v. 266, n. 1, p. 65-74, 2007.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 1997. 370p.

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <http://www.emater.rj.gov.br/> . Acesso em 12 de agosto de 2017.

FAO – Food and Agriculture Organization - Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017a.

FAO – Food and Agriculture Organization - Tomatoes consumption by country. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017b.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. 1ªed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 432p, 2006.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3º ed. rev. E ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

FREIRE, L.R.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; ZONTA, E.; LIMA, E.; SANTOS, G.A.; SOBRINHO, N.M.B.A.; EIRA, P.A. Fertilidade do Solo. In: FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, E.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.A.A.; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO, J.C. **Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Embrapa, Brasília, DF, 2013.

GHAREEB, H.; BOZSÓ, Z.; OTT, P.G.; REPENNING, C.; STAHL, F.; WYDRA, K. Transcriptome of silicon-induced resistance against *Ralstonia solanacearum* in the silicon non-accumulator tomato implicates priming effect. **Physiol. Mol. Plant Path**, v. 75, n. 3, 83–89, 2011.

GARGE, S. S.; NERURKAR, A. S. Evaluation of quorum quenching *Bacillus* spp. for their biocontrol traits against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* causing soft rot. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 9, p. 48-57, 2017.

GERENDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Significance of Ni supply for growth, urease activity and the concentrations of urea, amino acids and mineral nutrients of urea-grown plants. **Plant Soil**, v. 190, p. 153-162, 1997.

GONZÁLEZ, C. E.; TORRES, V. C. La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el valle de México: caso Xochimilco. **Revista Mexicana de Agronegocios**, v. 18, n.34, p.699-709, 2014.

GRISEL, P.N.; ASSIS, R.L. Adoção de práticas agrícolas sustentáveis: estudo de caso de um sistema de produção hortícola familiar em ambiente de montanha. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 29, n. 1, p. 133-158, 2012.

GRISEL, P.N. **Avaliação do uso dos serviços ecossistêmicos e capacidades: comparação de dois sistemas de produção hortícola em Nova Friburgo (RJ)**. In: REEDS Working Papers

/ Cahiers de REEDS. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, administração e Sociologia Rural. Belo Horizonte, Julho, 2011.

HEINE G.; TIKUM G.; HORST, W.J. Silicon nutrition of tomato and bitter melon with special emphasis on silicon distribution in root fractions. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, n. 4, p. 600-606, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Pesquisa mensal da previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 30 n. 1 p. 1-81, 2017.

IFASTAT DATABASE – 2019. Disponível em: <https://www.ifastat.org/databases/graph/1_3>. Acessado em: 12 de dezembro de 2019.

IFASTAT – Disponível em 2019: <<http://www.fertilizer.org/ifa/statistics/ifadata/dataline.asp>>. Acessado em: 12 de dezembro de 2019.

INDEX FUNGORUM, 2017. disponível em: <<http://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=8284>> Acesso em: 10 de julho de 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTYwMQ==> Acesso dia 10 de agosto de 2017.

IPNI - International Plant Nutrition Institute. **Fertilizantes-consumo**. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132#consumo>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2019.

JENKINS, J. A. The origin of the cultivated tomato. **Economic Botany**, v. 2, n. 4, p. 379-392, 1948.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 355-370, 2006.

KRUGNER, T. L.; BACCHI, L. M. A. Agentes causais: Fungos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (eds). **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, n. 4, p. 607-626, 2005.

LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANAO JUNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 2, 2006.

LI, H. Y.; LUO, Y.; ZHANG, X. S.; SHI, W. L.; GONG, Z. T.; SHI, M.; CHEN, L. L. , CHEN, X. L.; ZHANG, Y. Z & SONG, X. Y. Trichokonins from *Trichoderma pseudokoningii* SMF2

induce resistance against Gram-negative *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in Chinese cabbage. **FEMS microbiology letters**, v. 354, n. 1, p. 75-82, 2014.

MA, J. F.; MYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 17-39.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 418-443, 2006.

MARIANO, R. L. R. **Manual de práticas em fitobacteriologia**. Recife: UFRPE, 2000. 171p.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; TREVIZAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; DIAS, D. M. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n.3, 361-366, 2016.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; SILVA, M. L. S.; GALVÃO, A. G.; ZANIN, D. S. 2014. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, 220-224, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, n. 5, p. 195-218, 1923.

MEDICI, L.O.; ROCHA, H.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R.A. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 6, p. 727-730, 2010.

MÉRIGOUT, P.; GAUDON, V.; QUILLERÉ, I.; et al.. Physiological and transcriptomic aspects of urea uptake and assimilation in *Arabidopsis* plants. **Plant Physiology**, v. 147, p. 1225–1238, 2008.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. G. T.; MENEZES, M. Ecologia e Manejo de Patógenos radiculares em solos tropicais. Universidade Federal de Pernambuco. Recife: Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia. 2005, 398p.

MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. UFRPE, Imprensa Universitária, 2001. 368 p.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution – cultured cucumber plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 29, p. 71-83, 1983.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 175-189, 1978.

MORAES, A. M. L.; PAES, R. A.; HOLANDA, V. L. Micologia. In: MOLINARO, E. M., CAPUTO, L. F. G., AMENDOEIRA, M. R. R. Conceitos e Métodos para a Formação de Profissionais em Laboratórios de Saúde. **Fundação Oswaldo Cruz**, v. 4, p. 399-496, 2010.

MOREIRA, J.C.; JACOB, S. C.; PERES, F. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

OLIVEIRA, C. M. Murcha-de-fusário do tomateiro, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, em Nova Friburgo, RJ: raças, resistência genética e manejo. 100p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

PAVAN, M. A. Efeitos tóxicos de alumínio em mudas de cafeeiro em relação à nutrição de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 209-213, 1982.

PEROMBELON, M. C. M.; KELMAN, A. Ecology of the soft rot erwinias. **Annual Review of Phytopathology**, v. 18, n. 1, p. 361-387, 1980.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 8, p. 1-27, 1973.

REIS, A.; GIORDANO, L. B.; LOPES, C. A.; BOITEUX, L. S.; Novel sources of multiple resistance to three races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in *Lycopersicon* germplasm. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 495-502, 2004.

REIS, A.; BOITEUX, L. S.; COSTA, H.; LOPES, C. A. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 426-428, 2005.

REIS, A.; BOITEUX, L. S.; URBEN, A. F.; COSTA, H. Estabelecimento e caracterização a nível de raça de uma coleção de isolados *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Brasília: Embrapa Hortaliças. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, DF, n. 19, p. 1-14, 2006.

ROBBS, C. F.; VIEGAS, E. C. **Guia de controle às pragas e doenças das culturas econômicas do estado**. I. Olerícolas. Rio de Janeiro: Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, 1978. 84 p.

ROCHA, D. J. A.; MOURA, A. B. Controle biológico da murcha do tomateiro causada por *Ralstonia solanacearum* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* por rizobactérias. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 5, p. 423-430, 2013.

RODRIGUES, F. A.; CARVALHO, E. M.; VALE, F.X.R. Severidade da podridão-radicular de *Rhizoctonia* do feijoeiro influenciado pela calagem, e pelas fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1247-1252, 2002.

SAKATA. **Tomate**. 2017. Disponível em: <<http://www.sakata.com.br/produtos/hortalias/solanaceas/tomate>>. Acesso em 30 de junho de 2017.

SANTOS, A. P. R.; JUNQUEIRA, A. M. R. Análise econômico-financeira da produção de tomate e pimentão no Distrito Federal: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, 2004.

SANTOS, J. R. M. Methodology for screening tomato for Fusarium wilt, Verticillium wilt, gray leaf spot, early blight, and Septoria leaf spot. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO, 1.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL TOMATO DISEASES, 1., 1996, Recife. **Proceedings...** Alexandria: ASHS Press: IPA, p. 164-166, 1997.

SNYDER, W.C.; HANSEN, H. N.: The species concept in Fusarium. **American Journal of Botany**, v. 27, p. 64-67, 1940.

SOUZA, J. Z.; DE MELLO PRADO, R.; SILVA, S. L. D. O.; FARIAS, T. P.; NETO, J. G.; SOUZA JUNIOR, J. P. D. Silicon leaf fertilization promotes biofortification and increases dry matter, ascorbate content, and decreases post-harvest leaf water loss of chard and kale. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 2, p. 164-172, 2019.

STAFANATO, J. B. Aplicação de misturas granuladas NK e NS em cultivar de arroz (*Oriza sativa*). 2009. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). Seropédica Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

SANGSTER, A. G., HODSON, M. J., TUBB, H. J. et al. **Silicon in agriculture**. Studies in plant science. Amsterdam: Elsevier, 8, 200.

SNOEIJERS, S. S.; PEREZ-GARCIA, A.; JOOSTEN, M. H. A. J.; DE WIT, P. J. G. M. The effect of nitrogen on disease development and gene expression in bacterial and fungal plant pathogens. **European Journal of Plant Pathology**, 106, 493–506, 2000.

STOVER, R.H. **Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other *Musa* species**. Commonwealth Mycological Institute. Surrey, UK, 177 p, 1962.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais** (Vol. 2). Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TSUDA, K.; TSUJI, G.; HIGASHIYAMA, M.; OGIYAMA, H. et al. Biological control of bacterial soft rot in Chinese cabbage by *Lactobacillus plantarum* strain BY under field conditions. **Biological Control**, v. 100, p. 63-69, 2016.

VERGANI, G. R. *Lycopersicon esculentum*: una breve historia del tomate. **Revista Horticultura**, v. 158, p. 9., 2002.

WHEELER, T.; RUSH, C.M. Soilborne diseases. In: Maloy, O.C. & Murray, T.D. (Eds.) **Encyclopedia of Plant Pathology**. New York. JohnWiley & Sons, p.935-947, 2001.

WILKINSON, J. Distintos enfoques e debates sobre a produção familiar no meio rural. In: **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, EMATER/RS v.1. no. 3, 2000.

ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV, 2001. 722p.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Nutrição Mineral e Patógenos Radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e Manejo de Patógenos radiculares em solos tropicais**. Universidade Federal de Pernambuco: Imprensa Universitária, 2005. 153-205.

7 ANEXOS

Anexo 1. Análise de variância dos atributos altura, extensão de colonização do caule, massa fresca e seca da haste e das folhas em função dos tratamentos com adubação nitrogenada (0, Ureia 400 kg ha⁻¹ e Ureia 800 kg ha⁻¹) e a inoculação de inoculação *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de agosto à Setembro de 2017. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio					
		Altura Haste (cm)	Extensão da Colonização (%)	Massa Fresca Haste (g)	Massa Fresca Folha (g)	Massa Seca Haste (g)	Massa Seca Folha (g)
Adubação (A)	2	194,22**	4,07 ^{ns}	9,87**	9,15**	0,49**	0,60**
Inoculação (I)	1	74,57 ^{ns}	11,60*	2,08*	0,63 ^{ns}	0,11**	0,00 ^{ns}
A*I	2	40,08 ^{ns}	4,07 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Bloco	4	28,99 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo	20	24,55	2,64	0,28	1,09	0,00	0,03
CV		12,61	261,46	11,93	48,11	11,82	36,51

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste F.

Anexo 2. Análise de variância dos atributos de altura, extensão da colonização do caule, massa fresca e seca da haste e das folhas em função dos tratamentos com adubação silicatada (Controle, 200 kg de Si ha⁻¹ e o CaCO₃), e inoculação com *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de agosto a setembro de 2017. Seropédica, UFRRJ, 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio					
		Altura Haste (cm)	Extensão da Colonização (%)	Massa Fresca Haste (g)	Massa Fresca Folha (g)	Massa Seca Haste (g)	Massa Seca Folha (g)
Adubação (A)	2	12,30 ^{ns}	110,40*	0,46 ^{ns}	2,49 ^{ns}	0,04**	0,09 ^{ns}
Inoculação (I)	1	45,63 ^{ns}	223,54**	3,71**	6,44*	0,24**	0,22*
A*I	2	94,00 ^{ns}	110,40*	1,02 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,05*	0,06 ^{ns}
Bloco	4	203,34 ^{ns}	25,94 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo	20	20,24	19,32	0,37	0,92	0,01	0,03
CV		10,76	161,05	12,43	37,34	10,65	35,24

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste F.

Anexo 3. Comparação entre tratamentos de Adubação (Controle, U400 e U800) de plantas de tomates inoculadas com *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* para o parâmetro Extensão da Colonização (%) pelo teste de Dunn utilizando o teste de Kruskal-Wallis para comparação múltipla de valores-p.

Extensão da Colonização (%)		
Comparação	Z	Valor-p
Controle – U400	-1.64	0.10 ^{ns}
Controle – U800	-1.51	0.12 ^{ns}
U400 – U800	0.12	0.8 ^{ns}

ns - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste de Kruskal-Wallis.

Anexo 4. Comparação entre tratamentos de Adubação (Controle, 200 kg de Si ha⁻¹ e o CaCO₃) de plantas de tomate inoculadas com *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* para o parâmetro Extensão da Colonização (%) pelo teste de Dunn utilizando o teste de Kruskal-Wallis para comparação múltipla de valores-p.

Extensão da Colonização (%)		
Comparação	Z	Valor-p
200kg Si.ha ⁻¹ - CaCO ₃	1.89	0.05*
200kgSi.ha ⁻¹ - Controle	0.03	0.97 ^{ns}
CaCO ₃ - Controle	1.93	0.05*

ns - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste de Kruskal-Wallis.

Anexo 5. Análise de variância dos atributos de Índice de Infecção e Severidade da infecção, isolando a cultivar *Serato*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Índice de Infecção	Severidade (%)
Adubação (A)	4	31523.67**	1110.02**
Inoculação (I)	1	12326.97**	955.50**
A*I	4	1370.99 ^{ns}	74.08 ^{ns}
Bloco	3	1777.96 ^{ns}	31.37 ^{ns}
Resíduo	27	2557.86	94.22
CV		90,19	74.60

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f. Severidade foi obtida pela equação: (Extensão de colonização*118 DAT/Data da morte da planta em DAT).

Anexo 6. Análise de variância dos atributos de Índice de Infecção e Severidade da infecção, isolando a cultivar *Carina*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Índice de Infecção	Severidade (%)
Adubação (A)	4	736,51 ^{ns}	87,22 ^{ns}
Inoculação (I)	1	136366,01**	11256,02*
A*I	4	801,33 ^{ns}	92,02 ^{ns}
Bloco	3	765,80 ^{ns}	68,29 ^{ns}
Resíduo	27	786,90	87,25
CV		47,75	55,52

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f. Severidade foi obtida pela equação: (Extensão de colonização*118 DAT/Data da morte da planta em DAT).

Anexo 7. Análise de variância dos atributos de altura, diâmetro, massa fresca e seca do caule, isolando a cultivar *Serato*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	3893,32**	0,33**	1491,07**	51,52**
Inoculação (I)	1	2037,75**	0,19**	606,06**	41,30*
A*I	4	3157,36**	0,33**	990,10**	37,87**
Bloco	3	156,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}	69,33 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Resíduo	27	40,71	0,00	49,54	3,37
CV		8,41	12,59	18,68	25,12

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f.

Anexo 8. Análise de variância dos atributos de altura, diâmetro, massa fresca e seca do caule, isolando a cultivar *Carina*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia), e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	252,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	220,54 ^{ns}	3,23 ^{ns}
Inoculação (I)	1	16,90 ^{ns}	0,05*	1000,00**	21,40 ^{ns}
A*I	4	145,85 ^{ns}	0,06**	368,35**	22,56 ^{ns}
Bloco	3	98,38 ^{ns}	0,00 ^{ns}	120,20 ^{ns}	11,91 ^{ns}
Resíduo	27	112,38	0,01	87,80	7,29
CV		14,38	14,66	23,50	37,60

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste F.

Anexo 9. Análise de variância dos atributos de massa fresca e seca das folhas, isolando a cultivar *Serato*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	2038,14**	127,45**
Inoculação (I)	1	2073,16**	15,60 ^{ns}
A*I	4	416,39*	20,05**
Bloco	3	113,85 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Resíduo	27	121,50	4,20
CV		41,41	33,28

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f.

Anexo 10. Análise de variância dos atributos de massa fresca e seca das folhas, isolando a cultivar *Carina*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	2298,24**	17,36 ^{ns}
Inoculação (I)	1	1974,02*	140,23**
A*I	4	1502,52**	40,71**
Bloco	3	390,81 ^{ns}	26,10 ^{ns}
Resíduo	27	340,40	9,50
CV		58,39	45,43

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f.

Anexo 11. Análise de variância dos atributos de volume, massa fresca e seca das raízes, isolando a cultivar *Serato*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Volume (mL)	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	664,25**	525,62**	13,52**
Inoculação (I)	1	127,80*	170,15*	13,67**
A*I	4	113,25**	167,81**	10,88**
Bloco	3	6,87 ^{ns}	10,57 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Resíduo	27	17,74	24,92	1,72
CV		24,30	27,83	48,38

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f.

Anexo 12. Análise de variância dos atributos de volume, massa fresca e seca das raízes, isolando a cultivar *Carina*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Volume (mL)	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	85,57*	51,71*	0,55 ^{ns}
Inoculação (I)	1	7,65 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,54 ^{ns}
A*I	4	105,54**	111,09 **	1,92**
Bloco	3	11,60 ^{ns}	10,20 ^{ns}	0,64 ^{ns}
Resíduo	27	13,79	15,64	0,44
CV		26,18	28,01	40,27

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f.

Anexo 13. Análise de variância dos atributos de número, massa fresca e seca dos frutos, isolando a cultivar *Serato*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Número	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	49,91**	9231,85 ^{ns}	1200,04**
Inoculação (I)	1	21,02*	96683,65**	36,85 ^{ns}
A*I	4	18,83**	29646,16**	562,44**
Bloco	3	6,09 ^{ns}	7353,72 ^{ns}	25,50 ^{ns}
Resíduo	27	4,42	5078,77	38,16
CV		30,82	32,55	33,07

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste F.

Anexo 14. Análise de variância dos atributos de número, massa fresca e seca dos frutos, isolando a cultivar *Carina*, em função dos 5 níveis de adubação nitrogenada (controle, 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Super N e 400 e 800 kg N ha⁻¹ via Ureia) e a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de março a julho de 2017 em Seropédica – RJ

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Número	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
Adubação (A)	4	16,22 ^{ns}	24732,09 ^{ns}	154,73 ^{ns}
Inoculação (I)	1	0,00 ^{ns}	1189,42 ^{ns}	40,98 ^{ns}
A*I	4	44,62 ^{ns}	44628,78 ^{ns}	149,57 ^{ns}
Bloco	3	1,40 ^{ns}	3034,05 ^{ns}	30,77 ^{ns}
Resíduo	27	25,58	23895,54	107,02
CV		49,59	54,00	48,93

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste f.

Anexo 15. Análise de variância dos atributos de altura do caule, comprimento da infecção, porcentagem de infecção, nota, massas fresca e seca de Folha, Caule e Raiz de plantas de tomate, em função dos 3 tratamentos de adubação (0 Silício, 100kg de Si ha⁻¹ e o Equivalente de CaO em Carbonato de Cálcio), a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi* e a Interação entre eles, em um experimento realizado em casa de vegetação de agosto a setembro de 2017 em Seropédica – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		Altura	Comprimento da infecção	% Infecção	Nota	Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
						Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz
Adubação Si (A)	1	4,67 ^{ns}	58,96 ^{ns}	427,11 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Inoculação (I)	2	176,00 ^{**}	6016,58 ^{**}	74965,86 ^{**}	58,77 ^{**}	49,35 ^{**}	1,63 ^{**}	7,12 ^{**}	1,55 ^{**}	0,34 ^{**}	0,16 ^{**}
A*I	2	37,67 ^{ns}	58,96 ^{ns}	427,11 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 [*]	0,01 [*]
Bloco	5	29,37 ^{ns}	35,33 ^{ns}	273,75 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 [*]	0,01 [*]
Resíduo	25	13,82	28,23	255,25	0,25	0,64	0,16	0,32	0,01	0,00	0,00
CV		12,19	41,10	35,01	22,29	34,81	11,14	15,39	29,59	13,18	18,22

^{ns} - quadrados médios não significativos a 5%; * - quadrados médios significativos a 5% e ** - quadrados médios significativos a 1% pelo teste F.