

UNIVERSIDADE DE MARÍLIA - UNIMAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – “PRODUÇÃO
INTEGRADA EM AGROECOSSISTEMAS”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE TOMATEIRO QUANTO À
UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIAS SIDERÚRGICAS EM AMBIENTE
PROTEGIDO

Marisa Pucci Fiori

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília - UNIMAR, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Fitotecnia.

Marília - SP
Março de 2006

UNIVERSIDADE DE MARÍLIA - UNIMAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – “PRODUÇÃO
INTEGRADA EM AGROECOSSISTEMAS”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE TOMATEIRO QUANTO À
UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIAS SIDERÚRGICAS EM AMBIENTE
PROTEGIDO

Marisa Pucci Fiori

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Pascoal de Campos

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília - UNIMAR, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Fitotecnia.

Marília - SP
Março de 2006

“Todos os homem sonham, mas não da mesma maneira. Existem aqueles que têm seus sonhos à noite, nos recônditos de suas mentes e, ao despertar, pela manhã, descobrem que tudo aquilo era bobagem. Perigosos são os homens que sonham de dia, porque são capazes de viver seus sonhos de olhos abertos, dispostos a torná-los realidade.”

(T. E. Lawrence, 1888 – 1935, militar e escritor inglês, conhecido como Lawrence da Arábia)

A meu pai Aldegar, que sempre valorizou, incentivou e proporcionou meios para que eu pudesse crescer cada vez mais em minha vida acadêmica e profissional. Este acontecimento, como tantos outros, deve-se a ele: a pessoa a quem tanto devo e tanto amo. Que Deus nos proporcione ainda muitos anos com sua grandiosa presença e fortaleza. Muito obrigada.

À minha mãe Ruth.

Ao meu filho Felipe.

Ao meu companheiro Caio,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Marília – UNIMAR , pela oportunidade da realização do Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Integrada em Agroecossistemas.

Ao Prof. Dr. Sérgio Pascoal de Campos, pela orientação, paciência, amizade e ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, pelas informações, orientações e sugestões prestadas durante a execução deste trabalho.

À Prof^a Dra. Juliana Parisotto Poletine, da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista – ESAPP, pela execução das análises estatísticas deste trabalho.

Ao Prof. Pedro Baldotto, pelas tão úteis e imprescindíveis informações a respeito da cultura do tomate.

Ao Dr. Wilson Caixeta Piau, da empresa SILFÉRTIL – Belo Horizonte, Minas Gerais, pelas orientações e envio da escória siderúrgica utilizada no experimento.

Às empresas Sakata Seeds e Close, pela doação das sementes de tomate utilizadas no experimento.

À E.T.E. “Augusto Tortolero Araújo” (Colégio Agrícola), em especial aos funcionários Roberto Romeiro da Silva e João José dos Santos e às diretoras Gilzabeth Querino Oliveira e Dra. Haydée Siqueira Santos, por toda atenção e serviços prestados.

À Daniela Parisotto Poletine, pela realização das digitações desta dissertação.

Ao Colégio Paraguaçu, Colégio Agrícola e Escola Chiquinho da cidade de Quatá, SP, pela compreensão por tantas vezes ter necessitado ausentar-me das salas de aula.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pela convivência e amizade.

A todos que, não sendo aqui citados especificamente, de uma forma ou de outra, colaboraram ou apoiaram a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

REITOR UNIVERSIDADE DE MARÍLIA – UNIMAR
Dr. Márcio Mesquita Serva

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação
Dra. Suely Fadul Villibor Flory

Diretor da Faculdade de Ciências Agrárias
Dr. Helmut Kieckhöfer

Programa de Pós-Graduação em Agronomia
“Produção Integrada em Agroecosistemas”
Área de Concentração em Fitotecnia
Coordenador: Prof. Dr. Luciano Soares de Souza

Orientador
Prof. Dr. Sérgio Pascoal de Campos

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. A cultura do tomate	03
2.1.1. Nutrição do tomateiro	04
2.1.2. Pragas e doenças do tomateiro	05
2.2. Escórias siderúrgicas e adubação.....	07
2.2.1. Escórias siderúrgicas e a necessidade de adubação com silício.....	09
2.2.2. A essencialidade do silício nas plantas.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Material e métodos utilizados para a instalação do experimento.....	16
3.3.1. Caracterização da área experimental	16
3.2. Instalação e condução do experimento em ambiente protegido.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Número de frutos sadios	20
4.2. Número de frutos doentes	23
4.3. Número total de frutos	24
4.4. Peso de frutos sadios	27
4.5. Peso de frutos doentes	30
4.6. Peso total de frutos	32
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Resultados da análise do solo onde foi instalado o ensaio.	16
2	Composição química da escória agrícola utilizada.	17
3	Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio experimental.	19
4	Resumo da análise de variância para número de frutos sadios, frutos doentes e número total de frutos por m ² de duas cultivares de tomate submetidas a diferentes doses de escória agrícola (Paraguaçu Paulista/SP, 2006).	21
5	Médias para a variável número de frutos sadios por m ² provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).	22
6	Médias para a variável número de frutos doentes por m ² provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).	23
7	Médias para a variável número de frutos total por m ² provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).	25
8	Resumo da análise de variância para produtividade de frutos sadios, frutos doentes e totais de frutos (Kg m ⁻²) de duas cultivares de tomate submetidas a diferentes doses de escória agrícola (Paraguaçu Paulista/SP, 2006).	28
9	Médias para a produtividade de frutos sadios (Kg m ⁻²) provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).	29
10	Médias para a produtividade de frutos doentes (Kg m ⁻²) provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).	30
11	Médias para a produtividade total de frutos (Kg m ⁻²) provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).	33

RESUMO

As escórias siderúrgicas são ricas em silicatos de cálcio e magnésio. Por possuírem em sua composição quantidades expressivas de silício, podem ser utilizadas como fonte deste elemento para as plantas, além de outro macro e micronutrientes. No presente estudo utilizou-se as cultivares de tomateiro: Carmen e Colibri, em ambiente protegido, com o objetivo de verificar a comportamento destas em relação a diferentes doses de escória siderúrgicas aplicadas no momento do transplante: 100 g parcela⁻¹, 200 g parcela⁻¹, 300 g parcela⁻¹ e ausência do produto (testemunha). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 4, contrastando genótipos e doses, totalizando oito tratamentos e quatro repetições. Os resultados obtidos indicaram alterações significativas no aumento da produtividade, do número de frutos sadios e doentes, para ambas as cultivares, com destaque para o comportamento da Colibri. Demonstrou-se assim, a eficiência da aplicação da escória siderúrgica em tomateiro, como fonte de importantes nutrientes à planta, em especial o silício.

Palavras-chave: silício, tomateiro, nutrição, doenças.

ABSTRACT

Scums steel industries are rich in calcium and magnesium silicates. Because of possessing in its composition expressive amounts of silicon, may be used as source of this element for plants, besides other macro and micronutrients. In the present study two tomato crop genotypes were used: Carmen and Colibri, in plastic house conditions, with the objective of verifying their behavior in relation to different scums steel industries doses applied at transplant time: 100 g plot⁻¹, 200 g plot⁻¹, 300 g plot⁻¹ and absence of the product (check). The experimental design used was randomized complete blocks, in factorial scheme 2 x 4, contrasting genotypes and doses, totalizing eight treatments and four replications. The obtained results indicated significant alterations in yield increase, healthy and sick fruits number, for both genotypes, with outstanding for Colibri behavior. In this way, it was demonstrated the efficiency of scums steel industries application in tomato crop, as source of important nutritious to the plant, especially silicon element.

Key words: silicon, tomato crop, nutrition, diseases.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do tomate ocupa, no Brasil, o segundo lugar entre as culturas oleráceas, por ordem de importância econômica. A produção brasileira distribui-se por muitos Estados, com destaque para aqueles do Centro-Sul e alguns da Região Nordeste. O Estado de São Paulo tem contribuído com cerca de 60% da produção brasileira (AGRIANUAL, 2005).

Diversas razões levam a população a consumir tomate, tanto nas formas frescas quanto processadas: hábito alimentar; disponibilidade do produto em variados locais e épocas do ano; versatilidade no uso; baixo teor calórico; aroma do fruto, estimulante de apetite; por ser alimento nutracêutico (elevados teores de Potássio, vitaminas A e E, pigmento licopeno, beta-caroteno, compostos fenólicos, lignans-precursoros de fito-hormônios e folatos inibidores de acúmulo de homocisteínas no sangue). Atualmente, sua ingestão está associada ao decréscimo do risco de câncer no esôfago, estômago, pulmão e vias respiratórias.

É certo que a cultura do tomateiro está exposta a diversos patógenos, pragas e adversidades do meio ambiente, que podem reduzir e até mesmo impedir a produção dos frutos. Alguns são passíveis de serem controlados; a maioria pode ser prevenida e outros são de controle inexistente e, ou, antieconômico. Reconhecer corretamente tais situações e agir de acordo com o conhecimento existente levará à produção de frutos que podem ser seguramente consumidos.

Dos elementos químicos, apenas dezesseis (Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Cobre, Zinco,

Boro, Molibdênio, Manganês, Ferro e Cloro), são considerados essenciais ao tomateiro. Quanto ao Silício, sua essencialidade para as plantas superiores foi demonstrada apenas para algumas espécies, apesar de ser um constituinte majoritário nos vegetais. No entanto, o fornecimento de Si é benéfico para muitas espécies vegetais e, em determinadas circunstâncias, para a maioria das plantas superiores, incluindo o tomateiro (MARSCHNER, 1995).

O presente trabalho objetivou avaliar o comportamento de cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) em relação à utilização de escórias siderúrgicas, ricas em silicato de cálcio e magnésio, em diferentes doses e ambiente protegido, avaliando-se a produtividade da cultura e resistência à podridão apical.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do tomate

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma solanácea herbácea com caule flexível, incapaz de suportar o peso dos frutos e manter a posição vertical. A forma natural lembra uma moita com abundante ramificação lateral, sendo profundamente modificada pela poda. Embora seja uma planta perene, o cultivo é anual, sendo que, da sementeira até a produção de novas sementes, o ciclo varia de quatro a sete meses, incluindo-se um a três meses de colheita. As flores formam cachos e são hermafroditas, o que dificulta fecundação cruzada (FONTES & SILVA, 2002).

Ainda segundo os mesmos autores, na maioria das cultivares, os frutos são de coloração vermelho vivo quando maduros, resultante da combinação da cor da polpa com a película amarela. A cor vermelha deve-se ao carotenóide licopeno, agente cancerígeno no homem, além de responsável pela atrativa coloração avermelhada que os produtos agroindustriais oriundos do tomate apresentam. O peso dos frutos varia de menos 25 g (tipo “cereja”) para até mais de 300 g (tipo “salada”).

2.1.1. Nutrição do tomateiro

O tomate é considerado uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes, sendo citado, como uma das espécies que melhor responde a doses elevadas de adubos químicos (FONTES & SILVA, 2002).

Segundo Alvarenga (2004), os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura variam principalmente de acordo com o estado de desenvolvimento da planta, com a cultivar e a produção que se deseja obter, sendo, dessa forma, importante o seu conhecimento para a elaboração de um programa de adubação. Outros fatores, como temperatura do ar e do solo, luminosidade, época de plantio, umidade relativa, sistema de condução de plantas e espaçamento, também podem alterar a quantidade de nutrientes absorvidos. O conceito moderno de agricultura sustentável pressupõe, basicamente, entre outros, a aplicação racional de fertilizantes para preservação do meio ambiente.

Os elementos minerais essenciais à planta são dezesseis: N (nitrogênio), Ca (cálcio), P (fósforo), Si (silício), Fé (ferro), Mn (manganês), Zn (zinco), Ni (níquel), K (potássio), Mg (magnésio), S (enxofre), Cl (cloro), B (boro), Na (sódio), Na (sódio), Mo (molibdênio), e os minerais são: C (carbono), H (hidrogênio) e O (oxigênio). A deficiência ou excesso de um elemento mineral, influência grandemente na atividade de outros, e exerce efeito marcante, com conseqüências que repercutem no metabolismo da planta. Vale ressaltar também que a presença de um elemento no solo não implica necessariamente disponibilidade para o crescimento da planta, já que a mesma é função da quantidade do elemento no solo, da sua forma e solubilidade, da capacidade assimilativa da planta, e de condições do meio ambiente, tais como, pH, umidade e temperatura (HUBER, 1980).

Sasaki e Seno (1994), citando vários autores, realizaram extensa revisão dos efeitos dos nutrientes sobre a qualidade dos frutos de tomateiro. A nutrição das plantas determinará sua qualidade ou vigor e, conseqüentemente, sua produtividade. Muitas vezes torna-se necessário o conhecimento da fonte e função dos elementos minerais na planta, antes mesmo da preocupação com seu papel na resistência e produtividade (ALVARENGA, 2004).

Portanto, os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e produção são usualmente estudados em termos das suas funções no

metabolismo das plantas. Além disso, a nutrição mineral pode também influenciar o crescimento e a produção das plantas cultivadas de forma secundária, causando modificações na forma de crescimento, morfologia, anatomia e na sua composição química (COLHOUM, 1973).

Os nutrientes minerais podem também aumentar ou diminuir a resistência das plantas aos patógenos. A resistência pode ser aumentada por modificações na anatomia (células da epiderme, mais grossas, lignificadas e/ou silificadas) e nas propriedades fisiológicas e bioquímicas (produção de substâncias inibidoras ou repelentes). Segundo Marschner (1986), a resistência pode, particularmente, ser aumentada pelas alterações nas respostas das plantas aos ataques de parasitas, aumentando as barreiras mecânicas (lignificação) e a síntese de compostos tóxicos.

2.1.2. Pragas e doenças do tomateiro

Os elementos minerais utilizados como nutrientes das plantas mantêm a produção, a qualidade e o valor estético dos produtos. Por outro lado, as doenças, que são uma das principais causas da perda da produção e qualidade comercial, podem em muitos casos ser controladas pelos nutrientes, influenciando na infecção e na sua taxa de evolução. Além disso, a nutrição mineral é um fator ambiental que pode ser manipulado com relativa facilidade para o controle de doenças. Entretanto, é necessário conhecimento detalhado de como os nutrientes minerais aumentam ou diminuem a tolerância das plantas, em razão das características citológicas ou histológicas e, conseqüentemente, do processo de patogênese (MARSCHNER, 1995).

Entretanto, a nutrição da planta pode ser alterada drasticamente por muitos patógenos, e isso, freqüentemente, dificulta uma diferenciação clara entre os fatores bióticos e abióticos que influenciam o excesso ou deficiência de nutrientes. Assim, mediante alterações na absorção, translocação e redistribuição dos nutrientes, muitos sintomas localizados e sistêmicos de doenças são similares aos induzidos abioticamente por deficiência ou excesso de nutrientes (ALVARENGA, 2004).

Segundo Fontes e Silva (2002), várias são as doenças do tomateiro derivadas de fatores bióticos. Dentre elas citam-se: mela (*Phytophthora infestans*), alternária (*Alternaria solani*), septória (*Septoria lycopersici*), estenfílio (*Stemphlium solani*), pinta bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. Tomato), mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. Vesicatoria), fusarium (*Fusarium oxysporum*), mancha de verticílio (*Verticillium dahliae*), cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis*), murcha de escleródio (*Sclerotium rolfsii*), rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*), talo ôco (*Erwinia* spp.), necrose da medula (*Pseudomonas corrugata*), vira-cabeça, “Y” da batata, mosaico dourado, topo amarelo, mosaico do tomateiro e do fumo e nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.).

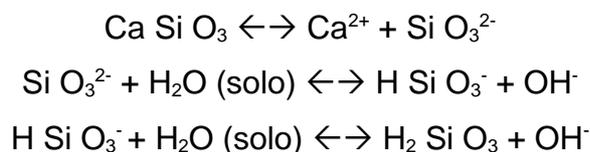
Considerando-se as doenças abióticas, duas enfermidades fisiológicas merecem atenção e se refletem nos frutos, que são a podridão-apical ou “fundo preto” e o escurecimento interno. A “podridão apical” é uma lesão que ocorre no fruto do tomate durante o período de crescimento; causa o aparecimento de manchas escuras externas no fruto e leva a grandes perdas de produção. Essa anomalia ocorre em razão de deficiência de cálcio nos frutos, que pode ser originada da própria deficiência do elemento no meio ou induzida por outros fatores, como a umidade do solo, disponibilidade elevada de N, K, Mg e Na, uso de fontes amoniacais, intensidade de transpiração foliar e cultivar (LOPES & SILVA, 1994).

Para Alvarenga (2004), o escurecimento interno da polpa (“coração negro”) também é causado pela deficiência de cálcio, pois durante a transpiração, a folha recebe mais Ca^{2+} que o fruto. O enegrecimento pode ser devido também à formação de fenóis oxidados. Por isso, estudos envolvendo adubações com certos nutrientes são interessantes. Nesse sentido, Silva et al. (1993) reforçaram a importância da adubação balanceada com N e K com a cultivar Santa Clara (Grupo Santa Cruz).

Sumarizando o que foi exposto, a cultura do tomateiro está exposta a diversos patógenos, pragas e adversidades do meio ambiente que podem reduzir, e até mesmo impedir a produção de frutos. Alguns são passíveis de serem controlados; a maioria pode ser prevenida, e outros são de controle inexistente e, ou, antieconômico. Reconhecer corretamente tais situações e agir de acordo com o conhecimento existente levará à produção de frutos que podem ser seguramente consumidos (FONTES & SILVA, 2002).

2.2. Escórias siderúrgicas e adubação

A escória de siderurgia, proveniente da reação da sílica do minério de ferro com o cálcio do calcário no alto forno, é constituída por silicatos de cálcio e magnésio e comportam-se de forma semelhante aos calcários (AMARAL SOBRINHO et al., 1993), podendo ser utilizadas como corretivo de acidez do solo devido à sua ação neutralizante em solos ácidos (ANDERSON & BOWER, 1992), que ocorre pela dissociação do silicato de cálcio e de magnésio com formação de íons hidroxila, responsáveis pela neutralização dos íons hidrogênio na solução do solo, que são os responsáveis pela sua acidez (ALCARDE, 1992). Segundo este autor, a ação neutralizante do silicato pode ser explicada de acordo com as seguintes reações:



Sendo que a reação para a direita (direta) ocorre em condições de hidratação, e para a esquerda (inversa), em condições de desidratação (BIRCHALL, 1995).

Os resíduos siderúrgicos apresentam, geralmente, teores elevados de micronutrientes (FIRME, 1986) e outros nutrientes, principalmente o Si, Ca e Mg (PIAU, 1995), justificando sua utilização como fertilizante (LOUSADA, 1987).

Korndörfer et al. (1999) e Barbosa Filho et al. (2001), também comprovaram que corretivos à base de silicatos têm mostrado efeitos positivos na correção da acidez do solo, no aumento da disponibilidade de Ca, Si e P e na produtividade de grãos, além de diminuir o consumo de inseticidas e fungicidas, pois plantas bem nutridas com Si têm sua resistência à pragas e doenças aumentada (PRADO et al., 2001).

Segundo Piau (1995), para que uma escória possa ser utilizada na agricultura, há necessidade do licenciamento ambiental por órgão ligado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e pelo Ministério da Agricultura, no qual a composição química e física da escória deve seguir as normas para corretivos de solo. Se apropriada para uso agrícola, a escória é liberada e certificada, passando a ser uma escória agrícola.

O aproveitamento agrícola de resíduos industriais como a escória de siderurgia é pouco utilizado no Brasil, apesar da grande quantidade disponível, aproximadamente 3 milhões de toneladas anualmente. Em várias partes do mundo, porém, esse processo é utilizado e estudado (PRADO & FERNANDES, 2001a).

A escória de alto forno é o resíduo do processo siderúrgico que tem como primeira etapa obtenção do ferro bruto e impuro – ferro gusa - por meio da redução do minério de ferro, enquanto a escória de Aciaria é obtida no processo de produção do aço pela utilização do ferro-gusa, processo que exige menor grau de impureza (PRADO et al., 2001). Na sua composição encontram-se diversos óxidos de Ca, Mg, Si e Mn, cujas quantidades e concentrações são decorrentes da constituição química da matéria-prima (minério de ferro, carvão, calcário ou cal) utilizada no processo de fabricação do produto, além do tipo de refratário usado na parede do forno (PIAU, 1995).

Estudos com escórias aplicadas ao solo têm demonstrado aumento de pH e redução do H+Al (PRADO & FERNANDES, 2001a), em razão da presença de agente neutralizante da acidez como SiO_3^{2-} (ALCARDE, 1992), incrementos na disponibilidade de fósforo (PRADO et al., 2001), cálcio e magnésio (PRADO & FERNANDES, 2001b) e silício no solo (ANDERSON et al., 1987; WINSLOW, 1992), o que, para culturas acumuladoras de silício como o arroz e a cana de açúcar (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995), tem refletido em tolerância a doenças e aumento de produtividade.

O aumento de teores de cálcio e magnésio no solo em razão da utilização da escória pode apresentar efeito positivo no desenvolvimento de raízes, especialmente em relação ao cálcio, uma vez que são bem conhecidos os efeitos positivos deste elemento no crescimento radicular (CAIRES et al., 2001), além de prevenir ou corrigir a mais grave anomalia fisiológica que ocorre nos frutos: a “podridão apical” (FILGUEIRA, 2000).

Trabalhos realizados por Carvalho (2000), usando silifétil, demonstram a redução da podridão apical nos frutos de tomate com aumento da dose aplicada deste, provavelmente devido ao maior fornecimento de cálcio nos frutos, visto ser o silifétil uma boa fonte deste nutriente, além do que este elemento promove uso mais eficiente da água, diminuindo a competição por cálcio pela transpiração foliar.

2.2.1. Escórias siderúrgicas e a necessidade de adubação com silício

As escórias siderúrgicas por terem em sua composição quantidades expressivas de silício, podem ser utilizadas como fonte deste elemento para as plantas, apesar de conter contaminantes, tais como: Fe, P, Mn, etc., os quais podem trazer dúvidas aos experimentos (KÖRNDORFER & DATNOFF, 1995).

A adição de silício solúvel em solos tropicais e subtropicais torna-se muito importante em função da intemperização, lixiviação, além de cultivos sucessivos que levam o solo à apresentar baixos níveis de silício trocável, devido à dessilicificação. Estes solos apresentam, normalmente, baixo pH, alto teor de alumínio, baixa saturação em bases e alta capacidade de fixação de fósforo, além de uma atividade microbiológica reduzida (FRIESEN et al., 1994).

Também Raij e Camargo (1973), afirmaram que regiões agrícolas importantes são pobres em silício disponível, como o centro-oeste brasileiro. Solos tropicais altamente intemperizados podem apresentar teores de silício menores do que 2 ppm na solução do solo. O baixo conteúdo de silício em muitas regiões, pode limitar a busca de uma maior produtividade com qualidade, sustentabilidade e com máximo retorno econômico (BRADY, 1992).

A compactação do solo também pode reduzir a quantidade de silício disponível para as plantas, pois aumenta o nível de ácidos polissilícicos, diminuindo o teor de ácido monossilícico [H_4SiO_4 ou $Si(OH)_4$], que é a forma pela qual a planta absorve o silício (MATYCHENKOV et al., 1995).

O teor de silício total das escórias varia conforme o tipo, sendo que a escória proveniente de Aciaria, apresenta entre 12 e 22 dag Kg^{-1} , enquanto a escória de alto forno, entre 36 e 42 dag Kg^{-1} (PIAU, 1995).

O material contendo silício aplicado no solo deve estar na forma de pó (bem moído), pois o produto pouco moído (coarse) não tem tido sucesso (NOVAIS et al., 1993). Nas leis brasileiras, o silicato não é considerado fertilizante, portanto não tem suas qualidades controladas. Deve-se assegurar que o produto possua granulometria de 60 mesh antes de efetuar a compra. Segundo Datnoff et al. (1991), quanto mais fino o material (silicato), maior a absorção do silício pela folha e menor a severidade da brusone e da mancha em arroz irrigado.

Korndörfer e Datnoff (1995) explicaram que aplicação de silicatos finamente moídos ao solo é prática essencial comum em algumas partes do

mundo como no Havaí, devido ao aumento de produtividade provocado por estes. Seus efeitos positivos, normalmente estão associados ao aumento na disponibilidade de silício no solo, ao efeito do pH e também dos micronutrientes que estes produtos podem conter.

Não existe ainda definição para a quantidade máxima de silício a ser utilizada. Tudo indica que, quanto mais silício a planta absorver maiores serão seus efeitos. Ainda não se constatou efeito tóxico do silício para as plantas, não havendo limites para a aplicação deste insumo. O limite acontece, se for considerado o efeito corretivo dos silicatos, isto é, quando a dose de silicatos provocar aumentos de pH e de saturação por bases acima dos valores desejados. Neste caso, podem acontecer desequilíbrios nutricionais, principalmente de micronutrientes (cobre, ferro, zinco e manganês) e de fósforo, devido aos processos de insolubilização destes (KORNDÖRFER et al., 2003).

2.2.2. A essencialidade do silício nas plantas

Por muito tempo, o silício não foi considerado parte do grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas. No entanto, o crescimento e a produtividade de muitas gramíneas como o arroz, a cana de açúcar, o sorgo, o milheto, a aveia, o trigo, o milho, a grama Kikuyu, a grama bermuda, etc., e também algumas espécies de não-gramíneas, como a alfafa, o feijão, a alface, o repolho, e ainda o tomate, tem mostrado aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si para as plantas (SILVA, 1973; ELAWAD JR. & GREEN, 1979).

A essencialidade do Si é de difícil comprovação devido à sua grande concentração na biosfera. Este se apresenta em grandes concentrações mesmo em sais nutrientes, água e ar altamente purificados (WERNER & ROTH, 1983). No entanto, o fornecimento do Si é bastante benéfico para a maioria das plantas superiores (MARSCHNER, 1995), onde este pode estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações indiretas, tal como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas.

Deren et al. (1993) também afirmaram que o uso do silício tem promovido melhora na arquitetura da planta e aumento na fotossíntese, resultado

da menor abertura do ângulo foliar, que torna as folhas mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento, sobretudo em condições de altas densidades populacionais e doses de nitrogênio (YOSHIDA et al., 1962; BALASTRA et al., 1989).

O N, elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o N, quando fornecido em altas doses, pode diminuir os teores de Si nas plantas de arroz. Wallace (1989) observou que em experimento com arroz, aveia e tomate, o incremento da adubação nitrogenada provocou redução nos teores de Si nas plantas de arroz e aveia, decréscimo na suscetibilidade ao acamamento e maior rigidez estrutural dos tecidos.

A acumulação de Si nas células da epiderme, particularmente em gramíneas, mantém as folhas mais eretas, aumentando a penetração da luz no dossel, diminui a transpiração excessiva, evitando ou diminuindo o estresse hídrico nas folhas e aumenta a resistência ao acamamento, pois aumenta a força mecânica do colmo. Com isso, ocorre um estímulo na fotossíntese e uma elevação no teor de clorofila, aumentando a assimilação de N em compostos orgânicos nas células, o suprimento de carboidratos, o fornecimento de material para a parede celular e a atividade radicular. Conseqüentemente, há uma maior absorção de água e nutrientes, notadamente N, P e K, e um maior poder de oxidação das raízes (MARSCHNER, 1995; TAKAHASHI, 1995). Os autores explicam ainda que, a aplicação de silício forma uma camada de sílica abaixo da cutícula das células epidérmicas, que teriam a função de limitar a perda de água. Esta afirmação é concordante com Agarie et al. (1992), onde comentam que o melhor aproveitamento da água do solo proporcionado pelo silício se deve, provavelmente, à redução na evapotranspiração.

Para Korndörfer et al. (2003) a acumulação de silício nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de silício, a qual pela redução da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor, concordando assim com Faria (2000) ao afirmar que quanto maior o teor de Si na planta, maior a capacidade desta em tolerar a falta de água, e com Savant et al. (1999) ao afirmarem que as folhas de cana-de-açúcar ricas em silício podem, por meio da polimerização, preencher os espaços inter-fibrilares reduzindo assim o movimento da água através da parede celular, causando aumento da economia de água da planta pela diminuição da taxa de transpiração.

Outro benefício do silício nas plantas está na resistência destas às doenças, que pode ser aumentada através da alteração das respostas da planta ao ataque do parasita, aumentando a síntese de toxinas (fitoalexinas), que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes, e a formação de barreiras mecânicas (MARSCHNER, 1995). As fitoalexinas são moléculas pequenas produzidas *de novo* nas plantas, após ataque de microorganismos ou estresse, e têm por principal função aumentar a resistência da planta às doenças e aos insetos. Estas moléculas são, freqüentemente, tóxicas também ao hospedeiro, acumulando-se assim, em células mortas. A ação destes compostos ocorre quando estes se acumulam rapidamente, e em altas concentrações, no local de infecção, ocasionando a morte do patógeno (PAXTON, 1991; FOSKET, 1994). Vários flavonóides, produzidos em exsudatos de raízes de leguminosas, podem atuar como supressores para certos fungos patogênicos, sendo, portanto considerados fitoalexinas (DIXON, 1986; HARTWIG, 1994). Nas interações patógeno-planta, certos produtos finais da via de biossíntese dos (iso) flavonóides servem como fitoalexinas nas reações de defesa da planta.

Wagner (1940), observou pela primeira vez o modo de ação do Si em relação à redução da severidade de uma doença. Observou-se uma direta relação entre a quantidade de ácido silícico depositada nos sítios de infecção dos míldios e o grau de resistência da planta, onde se percebeu uma silicificação das células da epiderme, o que provocou um impedimento da penetração do tubo infectivo pelo silício, agindo assim, como uma barreira física, e fazendo com que uma menor porcentagem de esporos, germinado na epiderme foliar, obtivesse sucesso na penetração e posterior colonização.

Estas barreiras físicas, ou mecânicas, incluem mudanças na anatomia, como células epidérmicas mais grossas e um grau maior de lignificação e/ou silificação. Localizada na parede celular, a sílica amorfa ou "opala", tem efeitos notáveis sobre as propriedades físicas desta. A deposição e o acúmulo de Si nas células da camada epidérmica podem se constituir em uma barreira física efetiva à penetração da hifa (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

De acordo com Raven (1983) o Si incorporado à parede celular, teria um papel semelhante ao da lignina, que é um componente estrutural resistente à compressão, o que provoca melhoria na interceptação da luz solar, conseqüentemente da fotossíntese, devido a melhor arquitetura das plantas

supridas com grandes quantidades de silício, além do bloqueio no avanço de patógenos (FOSKET, 1994).

O silício nas células epidérmicas, além de constituir uma barreira física à penetração das hifas de fungos ou ataque de insetos, age também no tecido hospedeiro, afetando os sinais entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa da planta. Experimentos deste tipo foram realizados em plantas de pepineiros (SAMUELS et al., 1991; CHÉRIF et al. 1992a, b; CHÉRIF et al. 1994).

Uma hipótese relacionada ao mecanismo de defesa das plantas através do silício e compostos fenólicos, foi estabelecida por Koga et al. (1988), os quais observaram que estes compostos são liberados pela descompartimentação que se segue após a morte da célula, acumulando-se nas paredes das células mortas. Os compostos fenólicos formam complexos insolúveis com o silício, que se movem apoplásticamente na epiderme, devido ao transporte passivo no fluxo da transpiração.

Menzies et al. (1991) observaram que compostos fenólicos e silício acumulam-se nos sítios de infecção, no entanto a causa ainda não está bem esclarecida. Segundo estes autores o silício pode formar complexos com os compostos fenólicos e elevar a síntese e a mobilidade destes no apoplasto. Uma rápida deposição de compostos fenólicos ou lignina nos sítios de infecção é um mecanismo de defesa contra o ataque de patógenos, e a presença de silício solúvel facilita este mecanismo de resistência. Verificaram ainda que, a suplementação com 100 mg Kg⁻¹ de silício na solução nutritiva em pepineiros, provocou uma acentuada acumulação de material eletrodensso no tecido hospedeiro infectado por patógenos, com um aumento significativo de células preenchidas com este material.

Vários trabalhos sugerem ainda, que o silício esteja também envolvido no alongamento e/ou divisão celular da cultura da cana-de-açúcar. Elawad et al. (1982), em estudo de campo, observou que a altura das plantas era quadraticamente relacionada às doses de silício aplicada e o diâmetro dos talos era linearmente relacionado. Gascho (1978) cita que a aplicação da escória e silicato de sódio, na cana-de-açúcar cultivada em ambiente protegido (estufa), aumentou a altura das plantas, assim como outros trabalhos demonstraram que o silício pode aumentar o tamanho e o diâmetro dos colmos da cana-de-açúcar.

Khan e Roy (1964) desenvolveram um estudo que mostrou o efeito marcante do silício no crescimento e rendimento da juta (*Corchorus capsularis*), onde o tamanho da fibra (alongamento), a espessura e a relação comprimento/espessura foram significativamente melhoradas.

Plantas de morango, por serem classificadas como não acumuladoras de silício, são também consideradas pouco exigentes neste. Entretanto, Miyake e Takahashi (1978) citados por Korndörfer e Datnoff (2004), observaram sintomas de deficiência de silício em plantas de tomate que também são consideradas não acumuladoras.

Miyake e Takahashi (1983), ao avaliarem o efeito do silício no crescimento de plantas de pepino, detectaram que a aplicação de silicato promoveu o crescimento e o aumento na produção de pepinos, e também reduziu os danos causados por sódio. Ao término do estudo, durante um período de três anos, os autores concluíram que a quantidade total de frutos produzida era maior nas plantas onde o silício foi aplicado do que nas plantas onde ele foi omitido fato justificado pela presença de um maior número de plantas atacadas por oídio onde o silício foi omitido.

Embora o tomateiro não seja considerado uma planta acumuladora de Si, em experimentos realizados por Miyake e Takahashi (1978), a omissão desse elemento causou sintomas de deficiência que apareceram no estágio dos primeiros botões florais. O crescimento do tecido meristemático na região do topo foi diminuído e aquelas próximas ao ápice de plantas jovens mostraram deformações. As plantas deficientes em silício apresentaram redução na produção de matéria seca de raízes e folhas.

Werner e Roth (1983), observaram também formação anormal das folhas novas e uma falha de polinização com conseqüente não-formação de frutos em muitos casos, e com o passar do tempo, o sintoma foi intensificado.

Mais recentemente, Carvalho et al. (2002) avaliaram o desempenho de plantas de tomateiro adubadas com silifétil (0; 4; 8; 16g planta⁻¹), em condições de casa de vegetação. A produção máxima total e comercial de frutos foi observada na dose de 11,10 (2,8 ton ha⁻¹) e 11,19 g por planta de silifétil, respectivamente. Houve redução da podridão apical nos fruto de tomate com o aumento da dose de silício, provavelmente devido ao maior fornecimento de cálcio nos frutos, visto ser o silifétil uma boa fonte desse nutriente, além do que o silício

promove um uso mais eficiente da água, diminuindo a competição por Ca pela transpiração foliar.

Lana et al. (2002) não observaram resposta à aplicação de silicato de cálcio (0; 1,1; 2,2; 4,4; 8,8 g de silício vaso⁻¹) sobre a produtividade e variáveis de crescimento do tomateiro, cultivar “Débora Plus”. Os autores realizaram pulverizações semanais de cloreto de cálcio a 5% para suprir o cálcio via foliar, além de fornecerem nitrato de cálcio no substrato, mantendo altos níveis de cálcio em todos os tratamentos. As doses de silicato de cálcio aumentaram de forma quadrática o teor de silício na solução do solo; porém a variedade Débora Plus comportou-se como planta não acumuladora de silício.

O silício é considerado um constituinte mineral majoritário, pois a maioria das plantas terrestres o contêm em quantidades comparáveis aos macronutrientes (0,1 a 10%). Em culturas como arroz e cana-de-açúcar, o teor de silício pode se igualar ou se exceder ao do nitrogênio (EPSTEIN, 1995; RAFI et al., 1997). Culturas acumuladoras de silício, principalmente, são bastante beneficiadas com adubação a base deste elemento, particularmente em solos com alto grau de intemperização e dessilicatização, mantendo-se ou elevando-se assim, a sua produtividade.

Trabalhos de pesquisa que se propõem a demonstrar a essencialidade do Silício, tanto em animais como em vegetais, falham em descrever o mecanismo de ação deste elemento. No entanto, a diminuição na resistência a fatores estressantes, bióticos ou abióticos, poderá ocorrer quando a concentração do ácido silícico estiver abaixo de um limite crítico. Nestas condições, se as mudanças bioquímicas que se manifestam em uma planta são danosas a ela, então, pode-se definir a essencialidade do silício (EXLEY, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material e métodos utilizados para a instalação do experimento

3.3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em ambiente protegido (estufa plástica), na Escola Técnica de Ensino “Augusto Tortolero Araújo”, pertencente ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Sousa, no município de Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo, a 21°58'17” de latitude sul e 50°53'35” de longitude oeste de Greenwich, a 480 m de altitude.

O solo no qual foi instalado o experimento pertence a uma faixa de solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO e relevo plano. A análise do solo foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade Cantareira, Campus Belenzinho, São Paulo - Capital, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise do solo onde foi instalado o ensaio.

Amostra (int)	Amostra (lab)	PH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	Presina mg/dm ³	H+Al	K	Ca mmolc/dm ⁻³	Mg	SB	CTC	V%
1	AM 65	6,3	21	205	12	1,2	45	20	66	78	85
Amostra (int)	Amostra (lab)	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
1	AM 65	0,41	1,0	25	2	4,3					

3.2. Instalação e condução do experimento em ambiente protegido

O experimento foi conduzido entre os meses de Agosto de 2004 e Janeiro de 2005, utilizando-se as cultivares de tomate Carmen e Colibri. A semeadura do tomate ocorreu no dia 10 de agosto de 2004, sendo que as mudas foram produzidas sob ambiente protegido em bandejas de isopor com 128 células, contendo substrato BIOPLANT, utilizando-se uma semente por célula. No dia 15 de setembro de 2004 foi realizado o transplante das mudas para a estufa, com espaçamento de um 1 metro entre linhas e 60 centímetros entre plantas, que foram mantidas com duas hastes e tutoradas com cerca horizontal de arame simples.

Para a implantação do experimento, utilizou-se estufa modelo capela, com dimensões 6 metros de largura por 32 metros de comprimento. Foram feitos quatro canteiros de 80 centímetros de largura por 30 metros de comprimento. O experimento constou de oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 parcelas, cada uma delas contendo sete plantas. A adubação de plantio foi realizada com 5 Kg m⁻² de esterco de curral por canteiro.

A escória agrícola (siderúrgica) utilizada como fertilizante, e principal fonte de silício na forma de silicato de cálcio, foi doada pela Empresa Silifértil Ambiental Ltda, Belo Horizonte, Minas Gerais, de onde se obteve também sua respectiva composição química (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química da escória agrícola utilizada.

Elemento (média)	g kg ⁻¹	Elemento (média)	mg kg ⁻¹
Ca	400	Zn	6000
Mg	90	Cu	300
Si	220	B	150
Fe	16	Mo	100
Mn	29	Co	70
K	9		
P	10		
S	9		

Durante a condução do experimento foram realizadas, semanalmente, duas aplicações na forma de fertirrigação, dos seguintes compostos, nas respectivas dosagens: Nitrato de cálcio [Ca (No₃)₂] = 240 g, Nitrato de potássio (KNO₃) = 200 g e MAP = 48 g.

Estas dosagens foram diluídas em vinte litros de água para realização da fertirrigação. A primeira aplicação foi feita 20 dias após o transplantio das mudas, sendo repetida, semanalmente até a última colheita. Os

tratamentos fitossanitários foram realizados semanalmente, para prevenção de eventuais pragas e doenças de etiologia fúngica e/ou bacteriana.

Os dados foram analisados de acordo com o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 4: duas cultivares de tomate (Carmen e Colibri) e quatro doses de escória agrícola aplicadas por ocasião do transplântio (0, 100, 200 e 300 g parcela⁻¹), na forma de silicato de cálcio (Ca₂SiO₄). A Figura 1 representa a disposição das unidades experimentais.

Bloco1	Bloco2	Bloco3	Bloco4
T5	T8	T5	T1
T6	T1	T6	T7
T2	T7	T4	T8
T8	T5	T1	T3
T4	T6	T2	T5
T3	T4	T3	T2
T7	T3	T7	T6
T1	T2	T8	T4

Figura 1. Disposições das parcelas casualizadas e respectivos tratamentos.

Os tratamentos utilizados encontram-se descritos a seguir, conforme a Tabela 3. Os parâmetros avaliados para cada um dos tratamentos, por m² foram: número de frutos sadios, número de frutos doentes, número total de frutos, peso de frutos sadios, peso de frutos doentes e peso total de frutos (Kg). Com relação à presença de enfermidades, os sintomas verificados concentraram-se na presença ou ausência de podridão apical. As avaliações foram realizadas semanalmente, durante quatro semanas consecutivas, a partir de 90 dias após o transplântio das mudas. As quatro colheitas realizadas ocorreram nos dias 20 e 28 de dezembro de 2004 e 05 e 13 de janeiro de 2005. Na ocasião das colheitas foram realizadas contagens e pesagens dos frutos sadios e dos frutos doentes, para realizar-se análise da produção e da incidência de doenças em cada parcela. As avaliações sobre a incidência da podridão apical foram feitas a partir da observação da ocorrência de sintomas característicos.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio experimental.

Trat.	Combinações entre os níveis do fator Cultivar e níveis do fator Escória Siderúrgica
T1	Cultivar Carmen, sem aplicação de escória agrícola;

- T2 Cultivar Carmen, com aplicação de 100 g de escória agrícola no transplantio;
 - T3 Cultivar Carmen, com aplicação de 200 g de escória agrícola no transplantio;
 - T4 Cultivar Carmen, com aplicação de 300 g de escória agrícola no transplantio;
 - T5 Cultivar Colibri, sem aplicação de escória agrícola;
 - T6 Cultivar Carmen, com aplicação de 100 g de escória agrícola no transplantio;
 - T7 Cultivar Carmen, com aplicação de 200 g de escória agrícola no transplantio;
 - T8 Cultivar Carmen, com aplicação de 300 g de escória agrícola no transplantio;
-

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para auxílio em tais procedimentos, utilizou-se o Sistema de Análises Estatísticas – SANEST (ZONTA & MACHADO, 1984).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analisados serão apresentados em tabelas e gráficos, em função das características avaliadas. Primeiramente serão representados os quadrados médios e as respectivas significâncias pelo teste F, a 5% de probabilidade, para cada parâmetro analisado, como análise de variância resumida (Tabelas 4 e 8). Posteriormente, como se trata de análise em esquema fatorial, serão mostradas as médias que foram submetidas ao teste de Tukey, para o fator “cultivares” (qualitativo) e doses (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10) e a análise de regressão, com as respectivas equações, para o fator “doses” (quantitativo) ao mesmo nível de significância (Figuras 2 a 7).

4.1. Número de frutos sadios

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise estatística para o número de frutos sadios por m^2 , onde se verifica que houve significância estatística para todas as fontes de variação estudadas e que existe interação entre os fatores, ou seja, existe interferência de um fator sobre o outro (cultivar interfere nas fontes de silício estudadas e vice-versa) e que e que existe interação entre cultivares e doses, ou seja, existe interferência de um fator sobre o outro (cultivar interfere nas doses de escória agrícola estudadas e vice-versa).

Na análise das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, dados obtidos demonstram que os genótipos estudados apresentaram desempenho diferenciado quanto às doses de escória siderúrgica aplicadas (Tabela 5), com maior número de frutos sadios resultando na aplicação de 200 e 300 g de escória agrícola por m^2 , com utilização da cultivar Colibri. Estes resultados concordam com os dados obtidos por Kondörfer et al. (2003), onde tudo indica que, quanto mais silício a planta absorver, maiores serão os seus benefícios. Em comparação dos resultados obtidos com aqueles publicados por Carvalho et al. (2002), nota-se que houve tendência de redução da incidência de podridão apical nos frutos de tomate com o aumento das doses de escória agrícola, provavelmente devido ao maior fornecimento de cálcio nos frutos, visto ser o silifétil uma boa fonte desse nutriente, além do que este elemento promove uso mais eficiente da água, diminuindo a competição por cálcio pela transpiração foliar.

No caso deste fator quantitativo (doses), através da mesma tabela, observa-se que as doses crescentes originaram resultados significativamente diferentes sobre as cultivares, onde, de maneira geral, doses maiores culminaram em maior número de frutos sadios. Como média experimental geral, os resultados indicaram 24,41 frutos sadios por m², e coeficiente de variação experimental de aproximadamente 10,79%, o que indica precisão experimental (GOMES, 1984).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para número de frutos sadios, frutos doentes e número total de frutos por m² de duas cultivares de tomate submetidas a diferentes doses de escória agrícola (Paraguaçu Paulista/SP, 2006).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Frutos Sadios	Frutos Doentes	Total de Frutos
Blocos	3	-	-	-
Cultivares (C)	1	81,28*	75,03*	378,13*
Doses de Escória Agrícola (D)	3	1150,28*	16,51*	2586,92*
Cultivares x Doses (C x D)	3	88,44*	4,14*	109,38*
Resíduo	21	6,93	19,65	26,65
C.V (%)		10,79	11,97	8,40

* Significativo a 5% de probabilidade.

A Figura 2 representa o número de frutos sadios por m², em função da aplicação de doses crescentes de escória agrícola. Após a análise de regressão à que foram submetidos os dados, verifica-se que a regressão linear explica o comportamento da cultivar Colibri, confirmando a hipótese de que quanto mais escória agrícola for aplicada, maior o número de frutos sadios ($R^2 = 0,9716$). Já para a cultivar Carmen, o melhor ajuste foi obtido pela regressão polinomial quadrática, com coeficiente de correlação de aproximadamente 0,9731.

Tabela 5. Médias para a variável número de frutos sadios por m² provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).

Doses de escória agrícola	Cultivares	
	Colibrí	Carmen
0 g	6,25 d B ^{1/}	10,25 c A
100 g	23,75 c A	23,50 b A
200 g	31,75 b A	26,75 b B
300 g	42,25 a A	30,75 a B

Média Geral = 24,41.

D.M.S (5%) para Cultivares = 1,94.

D.M.S (5%) para Doses de Escória Agrícola = 3,67.

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

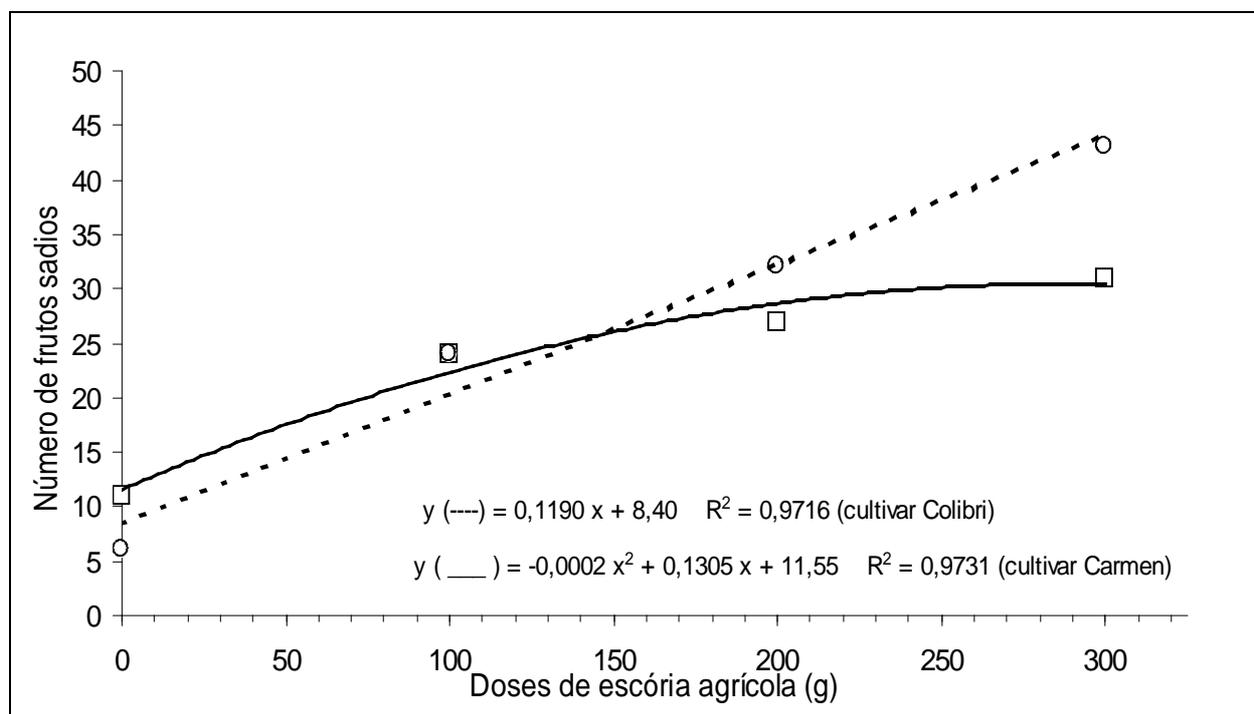


Figura 2. Número de frutos sadios por m², em função das doses de escória agrícola aplicadas e respectivas equações de regressão.

4.2. Número de frutos doentes

Na avaliação do número de frutos doentes, feita pelo teste F a 5% de probabilidade, a análise de variância resumida (Tabela 4), aponta resultados semelhantes àqueles obtidos para o número de frutos sadios, ou seja, ocorreu significância estatística para todas as fontes de variação em estudo, inclusive para a interação cultivares x doses de escória agrícola, novamente confirmando a influência de um fator sobre o outro.

A Tabela 6 contempla o desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola utilizadas, onde se observa que os dois genótipos comportaram-se de maneira semelhante às diferentes formas de aplicação do produto. O maior número de frutos doentes, para ambas as cultivares, foi obtido mediante a utilização de 200 g de escória siderúrgica parcela⁻¹, diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação. Lana et al. (2002) não observaram

resposta à aplicação de silicato de cálcio (0; 1,1; 2,2; 4,4; 8,8 g de Si. Vaso⁻¹) sobre a produtividade e variáveis de crescimento do tomateiro (“Débora Plus”).

Tabela 6. Médias para a variável número de frutos doentes por m² provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).

Doses de escória agrícola	Cultivares	
	Colibrí	Carmen
0 g	28,75 b A ^{1/}	27,75 b A
100 g	43,00 a A	30,50 b B
200 g	43,00 a A	42,75 a A
300 g	39,50 a A	41,00 a A

Média Geral = 37,03.

D.M.S (5%) para Cultivares = 3,26.

D.M.S (5%) para Doses de Escória Agrícola = 6,18.

^{1/}Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na análise específica do fator quantitativo, a Figura 3 representa o número de frutos doentes por m², em função das doses crescentes de escória

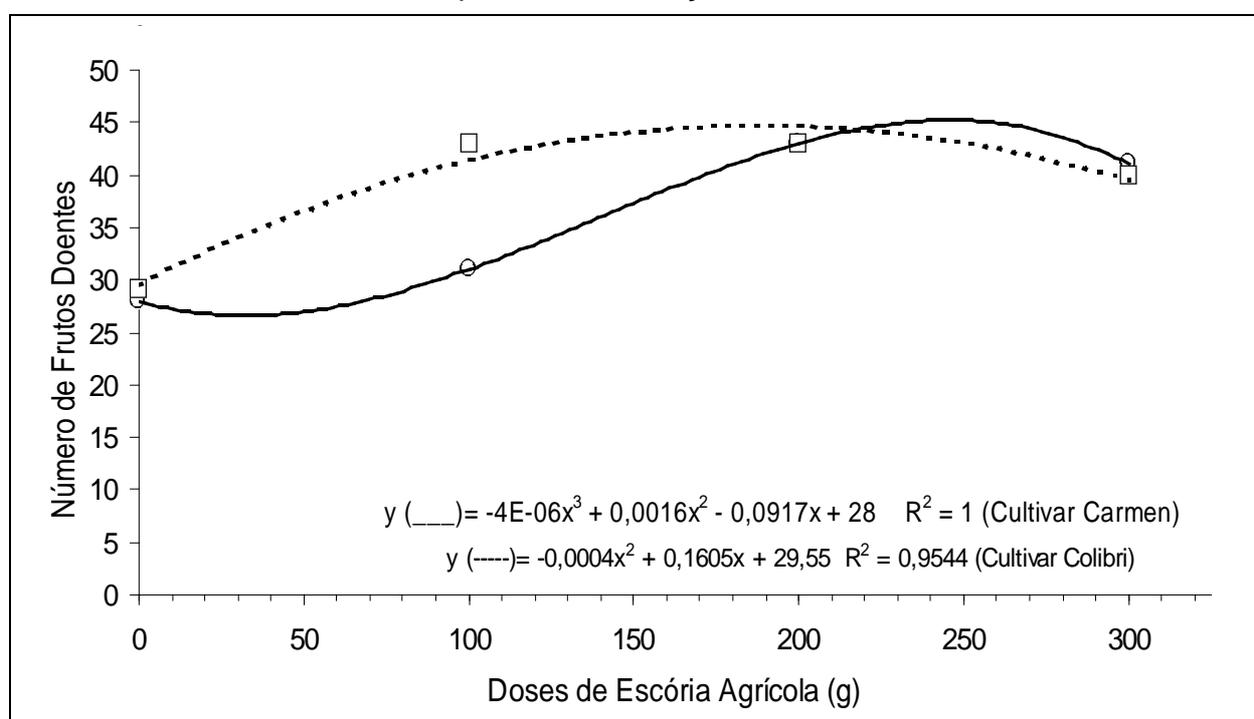


Figura 3. Número de frutos doentes por m², em função das doses de escória agrícola aplicadas e respectivas equações de regressão.

As cultivares Carmen e Colibri apresentaram comportamento semelhante para a variável em questão. A relação existente entre o número de

frutos doentes e as doses do produto aplicadas foi explicada por uma equação polinomial para o genótipo Carmen ($R^2 = 1$) e quadrática no caso do genótipo Colibri, com coeficiente de correlação $R^2 = 0,9544$. Com relação ao genótipo Carmen, maior número de frutos doentes pôde ser observado para uma dose de escória siderúrgica equivalente a 250 g parcela⁻¹, enquanto para a cultivar Colibri a mesma situação ocorreu com doses menores (aproximadamente 190 g parcela⁻¹).

4.3. Número total de frutos

Na análise de variância resumida para a avaliação do número total de frutos (Tabela 4), foram observadas diferenças estatísticas, a 5% de probabilidade tanto para o fator qualitativo “cultivares”, quanto para as doses de escória agrícola. A fonte de variação determinada pela interação “cultivares e doses de escória agrícola” foi também significativa, demonstrando novamente a interdependência dos fatores analisados. O coeficiente de variação experimental foi o de menor magnitude (8,40%), expressando confiabilidade dos dados obtidos (GOMES, 1984), uma vez que esta variável analisada é quantitativa e altamente influenciada pelo componente ambiental.

A Tabela 7 apresenta a análise das médias provenientes das quatro repetições para os dois fatores em estudo. Para o caso de caráter qualitativo (cultivares), maior número de frutos total por m² foi obtido com a utilização da cultivar Colibri, para todas as doses utilizadas, com exceção da testemunha sem aplicação, onde não se observou diferença estatística entre os genótipos.

Com relação às doses de escória agrícola, as cultivares apresentaram comportamento semelhante, com maior número de frutos tendo sido observado para as doses de 200 e 300 g parcela⁻¹, diferindo estatisticamente da dose 100 e testemunha.

Tabela 7. Médias para a variável número de frutos total por m² provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).

Doses de escória agrícola	Cultivares	
	Colibrí	Carmen
0 g	35,00 c A ^{1/}	38,00 c A

100 g	67,75 b A	53,50 b B
200 g	75,25 a A	69,25 a B
300 g	81,75 a A	71,50 a B
Média Geral = 61,50.		

D.M.S (5%) para Cultivares = 3,79.

D.M.S (5%) para Doses de Escória Agrícola = 7,20.

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos a partir do desdobramento dos fatores podem ser confirmados pela observação da Figura 4. A partir desta representação, nota-se tendência de aumento no número total de frutos, a medida que crescem as doses de escória agrícola aplicadas, com tendência a decréscimo caso a quantidade do produto fosse aumentando ainda mais (acima de 300 g parcela⁻¹). Esta relação pode ser explicada, para ambas as cultivares, através de equações com magnitudes quadráticas, com coeficientes de correlação bastante expressivos.

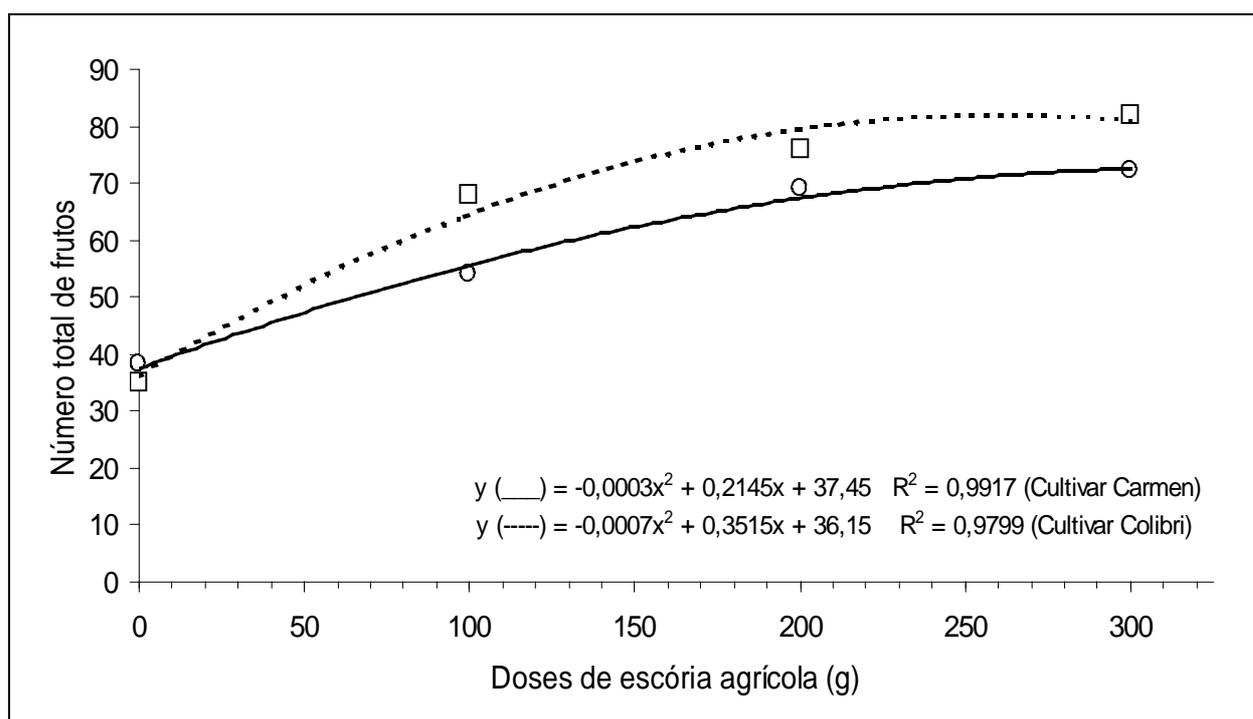


Figura 4. Número total de frutos por m², em função das doses de escória agrícola aplicadas e respectivas equações de regressão.

Ao avaliar-se a média do número total de frutos, está se avaliando a produtividade da cultura. Assim, percebe-se que a aplicação da escória agrícola

foi significativamente compensatória em relação à ausência do produto (testemunha), confirmando assim os estudos realizados por Silva (1973) e Elawad Jr. e Green (1979), sobre o aumento da produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo) e algumas espécies não gramíneas, como alfafa, feijão, tomate, alface e repolho, com o aumento da disponibilidade de silício no solo, elemento este presente no produto siderúrgico utilizado.

Os dados aqui obtidos também podem ser comprovadas por Miyake e Takahashi (1978), onde os autores observaram aumento do número de frutos de tomateiro com a aplicação de silício, provavelmente devido ao efeito deste elemento na fertilidade do grão de pólen. Dessa forma, mesmo o tomateiro não sendo considerado como espécie acumuladora e que responde a aplicação de silício, Miyake e Takahashi (1978), observaram que a omissão deste elemento causou sintomas de deficiência na cultura, que apareceram no estágio de emissão dos primeiros botões florais.

Comparando-se a Tabela 6 (médias da variável número de frutos doentes) e a Tabela 7 (médias da variável número total de frutos), verifica-se que tanto o número de frutos doentes quanto o número total de frutos cresceu com o aumento das fontes de silício, discordando dos resultados obtidos por Korndörfer et al. (2003), citados na avaliação de frutos sadios. A mesma discordância pode ser relacionada aos estudos conduzidos por Savant et al., (1999), ao afirmarem que com a aplicação do silício, tem-se o aumento na resistência de plantas de arroz a estresses bióticos (doenças e pragas) e abióticos (seca, salinidade e acamamento), sendo a seca e a falta de água, algumas das causadoras da podridão apical (ALVARENGA, 2004). Este fato pode ainda ser confirmado por Marschner (1995) e Takahashi (1995), ao citarem que o silício forma uma camada abaixo da cutícula das células epidérmicas, que tem função de limitar a perda de água. Vale ressaltar que a escória siderúrgica utilizada neste trabalho é constituída de vários elementos químicos (Tabela 2), o que pode ter influenciado nos resultados obtidos, onde verifica-se aumento do número de frutos sadios, doentes e número total, a medida que incrementa-se a dose de escória aplicada.

Estes resultados discordam daqueles obtidos por Agarie et al. (1992), onde o melhor aproveitamento da água do solo proporcionado pelo Si, deve-se, provavelmente, à redução na evapotranspiração. Este fenômeno da evapotranspiração é um concorrente da planta pela concentração de Ca e a falta

de Ca nos frutos, que pode ser originada da própria deficiência do elemento no meio ou induzida por outros fatores, como a umidade do solo, disponibilidade elevada de N, K, Mg e Na, uso de fontes amoniacais, intensidade de transpiração foliar e cultivar, é o responsável pela podridão apical (ALVARENGA, 2004).

4.4. Peso de frutos sadios

Na análise de variância resumida para a característica peso de frutos sadios (Kg m^{-2}), apresentada na Tabela 8, constatou-se diferença significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade, para todas as fontes de variação estudadas. Este fato indica que houve comportamento diferenciado para ambos os genótipos, para as doses de escória agrícola e que existe influência dos níveis de um fator sobre o outro (interação cultivares x doses de escória agrícola foi significativa). Este parâmetro pode ser utilizado na inferência da produtividade do experimento, que culminou em média geral 3,19 kg de frutos sadios por m^2 (Tabela 9).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para produtividade de frutos sadios, frutos doentes e totais de frutos (Kg m^{-2}) de duas cultivares de tomate submetidas a diferentes doses de escória agrícola (Paraguaçu Paulista/SP, 2006).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Frutos Sadios	Frutos Doentes	Total de Frutos
Blocos	3	-	-	-
Cultivares (C)	1	2,00*	1,53*	0,20 ^{NS}
Doses de Escória Agrícola (D)	3	30,88*	66,86*	6,38*
Cultivares x Doses (C x D)	3	1,92*	1,61*	1,92*
Resíduo	21	0,28	0,48	0,49
C.V (%)		16,59	8,53	15,41

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{NS} = Não significativo.

Ao proceder-se o desdobramento das médias para os dois fatores em estudo (Tabela 9), observa-se que os maiores valores para a produtividade de frutos sadios foram obtidos para a cultivar Colibri, apesar da mesma não diferir significativamente da Cultivar Carmen, para a dose de escória agrícola de 100g parcela⁻¹, e apresentar resultado inferior quando não houve aplicação do produto. Estes dados revelam tendência de que, para a aplicação da escória agrícola,

resultados favoráveis para a produtividade de frutos sadios, podem ser alcançados com doses mais elevadas deste produto, com a utilização da cultivar Colibri.

A Figura 5 representa a análise de regressão para os fatores cultivares e doses de escória agrícola. Os genótipos comportaram-se de maneira semelhante, ocorrendo aumento linear do número de frutos sadios parcela⁻¹, a medida que adicionam-se doses maiores de escória agrícola, com maiores produtividades tendo sido obtidas para a cultivar Colibri, corroborando a aplicação do teste de média utilizado.

Tabela 9. Médias para a produtividade de frutos sadios (Kg m⁻²) provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).

Doses de escória agrícola	Cultivares	
	Colibrí	Carmen
0 g	0,25 d B ^{1/}	1,00 d A
100 g	3,00 c A	2,75 c A
200 g	4,50 b A	3,50 b B
300 g	6,00 a A	4,50 a B

Média Geral = 3,19.

D.M.S (5%) para Cultivares = 0,39.

D.M.S (5%) para Doses de Escória Agrícola = 0,74.

^{1/}Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

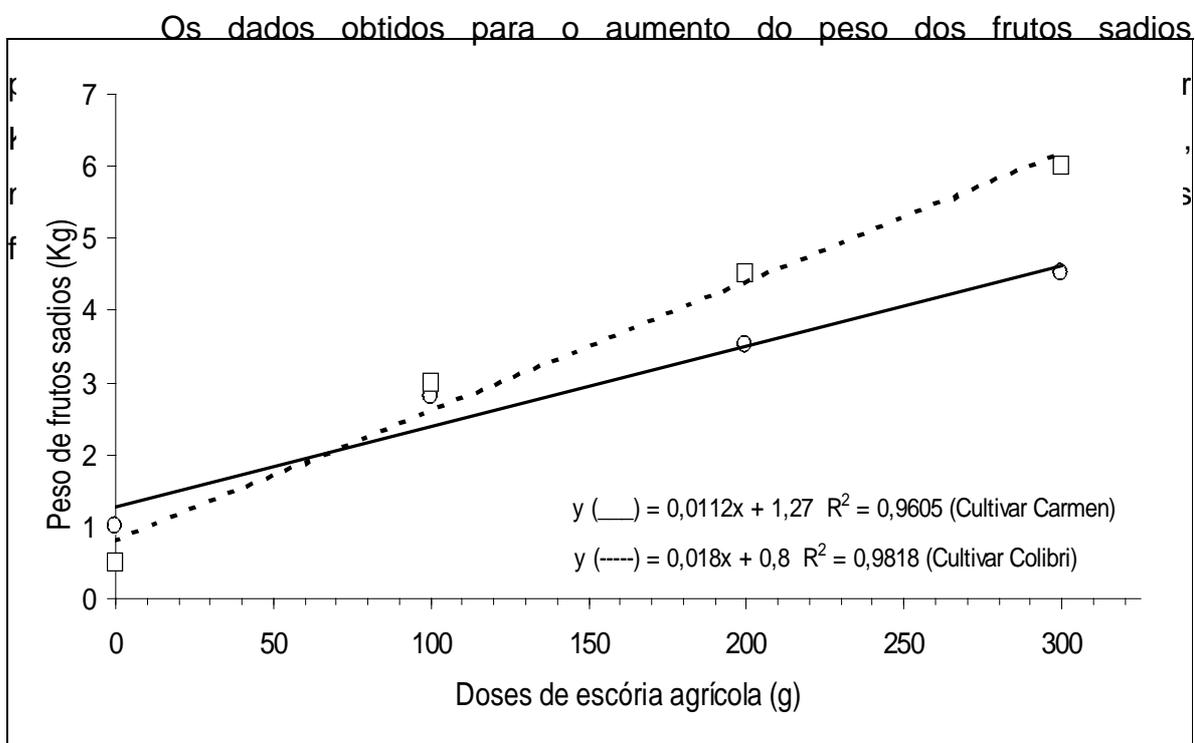


Figura 5. Peso de frutos sadios (Kg m⁻²), em função das doses de escória agrícola aplicadas e respectivas equações de regressão.

4.5. Peso de frutos doentes

Com relação à característica peso de frutos doentes (Kg m⁻²), (Tabela 8), os dados obtidos demonstram que houve significância estatística para todas as fontes de variação analisadas: cultivares, doses de escória agrícola e interação entre ambos os fatores, a 5% de probabilidade.

A Tabela 10 contempla os valores médios provenientes das quatro repetições, e em comparação à produtividade média de frutos sadios, observa-se que houve maior ocorrência de frutos doentes (4,56 Kg m⁻²). Maior incidência de frutos doentes ocorreu com a aplicação de 100 e 200 g parcela⁻¹ para a cultivar Colibrí e 200 e 300 g parcela⁻¹ para a cultivar Carmen, com diferença significativa em relação à testemunha, para ambos os genótipos. Pode-se inferir que com o aumento das doses de escória agrícola, aumenta-se a produtividade de frutos sadios, entretanto observa-se também, aumento da quantidade de frutos doentes.

Tabela 10. Médias para a produtividade de frutos doentes (Kg m⁻²) provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).

Doses de escória agrícola	Cultivares	
	Colibrí	Carmen
0 g	3,50 b A ^{1/}	3,25 b A
100 g	5,00 a A	3,75 b B
200 g	5,00 a A	5,50 a A
300 g	4,75 a B	5,75 a A

Média Geral = 4,56.

D.M.S (5%) para Cultivares = 0,52.

D.M.S (5%) para Doses de Escória Agrícola = 0,97.

^{1/}Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esta diferença observada entre as médias das doses de escória agrícola e a testemunha, discorda dos dados obtidos por Savant et al. (1997b), ao afirmarem que com a aplicação de silício, ocorre aumento na resistência de plantas de arroz a estresses bióticos (incidência de pragas e doenças) e abióticos (seca, salinidade e acamamento). Ressalta-se que a podridão apical é uma doença abiótica, que ocorre em razão da deficiência de cálcio nos frutos, o que pode ser atribuído à deficiência do elemento no meio, ou induzida por outros fatores como salinidade do solo e intensidade de transpiração foliar, de acordo com Alvarenga (2004).

A Figura 6 representa análise estatística para o fator doses de escória agrícola, de forma quantitativa através da análise de regressão. Observa-se que para a cultivar Carmen, o comportamento é ajustado à equação exponencial, indicando acréscimo do número de frutos doentes a medida que aumentam as doses de escória agrícola, com tendência à diminuição após aplicação de aproximadamente 260 g parcela⁻¹.

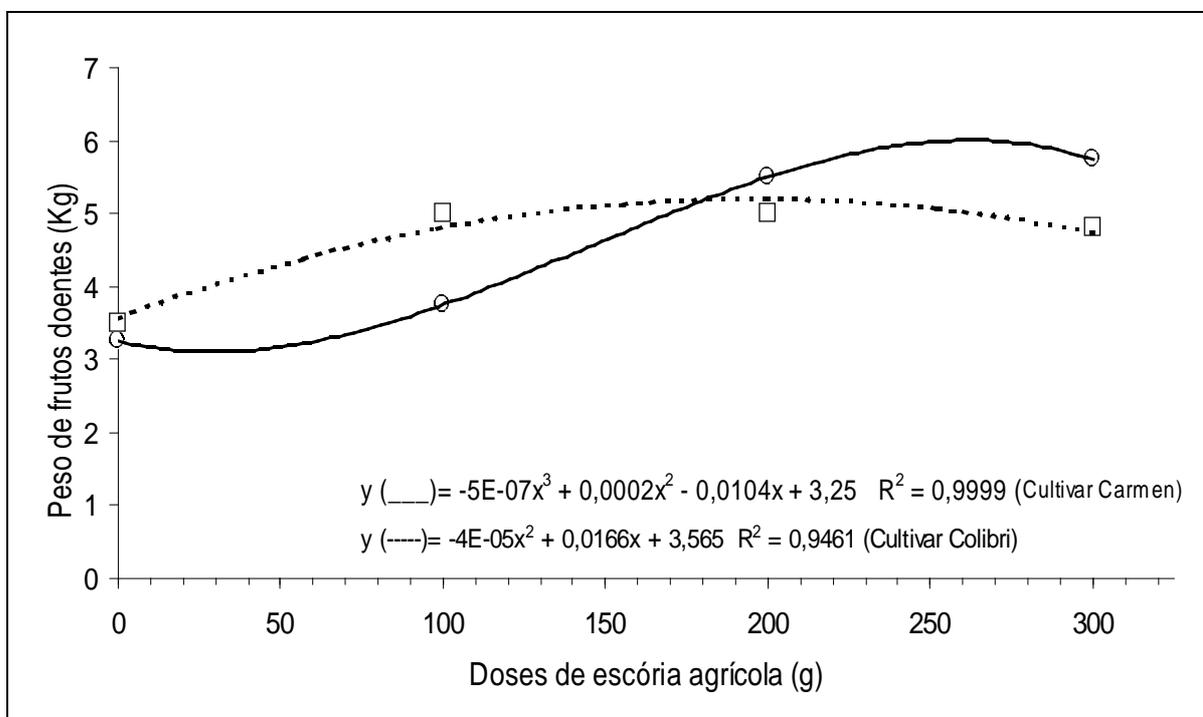


Figura 6. Peso de frutos doentes (Kg m⁻²), em função das doses de escória agrícola aplicadas e respectivas equações de regressão.

Para a cultivar Colibri, os dados ajustaram-se à equação de magnitude quadrática, seguindo a mesma tendência de diminuição do número de frutos

doentes conforme aumenta-se as doses de escória agrícola, entretanto, tal diminuição pode ser observada com início em doses inferiores (190 g parcela⁻¹), em comparação à cultivar Carmen.

Considerando-se a transpiração foliar (evapotranspiração) como um dos fatores causadores de deficiência de cálcio na planta, deve-se citar Marschner (1995) e Takahashi (1995), com relação aos trabalhos realizados sobre a formação de uma camada abaixo da cutícula das células epidérmicas, com a aplicação de silício, o que teria função de limitar a perda de água. Vale lembrar que o produto utilizado é constituído por outros elementos químicos que, diferentemente do silício podem ter induzido ao aumento na incidência da podridão apical, diferentemente do estudo conduzido por Lana et al. (2002), quando os autores não observaram resposta à aplicação de silicato de cálcio isolado, em doses crescentes, sobre a produtividade, componentes de produção e incidência de doenças do tomateiro, cultivar “Débora Plus”.

4.6. Peso total de frutos

Para a avaliação da característica peso total de frutos (Kg m⁻²), os dados que originaram a análise de variância resumida (Tabela 8), expressam significância estatística para as fontes de variação doses de escória agrícola e interação cultivares x doses. Tais resultados indicam que ambos os genótipos comportaram-se semelhantemente à aplicação das doses do produto químico, com diferenças para as diferentes doses e influência de um fator sobre o outro (interação significativa). O coeficiente de variação experimental de 14,51% expressa a precisão dos dados coletados (GOMES, 1984), uma vez que a variável analisada (peso total de frutos) é quantitativa e altamente influenciada pelo ambiente.

Com relação à análise conjunta (desdobramento de médias) para este mesmo parâmetro (Tabela 11), observa-se que apesar da não significância apontada pelo teste F, a 5% probabilidade, os genótipos apresentaram diferença significativa, exceto para a dose de 300 g parcela⁻¹. Com exceção da testemunha, sem aplicação de escória agrícola, para a produtividade total de frutos, melhores respostas foram obtidas para a cultivar Colibri, com a aplicação de 200 e 300 g

parcela⁻¹ de escória agrícola. Para o genótipo Carmen, houve diferença entre os quatro níveis do produto aplicado, com maior peso total de frutos sendo resultante da aplicação de 300 g parcela⁻¹.

A Figura 7 representa a análise quantitativa dos dados obtidos para a característica produtividade total de frutos (Kg m⁻²).

Tabela 11. Médias para a produtividade total de frutos (Kg m⁻²) provenientes do desdobramento dos fatores cultivares e doses de escória agrícola (g) (Médias Originais – quatro repetições).

Doses de escória agrícola	Cultivares	
	Colibrí	Carmen
0 g	4,00 c B ^{1/}	4,75 d A
100 g	8,00 b A	7,00 c B
200 g	10,50 a A	9,25 b B
300 g	11,00 a A	10,75 a A

Média Geral = 8,16.

D.M.S (5%) para Cultivares = 0,51.

D.M.S (5%) para Doses de Escória Agrícola = 0,97.

^{1/}Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

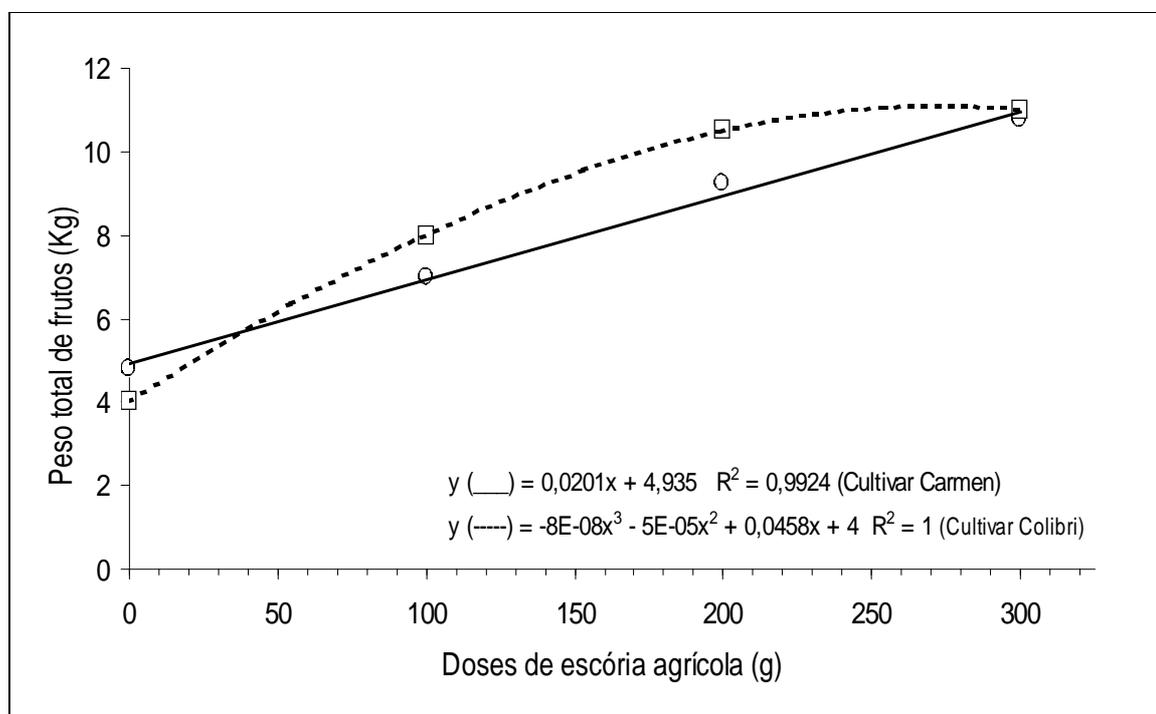


Figura 7. Peso total de frutos (Kg m⁻²), em função das doses de escória agrícola aplicadas e respectivas equações de regressão.

A análise de regressão efetuada demonstrou que, para a cultivar Carmen, existe relação linear e crescente para o aumento do peso total de frutos

(Kg m⁻²), em relação às doses de escória agrícola ($R^2 = 0,9924$), com produtividade máxima tendo sido obtida para aplicação de 300 g parcela⁻¹. Na análise da cultivar Colibri, os dados tiveram ajuste polinomial, com tendência à diminuição do peso total de frutos, a partir de aproximadamente, 260 g parcela⁻¹.

Demonstrou-se aqui, como também na média do número total de frutos por parcela, que a produtividade do tomateiro aumentou, conforme houve acréscimo da disponibilidade de silício no solo, confirmando mais uma vez estudos realizados por Silva (1973) e Elawad Jr. e Green (1979).

Através das avaliações das cultivares quanto ao número de frutos sadios, número de frutos doentes, número total de frutos, peso de frutos sadios, peso de frutos doentes e peso total de frutos, reafirmam-se as citações de Lopes e Santos (1994) e Alvarenga (2004), quanto à relação entre a suscetibilidade à podridão apical e a cultivar, onde as cultivares de frutos alongados (tipo italiano ou saladete), são mais sensíveis (grupo a qual pertence a cultivar Colibri), e esta doença ocorre devido à deficiência de Ca nos frutos que pode ser originada da própria deficiência do elemento no meio ou induzida por outros fatores, como a imunidade do solo, disponibilidade de N, K, Mg e Na, uso de fontes amoniacais, intensidade de transpiração foliar e cultivar (ALVARENGA, 2004).

A cultivar mais suscetível vai se beneficiar mais com a aplicação do silicato (escórias), já que estes irão fornecer cálcio para o solo (PIAU, 1995), além de diminuir a evapotranspiração, fazendo com que a planta tenha um melhor aproveitamento do solo (AGARIE et al., 1992), além do aumento radicular (CAIRES et al., 2001), o que proporciona melhor aproveitamento hídrico e nutricional do solo.

Entre os níveis do fator doses de escória agrícola, que forneceram elementos químicos, de alguma forma e momento, ocorreram diferenças significativas, ocorrendo aumento médio no peso dos frutos sadios com o aumento das aplicações de escória siderúrgica, demonstrando concordância com Korndörfer et al. (2003), ao citarem que quanto mais silício a planta absorver, maiores serão seus benefícios, bem como com Carvalho et al. (2002) que mencionam redução da podridão apical devido à aplicação de silício.

Na avaliação do número total de frutos, demonstra-se mais uma vez que, a aplicação de escória agrícola promove o aumento da disponibilidade de silício no solo e com isso, o aumento da produtividade, conforme observado em trabalhos conduzidos por Silva (1973) e Elawad Jr. e Green (1979). Citam-se também os dados obtidos por Miyake e Takahashi (1978), sobre o aumento do número de frutos do tomateiro, provavelmente devido à interferência do silício na fertilidade do grão de pólen. Portanto, pode-se inferir para ambas as cultivares que, ocorre aumento da produtividade do tomateiro em função do aumento na disponibilidade de silício no solo, ainda que na forma de escória agrícola (SILVA, 1973; ELAWAD JR. & GREEN, 1979).

a a variável número total de frutos por parcela provenientes do

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que os dados foram obtidos, conclui-se que:

- A utilização de escória agrícola, rica em silicato de cálcio, resultou em aumento da produtividade de frutos de tomate, cultivares Carmen e Colibri;
- A aplicação da escória agrícola culminou em aumento da incidência de frutos com podridão apical, com tendência à diminuição a partir da utilização de aproximadamente 250 g parcela⁻¹, para ambas as cultivares;
- Os resultados benéficos obtidos foram proporcionais à quantidade de escória agrícola aplicada;
- A cultivar Colibri (tipo italiano ou saladete), apresentou melhores resultados com relação às aplicações de escória agrícola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARIE, S.; AGATA, W.; KUBOTA, F.; KAUFFMANN, P.B. 1992. Physiological Roles of Silicon in Photosynthesis and Dry Matter Production in Rice Plants. I. Effects of Silicon and Shading Treatments. **Japanese Journal of Crop Science**, v.61, n.2, p.200-206.

AGRIANUAL. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2005. 324p.

ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. Boletim Técnico, n. 6, 1992. 26 p.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302p.

AMARAL SOBRINHO et al. Aplicação de resíduo siderúrgico em Latossolo: efeitos na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, p. 229-304, 1993.

ANDERSON, D.L; BOWER, J.E. **Nutrição da cana-de açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 1992. 40 p.

ANDERSON, D.L.; JONES, D.B. & SNYDER, G.H. Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades. **Histosols Agronomy Journal**. 79: 531-535, 1987.

BALASTRA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, P. Effects of silica level on some properties of *Oryza sativa* straw and hult. **Canadian Journal of Botany**, v.67, p.2356-2563, 1989.

BARBOSA FILHO et al. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 325-330, 2001.

BIRCHALL, J.D. The essentiality of silicon in biology. **Chemical Society Reviews**, v.24, p. 351-357, 1995.

BRADY, N.C. **The nature and properties of soil**. 10. ed. New York: Macmillan Publishing, 1992.

CAIRES, E. F.; et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.1029-1040, 2001.

CARVALHO, J.C. Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função de escórias de siderurgia como fonte de silício. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2000. 119 p (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

CARVALHO, R. et al. Interações Silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, BRASÍLIA, v. 36, n. 3, p. 557-565, 2002.

CHÉRIF, M., ASSELIN, A. & BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology** 84, p. 236-242, 1994.

CHÉRIF, M. et al. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiology Molecular and Plant Pathology**. 41, p. 371-385, 1992a.

CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G. & BÉLANGER, R.R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiology Molecular and Plant Pathology**. v.41, p. 411-425, 1992b.

COLHOUM, J. Effects of environmental factors on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 11, p. 343-364, 1973.

DATNOFF, L. et al. Effect of calcium silicate slag on blast and brown spot intensities and yield of rice. **Plant Disease**, 75:729-732, 1991.

DEREN, C.W.; GLAZ, B & SNYDER, G.H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane genotypes grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.11, p. 2273-2280, 1993.

DIXON, R. A. The phytoalexin response: elicitation, signaling and control of host gene expression. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.61, p.239-291, 1986.

ELAWAD, S.H.; STREET, J.J. & GASCHO, G. J. Response of sugarcane to silicate source: and rate. I. Growth and yield. **Agronomy Journal**. v.74, n.3, p.481-484, 1982.

ELAWAD JR., S.H. & GREEN, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL RISO**, v.28, p.235-253, 1979.

EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 37-39, 1995.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 91, p. 11-17, 1994.

EXLEY, C. Silicon in life: a bioinorganic solution to bioorganic essentiality. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 69, p.139-144, 1998.

FARIA, R. J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa. UFV, 2000, p. 194-195.

FIRME, D.J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia com fosfato natural**. 54 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. da. Doenças e pragas: é seguro comer tomate? In: _____ . **Produção de Tomate de Mesa, p.97-129, 2002**.

FOSKET, D. E. **Plant growth and development: a molecular approach**. San Diego: Academic Press, 1994. 580p.

FRIESEN, D.K. et al. **Silicon deficiency of upland rice on highly weathered savanna soils in Colombia. I. Evidence of a major yield constraint**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E PARA O CARIBE, 9., Goiânia, 1994.

GASCHO, G.J. Response of sugarcane to calcium silicate slag I. Mechanism of response in Florida. **Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla.** v.37, p.55-58, 1978.

GOMES, F.P. **A Estatística Moderna na Pesquisa Agropecuária**. Piracicaba: Potafós, 1984. 160p.

HARTWIG, E.E. Registration of near isogenic soybean germoplasm lines D68-0099 and D68-0102, differing in ability to form modules. **Crop Science**, v.34, n.3, p.822, 1994.

HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL & COWLING, E.B. **Plant Pathology and advanced treatise**. New York: Academic Press, v. 5, p.381-406, 1980.

KHAN, D.H. & ROY, A.C. Growth, P-uptake and fiber cell dimensions of jute plants affected by silicate treatment. **Plant Soil**. v.20, p.331-336, 1964.

KOGA, H. et al. Hypersensitive cell death, autofluorescence and insoluble silicon accumulation in barley leaf epidermal cells under attack by *Erysiphe graminis* f. sp. *Hordei*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.32, n.3, p.395-409, 1988.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L. E. **Efeito do Silício no Crescimento e Produtividade das Culturas**. 2004. Disponível em: <<http://www.dvp24.iciag.ufu.br/Silicio/Efeitos/Efeitos.htm>>. Acesso em 25 de abril de 2004.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. Boletim Técnico n.1 – 2. ed. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias – Uberlândia, MG, 2003.

KORNDÖRFER, G.H.; GASCHO, G.J. **Avaliação de fontes de silício para o arroz**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 01, Pelotas, 1999. Anais: Pelotas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p. 313-316, 1999.

KONDÖRFER, G.H. et al. **Silício na Agricultura reduz pragas e doenças.** Ciência Aplicada, C&T, Agência Estado, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, n. 70, p. 01-03, 1995.

LANA, R. M. Q. et al. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade de silício no tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.399, jul. 2002. Suplemento 2.

LOPES, C. A; SANTOS, J.R.M. dos. **Doenças do tomateiro.** Brasília: EMBRAPA – CNPH: EMBRAPA, 1994. 61p.

LOUSADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo.** 52 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. New York: Academy Press, 1995. 887 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** New York: Academic Press, 1986. 674 p.

MATYCHENKOV, V.V.; PINSKLY, D.L.; BOCHARNIKOVA, Y.A. Influence of mechanical compaction of soils on the state and form of available silicon. **Eurasian Soil Science**, v. 27, n. 12, p.58-67, 1995.

MENZIES, J.G. et al. Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fugilinea* on *Cucumis sativus*. **Phytopathology**. v.81, p.84-88, 1991.

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

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.

NOVAIS, P. et al. **Eficiência agrônômica de escórias da siderúrgica Pains**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993.

PAXTON, J. D. Assays for antifungal activity. **Methods in Plant Biochemistry**, v.6, p.33-46, 1991.

PIAU, W. C. **Efeito de escória de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F.M.; NATALE W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil: estudo na cultura de cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 2001. 67p.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F. M. Efeito de escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1199-1204, 2001a.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Resposta da Cana-de-Açúcar à aplicação da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25: 199-207, 2001b.

RAFI, M.M.; EPSTEIN, E.; FALK, R.H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.151, p.497-501, 1997.

RAIJ, B. van; CAMARGO O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v. 32, p. 223-236, 1973.

RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.58, p.179-207, 1983.

SAMUELS, A.L. et al. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**. v.14, p.485-492, 1991.

SASAKI, J. L. S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve flor, pimentão e tomate). In: SÁ, E. de.; BUZZTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.331-343.

SAVANT, N. K. et al. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. *Journal of Plant Nutrition*. New York, v. 12, n. 22, p. 1853-1903, 1999.

SILVA, E. C.; ALVARENGA, M. A. R.; CARVALHO, J. G. de. Influência de níveis de N e K₂O na produção e incidência de podridão apical em frutos de tomateiro podado e adensado. In: CONGRESSO DA PÓS GRADUAÇÃO – ESAL, 6., 1993, Lavras. **Anais...** Lavras: APG/CPG/ESAL, 1993, p.147-148.

SILVA, J.A. **Plant, mineral nutrition**: Yearbook of Science and technology. Mc Graw-Hill Book, 1973.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K; ISHII, R; ISHIHARA, K.; HIRATA, H (Ed.). **Science of the rice plant**: physiology. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center, cap.5, p.420-433, 1995.

WAGNER, F. Die Bedeutung der Kieselsäure für das Wachstum einiger Kulturpflanzen, ihren Nährstoffhaushalt und ihre Anfälligkeit gegen echte Mehltaupilze. **Phytopathol. Z.** v.12, p.427-479, 1940.

WALLACE, A. Relationships among nitrogen, silicon, and heavy metal uptake by plants. **Soil Science**, v.147, p.457-460, 1989.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: LÄUCHLI, A; BIELESKI, R.L (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology. New Series**, Berlin: Springer-Verlag, v. 15b, p. 682-694, 1983.

WINSLOW, M.D. Silicon, disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, v.32, p.1208-1213, 1992.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.8, p.15-21, 1962.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – SANEST**. Pelotas: UFPel, 1984. 56p.