

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**QUANTIFICAÇÃO DE SILÍCIO DISPONÍVEL EM SOLO SOB LARANJEIRAS E  
SUA RELAÇÃO COM O DECLÍNIO**

**WAGNER BRAGANTE**

Monografia apresentada ao Curso de  
Agronomia, na Universidade Federal  
de Uberlândia, para obtenção do grau  
de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG  
Novembro – 2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**QUANTIFICAÇÃO DE SILÍCIO DISPONÍVEL EM SOLO SOB LARANJEIRAS E  
SUA RELAÇÃO COM O DECLÍNIO**

**WAGNER BRAGANTE**

**ORIENTADOR: PROF. DR. IGO FERNANDO LEPSCH**

Monografia apresentada ao Curso de  
Agronomia, da Universidade Federal  
de Uberlândia, para obtenção do grau  
de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG  
Novembro - 2000

**QUANTIFICAÇÃO DE SILÍCIO DISPONÍVEL EM SOLO SOB LARANJEIRAS E  
SUA RELAÇÃO COM O DECLÍNIO**

**APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 29/11/2000**

---

Prof. Dr. Igo Fernando Lepsch  
Orientador

---

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira  
Conselheiro

---

Prof. Dr. Leonardo Cunha Melo  
Conselheiro

Uberlândia – MG  
Novembro – 2000

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar fé, saúde e coragem para transpor os obstáculos que surgiram e ainda hão de surgir na minha jornada.

Aos meus pais, de quem eu muito me orgulho: Antonio José Bragante e Neuza de Oliveira Bragante, pelo apoio, amor e carinho disponíveis em todos os momentos.

Ao Meu irmão Robson Bragante, pelo auxílio constante nas realizações dos meus projetos.

À minha namorada Flávia Damaso Brandão, sem a qual eu possivelmente não chegaria até aqui (e nem mais adiante...)

Ao meu orientador Prof. Dr. Igo Fernando Lepsch, por tudo que me ensinou e pela sua paciência comigo durante o curso e a seu colega de turma de 1961 da Escola Nacional de Agronomia (RJ) Dr. Gerd Walter Müller, que foi o “pai” da idéia de todo esse projeto.

Aos meus conselheiros: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira e Prof. Leonardo Cunha Melo, pela ajuda inestimável.

Ao Grupo Cargill Agrocitrus, representado na pessoa do Sr. Rubens Stamatto Jr., que gentilmente forneceu suporte técnico às nossas atividades, além da própria área onde foi instalado o experimento.

Aos meus grandes amigos da “República Soñadora”: Hebert Fraceti Bitencourt, Rodrigo Chofi Maluf e Eduardo Henrique Borin; e da “República Curva do Rio”: Ângelo Wander Ferreira Teixeira, Renato Beloti Favaro, Hélio de Oliveira Marques Jr. e Merandolino Queiroz Moreira. Durante esse caminho eles foram mais que amigos: foram irmãos.

Enfim, agradeço a todos os colegas da XXI Turma de Agronomia “Prof. Dr. Igo Fernando Lepsch”, a qual me sinto honrado de poder fazer parte hoje e sempre.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Local.....	13
3.2 Seleção das Plantas.....	14
3.3 Amostragem de solos.....	15
3.4 Delineamento Experimental.....	15
3.5 Análise das amostras de solo.....	16
3.6 Análise estatística.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÕES.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

## **Resumo**

Dada a importância do declínio dos citros, resolveu-se estudar o silício (Si) disponível em solo sob laranjeiras com e sem sintoma de declínio. Para isso, foram selecionadas 10 plantas com sintomas avançados e 10 plantas sem sintomas num pomar comercial no município de Uberlândia, MG, através do método da seringa, e amostrou-se o solo sob a copa dessas plantas (em seis pontos em torno da planta) nas profundidades de 0-5, 5-15, 15-25, 25-35 e 35-45cm. As amostras de solo foram depois analisadas, extraíndo-se o Si disponível pelo método do ácido acético e quantificando-se o Si passível de ser absorvido pelas plantas e/ou lixiviado do solo. Resultados mostraram que, nas condições de amostragem, os teores de Si disponível no solo sob plantas com sintomas de declínio foram significativamente superiores (nas duas maiores profundidades) aos teores de Si encontrados no solo sob árvores sem sintomas. Concluiu-se que nas condições de amostragem os teores de Si disponível no solo são maiores sob plantas com sintomas de declínio que sob plantas saudáveis adjacentes (nas maiores profundidades).

## **1. INTRODUÇÃO**

Apesar do Silício (Si) normalmente não ser reconhecido como elemento essencial para a maior parte dos vegetais, numerosos estudos têm demonstrado o efeito benéfico para várias culturas, tais como a cana-de-açúcar e o arroz. Este efeito benéfico é, em última análise, proporcionado pela deposição extra e intra celular de corpúsculos de sílica amorfa (ou opala biogênica, ou ainda silico –fitólitos), principalmente nas folhas (principalmente na epiderme, entre as cutículas). Por outro lado existem relatos que em plantas perenes (como os citros), esta sílica-amorfa pode depositar-se nos vasos condutores de seiva obstruindo-os causando declínio.

O declínio dos citros é uma anomalia muito séria, causando danos severos à planta e levando-a, quase sempre, à morte quando esta inicia seu estado adulto (10 a 15 anos) e, portanto, de produtividade máxima. Apesar de estar sendo estudada a dezenas de anos sua etiologia e formas de controle não são bem conhecidas. A incidência é estimada entre 06 e 10% dos laranjais do Brasil, ocorrendo também em outras regiões subtropicais úmidas, como a Flórida. Entre as regiões onde esta anomalia não ocorre estão os estados da Califórnia e Arizona, nos Estados Unidos e todos os países mediterrâneos que cultivam

citros, incluindo Espanha, todos em região de clima semi-árido e produção sob sistema irrigado.

Resultados preliminares, obtidos em amostras de solo coletadas sob a copa de duas árvores em um pomar cítrico comercial localizado no município de Uberlândia (Fazenda S. Vicente - Cargill Agrocitrus), mostraram aumentos consideráveis nos teores de Si “assimilável” do solo sob árvores com acentuados sintomas de declínio. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo principal verificar se é verdadeira a hipótese de que plantas cítricas, em avançado estado de incidência de declínio, estão sobre solo com altos teores de silício disponível e a partir desses dados, elaborar outras hipóteses mais “refinadas” visando futuros trabalhos nesta mesma linha de investigação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Segundo ampla revisão efetuada por PIPERNO (1988), os fitólitos são partículas minerais de origem vegetal, que normalmente são encontrados nas plantas, nas camadas mais superiores dos solos e até na atmosfera. Dois principais grupos são distinguidos: os silicofitólitos (sílica amorfa na forma de mineral) e os calcifitólitos (oxalatos de Cálcio na forma cristalizada). No caso dos silicofitólitos eles são resultados finais de processos que se iniciam com as plantas absorvendo sílica (Si) da solução do solo (geralmente por fluxo de massa) e mais freqüentemente na forma de ácido monossilícico. Este, depois de passar por várias transformações físico-químicas no interior dos tecidos vegetais, deposita-se na forma de pequenos sólidos opalinos (normalmente de tamanho entre 200 e 10  $\mu$ m) em locais intracelulares ou extracelulares (PIPERNO, 1988). No que diz respeito aos calcifitólitos, mais freqüentes em determinadas espécies, ao contrário dos silicofitólitos, não se conservam no solo uma vez que aí, ao contrário da opala, alteram-se e dissolvem-se com muita facilidade. Eles têm, também, importante papel no ciclo edáfico do cálcio, como ressaltado por PINILLA et al. (1995, 1997).

Outros termos são encontrados na literatura para os silicofitólitos, tais como: *opala vegetal*, *sílica opalina*, *sílica biogênica*, *biólitos* e *tricomias*. Em geral os silicofitólitos são constituídos de sílica hidratada ( $\text{Si O}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), podendo ter traços de C, N, Ca, Mg, Na, Mn, Fe e Al (BARTOLI & WILDING, 1980). Apesar do Si normalmente não ser reconhecido como elemento essencial para a maior parte dos vegetais, numerosos estudos têm demonstrado o efeito benéfico da sua aplicação em várias culturas, tais como cana-de-açúcar (AYRES, 1966; KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995), arroz (JONES & HANDRECK, 1967; KORNDÖRFER et al., no prelo), e várias outras gramíneas como descrito por MARTIN & BENAYAS (1997). Por outro lado existem relatos que, nos citros afetados pela anomalia do declínio, a sílica amorfa (opala) deposita-se em posição e quantidades tais que causa obstrução dos vasos do xilema ativo (BERETTA & ROSSETI, 1988). Outros trabalhos sobre deposição de compostos de silício em tecidos vegetais, tanto em forma de gel como de opala biogênica, foram efetuados por SANGSTER & HODSON (1997), HODSON et al. (1997) e SANGSTER et al. (1997).

Os corpos silicosos das plantas têm configurações específicas e, quando incorporados ao solo são normalmente do tamanho de areia fina e silte. Estes, quando de menor tamanho (menos que 10  $\mu\text{m}$ ), e presumivelmente na forma de sílica-gel (MÜLLER et al, 1999), solubilizam-se rapidamente no solo liberando ácido monossilícico, passível de ser lixiviado e/ou reabsorvido pelas plantas (JONES & HANDRECK, 1967).

O declínio é uma anomalia dos citros que, segundo informe preliminar de MÜLLER et al (1999) estaria relacionada também tanto a determinados tipos de solo como a fenômenos ligados ao ciclo planta-sílica do solo. Com o agente causal ainda desconhecido, o primeiro sintoma do declínio é o acúmulo de zinco no floema do tronco e deficiência

deste elemento nas folhas (ALBRIGO & YOUNG, 1981), embora a deficiência foliar do mesmo possa não aparecer em árvores com os sintomas iniciais. Quando esta deficiência aparece, é comum em folhas jovens e posteriormente pode ser encontrado em outros ramos ou em toda planta (NEMECK & MYHRE, 1992). As obstruções encontradas nos vasos do xilema causam estresse hídrico e nutricional (ALBRIGO et al., 1986). Nesse estágio, verifica-se a morte dos ponteiros, brotação interna na copa e redução drástica na produção (BERETTA & ROSSETI, 1988), levando a planta à morte geralmente de três a quatro anos após o início dos sintomas.

Testes de transmissão e etiologia de declínio foram relatados por BERETTA & ROSSETI (1988). Entre estes são mencionados alguns nos quais amostras de solo retiradas abaixo de plantas afetadas com declínio foram colocadas ao redor de plantas saudáveis, induzindo-as a apresentar os sintomas de declínio. Deduz-se daí que certos atributos do solo, como os teores de Si disponível à planta, podem estar envolvidos.

Recentes informações preliminares (MÜLLER et al., 1999) realizadas em laranjal comercial do Triângulo Mineiro sob solo latossolo vermelho escuro originalmente sob cerrado, comparando corpos silicosos de folhas e lenho de citros (var. Hamlin), evidenciaram que, nas folhas de plantas saudáveis, há uma quantidade razoável de silicofitólitos opalinos. Contudo, plantas próximas e afetadas pelo declínio aparentemente apresentavam folhas com menos destes corpos opalinos, estando os mesmos diferentemente distribuídos, com formas e tamanhos desiguais, entre inclusões foliares de "cor vermelho-ferruginosa". Nestas folhas de plantas adultas afetadas pelo declínio, o silício mais provavelmente está na forma de sílica-gel, mais solúvel e que, ao contrário da opala, age como "dessecante", absorvendo água.

Desta forma, a necessidade de um amplo conhecimento dos corpos silicosos nas principais plantas cítricas e seu relacionamento com aspectos do solo e fitossanitários, está sendo considerada como de importância, abrindo uma nova linha de pesquisa visando ajudar a entender os fenômenos envolvidos no declínio. Isto tanto pela necessidade de melhor conhecer estes silicofitólitos (e contribuir para importantes soluções visando o controle de anomalias) bem como pelas suas múltiplas atuações no sistema solo-planta, fornecendo também subsídios para entendimento do ciclo do silício em plantas perenes cultivadas principalmente em solos antes sob vegetação de cerrado.

Dentro destes aspectos, a Universidade Federal de Uberlândia (principalmente o Instituto de Ciências Agrárias e o Instituto de Biologia) há algum tempo vem estudando o efeito do silício em plantas nativas e cultivadas. Alguns destes estudos são feitos em colaboração com outros Centros, tais como o Centro de Citricultura Sylvio Moreira do IAC (que reúne alguns dos maiores especialistas em citros do País), a Universidade da Flórida e o Centro de Ciência Medioambientales, CSIC, Espanha (possuindo este último modernos equipamentos e pesquisadores especializados na área de fitólitos). Estes futuramente poderão compor uma eficiente parceria para continuação dos importantes resultados iniciais derivados deste projeto.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

As primeiras amostragens para informe preliminar (MÜLLER et al, 1999) foram feitas em julho de 1997 (na Fazenda São Vicente – Grupo Cargill Agrocitrus) em folhas e solo sob copas de duas árvores vizinhas, estando uma com sintomas avançados de declínio e outra sem sintomas aparentes. Mais tarde, baseado nos resultados obtidos foi feita uma amostragem planejada, utilizando-se um delineamento estatístico.

Essa amostragem foi efetuada em uma área com alta incidência de declínio dentro de laranjal comercial da Fazenda São Vicente, situada no município de Uberlândia, MG e pertencente ao Grupo Cargill Agrocitrus. A área é denominada pela empresa como quadra H87, sendo formada por plantas Hamlim [*Citrus sinensis* (L.) Osb.] sobre Limão-Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), plantadas no ano de 1987, estando as árvores afetadas pelo declínio em vários estádios de incidência dos sintomas.

Na área ocorre latossolo vermelho escuro textura média, estando as árvores estudadas situadas em terço médio de encosta, num conjunto de colinas de relevo suave ondulado (declives entre 3 e 8%).

O clima, segundo dados locais, é de verão úmido (precipitação de 933,25 mm no ano de 1999), com estação seca de maio a setembro e temperatura média anual de 22,64°C.

As amostras foram coletadas em fins de setembro de 1999, após as primeiras chuvas (índice de 63,8 mm, coletados no local) depois de um longo período de estiagem. Nesse período houve apenas uma pequena precipitação em julho de 1999 (dados não disponíveis), suficiente para induzir a floração das plantas. Essa floração foi praticamente perdida devido ao déficit hídrico nos meses posteriores.

### **3.2 Seleção das plantas**

Nesse local foram selecionadas as plantas, de acordo com sintomatologia apresentada: (a) 10 plantas sem sintomas, (b) 10 plantas com sintomas avançados.

As plantas com sintomas avançados foram selecionadas pelo “método da seringa”, que consiste em:

I – Observação visual dos sintomas de declínio;

II – Verificação da existência de outras doenças na planta;

III – Caso II tenha sido negativo, deu-se continuidade ao teste; sendo II positivo, escolheu-se outra planta;

IV – Fez-se um orifício de aproximadamente 3,0 cm de profundidade no tronco (com broca de 03 mm de diâmetro), aproximadamente 15 cm acima da região da enxertia;

V – Introduziu-se a ponta de uma seringa cheia de água ( 20 ml ) no orifício e exerceu-se pressão;

VI – Quando houve absorção de água, a planta foi descartada, caso contrário a planta foi aceita;

VII – Pincelou-se “pasta de cobre” na região do orifício efetuado, a fim de se evitar entrada de patógenos, sendo o material (seringa e broca) lavado com uma solução de hipoclorito de sódio toda vez que passou-se de uma planta para outra.

### **3.3 Amostragem de solos**

Após a cessão, por parte da Empresa, de uma área com alto índice de plantas com sintomas de declínio (Quadra H87) e depois de identificadas as plantas com declínio, procedeu-se a amostragem do solo na projeção da copa, consistindo das seguintes etapas:

I – Retirou-se amostras compostas em seis pontos, localizados aproximadamente seguindo um "círculo" locado grosseiramente, dividindo o raio da projeção da copa em 3 partes e escolhendo a parte mais externa (isto é, mais perto da projeção externa da copa);

II – A intervalos mais ou menos regulares, foram retiradas amostras com o uso do trado, em cinco profundidades (0 a 5; 5 a 15; 15 a 25; 25 a 35 e 35 a 45cm);

III – Cada uma dessas 5 subamostras foi separada e colocada em baldes, ou sacos plásticos grandes;

IV - Terminada a coleta em uma planta (seis pontos no entorno) as seis amostras são bem misturadas, guardando-se cerca de 300-500g em saco plástico p/ serem entregues ao laboratório da UFU/ICIAG/ LAFER).

As plantas sem sintomas escolhidas estavam na mesma linha de plantio e adjacentes às plantas com sintomas, de modo a formarem pares.

### **3.4 Delimitação Experimental**

O delineamento experimental foi o de delineamento de blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdivididas, com dez tratamentos e dez repetições, sendo as

parcelas (tratamento principal) constituídas da ocorrência ou não de sintomas e as subparcelas (tratamento secundário) as profundidades amostradas.

### **3.5 Análise das amostras de solo (determinações de silício disponível)**

A extração do Si foi feita com uma solução de ácido acético 0,5M. Pesou-se 10g de solo (de cada amostra) que foram agitados por 1 hora com 100 ml dessa solução. Após esse tempo esperou-se decantar por 15 minutos e depois filtrou-se a suspensão em papel de malha fina, obtendo-se os extratos. Estes foram deixadas em repouso por uma noite (12h), em seguida procedeu-se a leitura dos mesmos.

O preparo das soluções utilizadas na determinação do Si assimilável obedece a seguinte ordem:

1) Solução de Ácido Acético ( $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ )0,5M: diluiu-se 28,68 ml de ácido acético em 1000 ml de água destilada.

2) Solução Padrão de Si (20 ppm): pipetou-se 4 ml de uma solução padrão de 1000 ppm de Si para um balão de 200 ml e completou-se o volume com água destilada.

3) Solução de ácido ascórbico 0,3%: pesou-se 0,3g de ácido ascórbico P.A ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ), PM (176,13), e colocou-se o mesmo num balão de 100 ml, completando-se o volume com água destilada (Este reagente deve ser preparado toda vez que for usado).

4) Solução sulfo-molíbica 7,5%: dissolveu-se 7,5 g de molibdato de amônio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), em 75 ml de água destilada. Adicionou-se então 10 ml de ac. sulfúrico 18N, e a solução é completada a 100 ml.

5) Solução de ácido tartárico 20%; dissolveu-se 20 g de ácido tartárico em 100ml de água destilada Para proceder-se a determinação, pipetou-se uma alíquota de 10 ml do extrato (filtrado/decantado). Colocou-se num baker ou "copo de cafezinho".

Acrescentou-se 1 ml da solução sulfo-molíbica ( $H_4SiO_4$  - ácido orto-silícico, forma mais simples e solúvel de Si, reage com o molibdato desenvolvendo a cor amarela). Após 10 minutos acrescentou-se 2 ml da solução de ácido tartárico 20% (utilizado para complexar o P da solução) e após 5 minutos adicionou-se 10 ml da solução de ácido ascórbico (a redução do Si transforma o complexo amarelo para a cor azul). Depois de 1 hora faz-se a leitura em Espectrofotômetro Micronal-Espectofotômetro, Modelo:B.380 e no comprimento de onda de 660 nm.

Para o preparo dos padrões (0; 0,4; 1,0; 2,0 ppm Si) pipetou-se 0; 2; 5; 10 ml da solução padrão de 20 ppm e colocou-se em balões de 100 ml. Acrescentou-se aos balões, 1 ml da solução sulfo-molíbica. Após 10 minutos acrescentou-se 2 ml da solução de ácido tartárico 20% e após 5 minutos adicionou-se 10 ml da solução de ácido ascórbico (Este reagente deve ser preparado toda vez que for usado). e completou-se o volume do balão com água destilada. Depois de 1 hora, faz-se a leitura em Espectrofotômetro Micronal-Espectofotômetro B.380 de 660 nm.

Para cálculos do fator de diluição obedeceu-se os seguintes passos:

$$1) 100 \text{ ml}/10\text{g} = 10X$$

$$2) 10\text{ml} + 1\text{ml} + 2\text{ml} + 10\text{ml}/10\text{ml} = 23/10$$

$$3) \text{Fator de diluição final} = 23$$

Leitura (ppm) x 23 = ppm Si ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) na amostra.

### **3.6 Análise Estatística:**

O programa utilizado foi o ESTAT, onde os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados preliminares obtidos, também, na Fazenda São Vicente, em amostragem efetuada em maio de 1999, mostram a tendência de um aumento no teor de Si assimilável no solo sob árvores com sintoma, em relação ao teor encontrado no solo sob plantas sem sintomas, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Teores de Si assimilável em solo sob laranjeiras com e sem sintomas de declínio. Fazenda São Vicente, Uberlândia, maio 1999.

PROFUNDIDADE - cm -	TEOR DE SI NO SOLO – mg dm <sup>-3</sup>	
	NORMAL	COM SINTOMAS
0 – 10	12	53
10 – 20	10	23
20 – 40	09	10
40 – 60	07	07
60 – 80	09	08

Entretanto, esses resultados não são conclusivos, pois foram baseados em uma avaliação empírica, sem análise estatística. Optou-se, então pela realização de um

experimento com delineamento experimental, com amostragens realizadas após o início das chuvas, em final de setembro de 1999, obtendo-se os resultados contidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Teores médios de Si assimilável em solo sob laranjeiras com e sem sintomas de declínio. Fazenda São Vicente, Uberlândia, setembro, 1999.

DISCRIMINAÇÃO		BLOCOS									
Plantas	Profundidade - cm -	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Teor de Si no solo – mg dm <sup>3</sup>									
S/sint.	0 – 5	44	26	45	28	92	28	52	106	51	99
S/sint.	5 – 15	13	14	26	13	91	19	97	75	28	181
S/sint.	15 – 25	14	13	13	13	62	19	83	64	44	78
S/sint.	25 – 35	18	14	14	15	68	17	69	93	29	61
S/sint.	35 – 45	14	13	15	14	60	13	93	68	37	84
C/sint.	0 – 5	47	62	57	73	46	43	110	90	32	36
C/sint.	5 – 15	33	32	107	88	38	28	103	66	36	57
C/sint.	15 – 25	33	38	104	87	45	37	103	72	31	42
C/sint.	25 – 35	33	45	111	68	40	41	108	88	34	48
C/sint.	35 – 45	32	35	106	70	48	48	168	98	28	31

Esses resultados foram convertidos à  $\ln(x)$  a fim de garantir a aditividade do modelo estatístico. Em seguida, os dados convertidos foram submetidos à análise de variância, comparando-se os resultados obtidos das plantas sem sintoma com os resultados obtidos das plantas com sintoma, em diferentes profundidades de amostragem. Segundo a Tabela 3, não houve diferenças significativas na quantidade de Si disponível no solo quando

comparadas as plantas com e sem sintomas de declínio. No entanto, a interação entre a ocorrência de declínio e as profundidades amostradas indica que existe uma dependência entre esses dois fatores, ou seja, a quantidade de Si disponível presente no solo sob plantas com e sem sintomas depende da profundidade amostrada. Dessa forma, procedeu-se a comparação das plantas com e sem sintomas em cada uma das profundidades.

Tabela 3 – Análise de variância dos teores de Si assimilável em solo sob plantas sem sintomas e plantas com sintomas para cada profundidade amostrada

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>
<b>Blocos</b>	9	2,3472 <sup>NS</sup>
<b>Declínio (D)</b>	1	5,0114 <sup>NS</sup>
<b>Erro (a)</b>	9	1,6532
<b>Profundidade (P)</b>	4	0,2548**
<b>D x P</b>	4	0,2433**
<b>Erro (b)</b>	72	0,0597
<b>C.V. (a)</b>	34,09	
<b>C.V. (b)</b>	6,48	

NS: Não significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A comparação entre as plantas sem sintomas e plantas que apresentavam sintomas para cada profundidade amostrada (teste de Tukey para médias de tratamento principal dentro de tratamentos secundários), está apresentado na Tabela 4.

Esses valores demonstram que, nas condições de amostragem em início da estação chuvosa (após precipitação já citada), os teores de Si disponível no solo sob plantas com sintomas são superiores aos teores encontrados sob plantas sadias (somente nas duas maiores profundidades).

Tabela 4 – Comparação das médias dos teores de Si disponível em solo sob plantas sem sintoma e plantas com sintoma de declínio.

PROFUNDIDADE (cm)	TEORES DE SI NO SOLO – mg dm <sup>-3</sup>	
	C/SINTOMA	S/SINTOMA
0 – 5	55 A	50 A
5 – 15	52 A	36 A
15 – 25	53 A	31 A
25 – 35	56 A	30 B
35 – 45	55 A	30 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Isto confirma a hipótese inicial de que plantas cítricas em avançado estado de declínio estão sobre solos com altos teores de Si disponível. Devemos, no entanto, observar esses resultados com cautela, pois os mesmos exprimem apenas aquelas condições nas quais foi realizada a amostragem (retirada de amostras de solo sob a copa de plantas cítricas no início da estação chuvosa). Comparando –se os resultados preliminares (Tabela 1) com os resultados encontrados nesse trabalho (Tabela 4), pode-se observar (apesar de não terem sido realizados testes estatísticos) um aumento considerável nos teores de Si disponível quando se realizou o experimento no início da estação chuvosa.

Apesar desse estudo poder ser de um caso extremo, ele indica que para a avaliação de Si disponível em solos anteriormente sob cerrados é necessário que se considere a época de amostragem, a vegetação sobre o solo e a profundidade de coleta. Além disso, os teores de Si disponível encontrados em profundidade sugerem que houve fácil e rápida lixiviação.

A quantidade anormal de folhas novas e flores caídas devido à prolongada estiagem, pode liberar Si para a solução do solo. Provavelmente a liberação de Si das folhas se dê através da dissolução de pequenos silicofitólitos (menores que 10µm). A existência de tais

silicofitólitos em folhas de plantas com sintomas já foi anteriormente aventada por MÜLLER et al. (1999).

## **5. CONCLUSÕES**

Nas condições de amostragem de solo no início da estação chuvosa, sob a copa de plantas cítricas com 12 anos de idade (Hamlim sobre Limão-cravo) em solo latossolo vermelho escuro anteriormente sob cerrado, observou-se que os teores de Si disponível no solo são maiores sob plantas com sintomas de declínio do que sob plantas sadias apenas nas duas maiores profundidades amostradas.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBRIGO, L.G; SYLVERTSEN, J.P; YOUNG, R.H. Stress symptoms on citrus tree in successive stages of decline due to blight. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v.111, n.3, p. 465-470, 1986.

ALBRIGO, L.G.; YOUNG, R.H. Phloem zinc accumulation in citrus trees affected with blight. HortScience, Alexandria, v.16, n.2, p. 158-160, Apr. 1981.

AYRES, A. S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low silicon soils. Soil Sci., 101:216-227,1966.

BARTOLI, F. & WILDING, L. P. Dissolution of biogenic opal as a function of its physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 873-887. 1980

- BERETTA, M. J. G. & ROSSETI, V. Declínio de plantas cítricas 137- 148. In: L. C. Carvalho ( ed. ) ,Produtividade dos Citrus, III Simpósio de Citricultura. Fund. de Estudos e Pesquisas, Jaboticabal, pp. 305. 1988.
- JONES, L. P. H. & HANDRECK, K. A. Silica in Soils, Plants, and Animals. Adv. Agron. 19: 107 - 149. 1967.
- KORNDORFER, G. H. & DATNOFF, L. H. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de açúcar e do arroz Informações Agronômicas, Piracicaba, Potafos, 1995, No. 70.
- KORNDÖRFER, G. H., ARANTES, V. A., CORRÊA, G. F.,& SNYDER, G. H. Disponibilidade do silício em materiais de solos cultivados com arroz de sequeiro R. bras. Ci. solo. 1999(no prelo).
- MARTIN, A and BENAYAS, J. Silica deposition in the inflorescence bracts and caryopsis of gramineae of central Spain. In Pinilla, A.; Juan Tresserras, J. and Machado, M.J. (Eds.). The State of the Art of Phytoliths in soils and plants. Monografías 4. CCMA. 147-158. 1997.
- MULLER, G. W.; LEPSCH, I. F.; KORNDORFER, G. H.; MONIZ, A C.; PIMENTA, A.; BRAGANTE, W. & RABELO, P. G. Preliminary obsevation on abnormaldepositions of siliceous compounds on blight affeceted sweet International

Orange Citrus Virologists. Campinas, SP, Sep. 1998. Proceedings, Un. Calif. , 1999 (prelo).

NEMEC, S.; MYHRE, D.L. Citrus Blight. In: KUMAR, J.; CHAUBE, H.S.; SINGH, V.S.; MUKHOPADHYAY, A.N. Plant diseases of Internacional importance. Diseases of fruit crop. Englewood Clifffis: Prentice Hall, 1992, v.3, p. 209-225.

PINILLA, A.; PALOMAR, M<sup>a</sup>. L.; ALEIXANDRE, T. And MARTIN, A. Calciumoxalate crystals and their relationship with pedological calcium in Madrid region soils. In Pinilla, A.; Juan Tresserras, J. And Machado, M.J. (Eds.). The State of the Art of Phytoliths in Soils and Plants. MoN.4. CCMA (CSIC). 59-70. 1997.

PINILLA. A.; PALOMAR, M<sup>a</sup>.L.; ALEIXANDRE, T. y DEL RIO, M<sup>a</sup>. E. Incidencia de los fitolitos de oxalato cálcico de las plantas en el contenido de calcio dsuelos de Torrelaguna-El Berrueco (Madrid). In: Aleixandre, T. y Pérez González, A. (Eds.). Reconstrucción de plaeoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario. Monografías 3. CCMA (CSIC). 255-268. 1995.

PIPERNO, D. R. Phytolith Analysis. An Archaeological and Geological Perspective . Academic Press , San Diego . 1988.

SANGSTER, A.G. and HODSON, M.J. Botanical studies of silicon localization in cereal roots and shoots, including cryotechniques: a survey of work up to 1990. In Pinilla,

A.; Juan Tresserras, J. And Machado, M.J. (Eds.). The State of the Art of Phytoliths in Soils and Plants. Monografías 4. CCMA (CSIC). 113-121. 1997.

SANGSTER, A.G.; WILLIAMS, S.E. and HODSON, M.J. Silica deposition in the needles of the gymnosperms. II. Scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis. In Pinilla, A.; Juan Tresserras, J. And Machado, M.J. (Eds.). The State of the art of Phytoliths in Soils and Plants. Monografías 4. CCMA