

**RENATA SOUSA RESENDE**

**SILÍCIO NO MANEJO DA ANTRACNOSE DO SORGO: COMPONENTES DE  
RESISTÊNCIA E RESPOSTAS BIOQUÍMICAS DE DEFESA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007

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

T

R433s  
2007

Resende, Renata Sousa, 1981-

Silício no manejo da antracnose do sorgo : componentes de resistência e respostas bioquímicas de defesa / Renata Sousa Resende. – Viçosa, MG, 2007.  
x, 47f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Fabrício de Ávila Rodrigues.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 36-47.

1. Sorgo - Resistência a *Colletotrichum sublineolum*.  
2. Antracnose. 3. Sorgo - Efeito do silício. 4. Sorgo - Metabolismo. 5. *Sorghum bicolor*. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 633.174945

**RENATA SOUSA RESENDE**

**SILÍCIO NO MANEJO DA ANTRACNOSE DO SORGO: COMPONENTES  
DE RESISTÊNCIA E RESPOSTAS BIOQUÍMICAS DE DEFESA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2007.

---

Prof. Luiz Antônio Maffia  
(Co-Orientador)

---

Prof. Francisco Xavier Ribeiro do Vale  
(Co-Orientador)

---

Prof. Murilo Geraldo de Carvalho

---

Prof. José Antônio Saraiva Grossi

---

Prof. Fabrício Ávila Rodrigues  
(Orientador)

Dedico

À Deus.

Aos meus pais, Paulo e Sofia,  
meus irmãos, Júnior e Fernanda,  
e ao Luiz, sempre presentes em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu a vida, a saúde, a oportunidade de realizar esse trabalho e tudo o que tenho e sou.

A minha família e ao Luiz pelo amor, apoio e incentivo no alcance desse objetivo.

Ao Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPEMIG pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao professor Fabrício de Ávila Rodrigues pela atenção, apoio, amizade e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Carlos Roberto Casela (EMBRAPA-CNPMS) e aos professores Francisco Xavier do Vale e Luiz Antonio Maffia pela atenção, críticas e sugestões durante a realização deste trabalho.

Aos Professores Murilo Geraldo de Carvalho e José Antônio Saraiva Grossi, pela disponibilidade em participar da banca de defesa da dissertação.

Aos professores Gaspar H. Korndorfer e Gilberto F. Corrêa do Instituto de Ciências agrárias da Universidade Federal de Uberlândia pelas valiosas sugestões.

A todos os professores do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Ao Toninho pelo apoio e amizade. À Juliana pela ajuda na execução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia, especialmente Bruno, pela colaboração na condução do trabalho.

A todos os colegas do curso de Pós-graduação em Fitopatologia e do Laboratório de Interação Planta-Patógeno pela força, convívio e companheirismo.

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

## **BIOGRAFIA**

Renata Sousa Resende, filha de Paulo Sérgio de Resende e Sofia Rodrigues de Sousa Resende, nasceu a 24 de setembro de 1981, em Lavras, Estado de Minas Gerais.

Ingressou em março de 2000, no curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), graduando-se em Engenharia Agrônômica em janeiro de 2005. Em março de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia na mesma Instituição, submetendo-se a defesa de tese em fevereiro de 2007.

## CONTEÚDO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. Introdução .....	01
2. Revisão de Literatura .....	03
2.1. A Antracnose do Sorgo .....	03
2.2. O Silício no Controle de Doenças .....	06
3. Material e Métodos .....	10
4. Resultados .....	18
5. Discussão .....	29
6. Conclusões .....	35
7. Referências Bibliográficas .....	36



## RESUMO

RESENDE, Renata Sousa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Silício no manejo da antracnose do sorgo: Componentes de resistência e respostas bioquímicas de defesa.** Orientador: Fabrício de Ávila Rodrigues. Co-Orientadores: Luiz Antônio Maffia e Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito do silício (Si) no comportamento de alguns componentes de resistência à antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sublineolum*, em linhagens de sorgo suscetível (BR009) e resistente (BR005) ao patógeno. Além disso, procurou-se quantificar algumas repostas bioquímicas de defesa, possivelmente potencializados pelo Si. O primeiro experimento, conduzido em condições de casa-de-vegetação, foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com três repetições e repetido duas vezes. Plantas das duas linhagens de sorgo foram supridas com cinco doses de Si: 0; 0,06; 0,12; 0,24 e 0,30 g/kg solo utilizando-se a volastonita como fonte desse elemento. Carbonato de cálcio foi adicionado aos vasos que receberam 0; 0,06; 0,12; 0,24 e 0,30 g Si kg solo visando equilibrar o teor de Ca presente nesses tratamentos em relação à dose 0,3 g Si kg solo. As plantas foram inoculadas aos 30 dias após a emergência. Foram avaliados os seguintes componentes de resistência: período de incubação (PI), período latente (PL<sub>60</sub>), frequência relativa de infecção (FRI), área abaixo da curva do índice da antracnose (AACIA), severidade final (SF) e a severidade estimada (SE) para porcentagem de área foliar necrótica (AFN) e porcentagem de área foliar pigmentada (AFP), utilizando-se o programa QUANT. Após o agrupamento dos dados dos dois experimentos detectou-se, na linhagem suscetível, efeito quadrático positivo das doses de Si no PI e no PL<sub>60</sub> e o efeito quadrático negativo das doses de Si nas variáveis FRI, AACPIA, SF, AFN e AFP. Os menores valores de FRI, AACPIA, SF e SE para AFN e AFP foram obtidos com a

dose de Si 0,25 g/kg de solo. Na linhagem resistente, não foi observado a presença de acérvulos e, conseqüentemente, não foi avaliado o PL<sub>60</sub> e a FRI. Na linhagem resistente, não houve efeito significativo das doses crescentes de Si nas variáveis PI, AACPIA, SF e SE para AFN e AFP. O teor foliar de Si aumentou de forma linear positiva em função das doses crescentes de Si no solo, apresentando um incremento em relação ao controle de 55 e 58%, respectivamente, nas linhagens suscetível e resistente. Não houve diferenças significativas quanto o teor de Ca nas duas linhagens de sorgo testadas e nem entre as combinações de volastonita e carbonato de cálcio. No segundo experimento, foram realizadas análises dos teores de antocianinas, compostos fenólicos solúveis totais e derivados da lignina-ácido tioglicólico (LATG). O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2x2 com três repetições. Os fatores estudados foram: duas doses de Si (0 e 0,3 g/kg de material de solo), duas linhagens de sorgo (BR009 e BR005) e inoculação ou não das plantas. Nas plantas inoculadas e supridas com Si, observou-se um aumento significativo no conteúdo de antocianinas em relação às plantas inoculadas sem Si. O teor de compostos fenólicos solúveis totais foi maior nas plantas da linhagem resistentes inoculadas e supridas com Si do que nas plantas inoculadas sem Si. O teor de derivados da lignina-ácido tioglicólico foi significativamente maior nas plantas inoculadas da linhagem suscetível que não receberam Si do que nas plantas da linhagem resistente. Os teores de compostos fenólicos solúveis totais e de derivados da lignina-ácido tioglicólico nas duas linhagens de sorgo não explicaram a resistência das plantas à antracnose, independente da presença de Si. No entanto, o teor de antocianinas foi maior em plantas supridas com Si, as quais se mostraram ser mais resistentes.

## ABSTRACT

RESENDE, Renata Sousa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2007.

**Silicon on the management of sorghum anthracnose: Components of resistance and biochemical responses of host defense.** Adviser: Fabrício de Ávila Rodrigues. Co advisers: Luiz Antônio Maffia and Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

This work aimed to study the effect of silicon (Si) on some components of resistance to anthracnose, caused by the fungus *Colletotrichum sublineolum*, in lines of sorghum susceptible (“BR009”) and resistant (“BR005”) to this pathogen. Indeed, some biochemical responses of host defense, possibly potencialized by Si, were quantified. The first experiment, carried out under greenhouse conditions, was arranged in a randomized design with three replications and repeated twice. Plants of two sorghum lines were amended with five Si rates: 0, 0.06, 0.12, 0.24 and 0.30 g/kg of soil using wollastonite as a source of Si. Calcium (Ca) carbonate was added to pots that received 0, 0.06, 0.12 and 0.24 g Si kg of soil to equilibrate the amount of Ca present in these treatments with the treatment containing 0.30 g Si/kg of soil. Plants were inoculated at 30 days after emergence. The following components of resistance were evaluated: incubation period (IP), latent period (LP<sub>60</sub>), relative infection efficiency (RIE), area under anthracnose index curve (AUAIC), final severity (FS) and real severity (RS) for both percentagem of necrotic leaf area (NLA) and pigmented leaf area (PLA) estimated by using the software QUANT. Data for each variable at each experiment were pooled before analysis. A quadratic regression model best described the effect of Si rates on PI, LP<sub>60</sub>, RIE, AUAIPC, FS and real severity for both NLA and PLA on the susceptible line. The lowest values for RIE, AUAIPC, FS, RS for NLA and RS for PLA occurred at 0.25 g Si/kg of soil. It was not detected the presence of acervula on leaves of the resistant sorghum line, therefore the LP<sub>60</sub> and RIE were not evaluated. There was no significative effect of Si

rates on PI, AUAIC, FS and RS for both NLA and PLA on the resistant line. The Si content in sorghum tissue was directly related to the amount of Si applied to the soil and increased relative to the control by 55 and 58%, respectively, in the susceptible and resistant lines. There was no significant change in Ca content in the sorghum tissue for any of the lines tested as well as among the combinations between wollastonite and calcium carbonate. In the second experiment, the content of anthocyanins (CA), total soluble phenolics (TSP) and lignin-thioglycolic derivatives (LTAD) were quantified. This 2x2x2 factorial experiment was carried out in a randomized design with three replications. The factors studied were two Si rates (0 and 0.3 g/kg of soil), two sorghum lines (“BR009 and BR005”) and inoculated or non-inoculated plants. On inoculated plants amended with Si, the CA was higher than on inoculated plants non-amended with Si. The content of TSP was higher on inoculated plants from the resistant line amended with Si than on plants from the same line non-amended with Si. The content of LTAD was significantly higher on inoculated plants from the susceptible line non-amended with Si than on plants from the resistant line. The content of TSP and LTAD did not explain the resistance level for both sorghum lines to the pathogen, independently of the presence of Si. The content of CA was greater in plants amended with Si and explained their increased level of resistance to anthracnose.

## 1. INTRODUÇÃO

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sublineolum* P. Hen, Kabát & Bubák (Sutton, 1980; Sherriff et al., 1995), é uma das mais destrutivas doenças do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivado em regiões quentes e úmidas. Esse fungo infecta folhas, colmos e panículas (Ali & Warren, 1992). Perdas na produção superiores a 50% em cultivares suscetíveis sob epidemias severas ocorrem em muitos países (Harris et al, 1964; Harris et al, 1970).

A principal estratégia de manejo da antracnose é a utilização de cultivares resistentes (Panizzi et al., 2005). No entanto, o controle genético da antracnose é dificultado pela alta variabilidade de populações desse patógeno (Ali & Warren 1987; Cardwell, 1989; Pande, 1991). A resistência genética, embora seja a medida de controle mais aplicável, não deve ser usada isoladamente e sim como um componente do pacote tecnológico da cultura. Nesse contexto, é importante o desenvolvimento de alternativas de controle que poderão auxiliar em programas de manejo integrado da antracnose do sorgo.

A nutrição mineral de plantas complementa outras estratégias de manejo de doenças nas culturas. O potencial benéfico do silício (Si) na nutrição de plantas, foi relatado em vários trabalhos (Epstein, 1994; 2001), e os resultados mais promissores e consistentes foram observados em plantas sob condições de stress, seja de caráter biótico ou abiótico (Epstein, 1999). Um dos benefícios atribuídos ao Si é o aumento da resistência das plantas a diversas doenças (Jones & Handreck, 1967). Enquanto alguns autores atribuem a propriedade profilática do Si à deposição de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) nas folhas (Heath & Stumpf, 1986; Carver et al., 1987). Outros consideram que essa propriedade seja consequência do potencial desse elemento em ativar mecanismos de defesas latentes nas plantas (Chérif et al., 1991; 1992; 1994; Fawe et al., 1998; Rodrigues et al., 2004).

A quantificação da intensidade de resistência de uma planta pode ser realizada por meio dos componentes de resistência (Parlevliet, 1979). A resistência conferida pelo Si às plantas pode afetar vários eventos da patogênese de modo a desfavorecer o desenvolvimento do patógeno e, conseqüentemente, o progresso da doença (Parlevliet, 1979). Já foi demonstrado que o Si reduz o progresso de doenças como a brusone e a queima-das-bainhas do arroz através de seu efeito em alguns componentes de resistência (Volk et al., 1958; Seebold et al., 1998, 2001; Rodrigues et al., 2001, 2003a). No entanto, estudos visando inferir sobre possíveis mecanismos envolvidos na resistência do sorgo à antracnose utilizando estes componentes ainda não foram registrados na literatura. Deste modo, objetivou-se determinar o efeito do Si em alguns componentes de resistência em linhagens de sorgo suscetível e resistente a antracnose, além de quantificar respostas de defesa de natureza bioquímica envolvidas na resistência.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 – A Antracnose do Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Mench) é originário da África Central, região da Etiópia e Sudão, de onde disseminou-se por toda África e Ásia, chegando posteriormente às Américas e Austrália (Frederiksen, 2000). No Brasil, sua introdução se deu possivelmente no Nordeste através de escravos africanos, e, a partir de 1920 até fins dos anos 60 a cultura foi reintroduzida através de institutos de pesquisa.

Atualmente, o sorgo está dentre os cinco cereais mais cultivados no mundo, com uma produção de 67,342 milhões de toneladas em 2005 (CONAB, 2007). No Brasil, a área cultivada e a produção de sorgo têm crescido substancialmente nos últimos 30 anos, atingindo 678,2 mil ha de área plantada e produção total de 1,352 milhões de toneladas na safra 2005/06 (CONAB, 2007). Apesar desse crescimento significativo, verifica-se que a produtividade é baixa (2,3 ton/ha) e extremamente variável ao longo dos anos, típica de uma cultura conduzida com baixa tecnologia.

Um dos fatores que tem contribuído para essa baixa produtividade do sorgo no Brasil são as doenças, muitas das quais podem ser limitantes à produção tanto em qualidade quanto em quantidade. Dentre estas doenças, a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sublineolum* P. Hen, Kabát & Bubák (Sutton, 1980; Sherriff et al., 1995), é a mais importante devido a ocorrência em todas as regiões de plantio desta gramínea e pelas altas perdas que provoca (Frederiksen, 1984).

O fungo *C. sublineolum* pertence à subdivisão Deuteromycotina e à ordem Melanconiales (Suton, 1980). Este fungo produz conídios falciformes em acérvulos de coloração castanho-escura com formato oval a cilíndrico. Os conidióforos produzidos nos acérvulos são eretos, hialinos, não septados e curtos (1,6-3,3 x 4,9-13,3 µm). Os conídios (4,9-5,2 x 26,1-30,8 µm) são hialinos, não septados,

falciformes quando maduros e são produzidos terminalmente nos conidióforos entre as setas e em massas imersas em substrato gelatinoso (Warren, 1986; Thakur & Mathur, 2000).

O fungo *C. graminicola* tem sido designado como agente causal da antracnose em vários cereais incluindo milho e sorgo (Holliday, 1980). No entanto, análises de seqüências de rDNA (Sherriff et al., 1995), DNA 'finger-prints', testes de compatibilidade (Vaillancourt & Hanau, 1992) e morfologia do apressório (Sutton, 1968) têm demonstrado que isolados de milho e sorgo pertencem à espécies distintas. Isolados designados como *C. graminicola* são originários de milho e *C. sublineolum* de sorgo. Apesar de estas duas espécies apresentarem características morfológicas semelhantes, diferenças fisiológicas quanto ao modo de infecção e esporulação, especificidade quanto ao hospedeiro, compatibilidade genética, epidemiologia e sensibilidade a fungicidas podem existir (Wharton & Julian, 1996).

A sobrevivência do fungo se dá através de micélio e conídios em restos de cultura onde pode persistir por até 18 meses como saprófita, porém não sobrevive quando os restos culturais são incorporados ao solo (Warren, 1986; Panizzi et al., 2005). O fungo sobrevive também em espécies de sorgo selvagem (*Sorghum halepense* e *Sorghum* spp.) e em sementes onde se localiza principalmente no pericarpo podendo sobreviver por dois anos ou mais dependendo das condições de armazenamento (Panizzi et al., 2005). A disseminação do patógeno é mais comumente realizada por respingos de água, sementes infestadas e infectadas e em menor proporção pelo vento.

A germinação do conídio requer a presença de um filme de água sobre a lâmina foliar. O tubo germinativo forma um apressório globoso e melanizado que penetra diretamente através da epiderme por pressão mecânica (Warren, 1986; Panizzi et al., 2005). Após a penetração, o fungo se mantém temporariamente no estágio biotrófico com formação de vesículas e hifas primárias. Posteriormente, o mesmo passa para o estágio necrotrófico quando as hifas secundárias são formadas (Wharton & Julian, 1996; Wharton et al., 2001). É na fase necrotrófica onde se observa os sintomas típicos da doença.

O fungo *C. sublineolum* infecta folhas, colmo, panícula e grãos (Ali & Warren, 1992). Os sintomas nas folhas podem ocorrer em qualquer estágio fonológico da planta, mas são predominantes a partir do desenvolvimento da panícula, caracterizando-se pela produção de pequenas lesões elípticas a circulares medindo



até 5 mm de diâmetro. Posteriormente, estas lesões apresentam centros necróticos de coloração palha com margens avermelhadas, alaranjadas, púrpura ou castanho, dependendo da cultivar (Casela et al., 1997). Sob condições de alta umidade relativa ou elevada precipitação, as lesões aumentam em número e coalescem, cobrindo grande parte da folha. No centro das lesões mais desenvolvidas são formados os acérvulos, os quais são corpos de frutificação típicos deste patógeno (Warren, 1986). Sob condições ambientais favoráveis, ocorre a produção de uma massa mucilaginosa de natureza protéica e de coloração creme alaranjada que envolve os conídios protegendo-os contra dessecação e ação de compostos fenólicos produzidos pela planta, auxiliando assim na sobrevivência do patógeno (Ali & Warren, 1992). Os sintomas na nervura central são caracterizados por lesões elípticas a alongadas de coloração avermelhada, púrpura ou preta, sobre as quais são observados os acérvulos (Warren, 1986). A infecção no colmo ocorre principalmente a partir da maturação das plantas e normalmente é causada por conídios produzidos em acérvulos formados nas folhas (Costa et al., 2003). As lesões apresentam áreas claras circundadas por uma pigmentação variável característica do genótipo do sorgo (Casela et al., 1997). Estas lesões ocorrem no tecido internodal, principalmente no pedúnculo, e apresentam-se na forma de manchas contínuas ou isoladas (Casela et al., 1997). A diversidade dos sintomas pode ser ocasionada pela variabilidade do patógeno, resistência do hospedeiro ou estágio fisiológico da planta em que ocorre a infecção (Frederiksen, 1984). A antracnose pode causar desfolha e reduzir o crescimento e o desenvolvimento das plantas de sorgo. Em casos de infecção severa, as plantas morrem antes de atingirem a maturação (Warren, 1986). As condições ideais para a ocorrência de epidemias são elevada precipitação e umidade relativa, temperaturas elevadas (25-30°C) e grande quantidade de inóculo (Frederiksen, 2000).

A principal e mais eficiente estratégia de controle da antracnose do sorgo é obtida pela utilização de cultivares resistentes (Panizzi et al., 2005). Tal medida é, entretanto, dificultada pela variabilidade do patógeno o que possibilita a sua adaptação aos genes de resistência do hospedeiro levando ao surgimento de novas raças (Casela & Ferreira, 1987). Outras medidas de manejo como a utilização de sementes sadias e tratadas com fungicidas, rotação de culturas, eliminação de plantas hospedeiras do patógeno e enterrio de restos de cultura ajudam a controlar a doença pela redução do potencial de inóculo e por aumentar a durabilidade da resistência das cultivares (Pastor-Corrales & Frederiksen, 1978; Panizzi et al., 2005).

Diante das dificuldades encontradas em controlar a antracnose do sorgo, faz-se necessário buscar outras medidas de manejo já que a aplicação de fungicidas, métodos culturais e controle biológico são inviáveis economicamente ou apresentam baixa eficiência. A fertilização silicatada tem se mostrado como uma alternativa viável e promissora no controle de doenças economicamente importantes em arroz, videira, trigo, cevada, centeio e curcubitáceas (Leusch & Buchenauer, 1988, 1989; Bélanger et al., 1995; 2003; Datnoff et al., 1997, Rodgers-Gray & Shaw, 2000; Rodrigues et al., 2001, 2003a).

## 2.2 - O Silício no Controle de Doenças

O silício (Si) é um dos elementos mais abundantes na superfície da terra e, mesmo assim, tem papel secundário na maioria dos organismos vivos (Epstein, 1999). Embora seja fisiologicamente requerido por muitos protistas e vertebrados, o seu papel biológico em plantas superiores ainda não está claramente definido (Epstein, 1999).

Apesar de não ser essencial, o Si é um elemento agronomicamente benéfico. Entende-se por elementos benéficos aqueles que têm efeito positivo somente em algumas espécies de plantas ou sob condições específicas de crescimento enquanto que elementos essenciais são aqueles necessários para todas as plantas sob quaisquer condições de crescimento (Marschner, 1995). Segundo Epstein (2005), não se pode relatar com exatidão se o Si é ou não um elemento essencial, porque sua essencialidade varia para cada espécie de organismo. É essencial para diatomáceas e cavalinha (*Equisetum*), mas para a maioria das plantas, o Si é essencial somente sob condições específicas. Por isso, o termo *quasi-essencial* tem sido empregado a esse elemento (Epstein & Bloom, 2005). Numerosos estudos têm mostrado que os efeitos benéficos do Si são expressos especialmente em plantas sob condições de stress, seja de caráter biótico ou abiótico (Epstein, 1994).

Um dos benefícios atribuídos ao Si é o aumento da resistência das plantas à diversas doenças com resultados promissores em vários patossistemas (Rodrigues & Datnoff, 2005). Em arroz, a brusone (*Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr), a mancha parda (*Cochliobolus miyabeanus* (Ito & Kuribayashi in Ito) Drechs ex Dastur), a podridão do colmo (*Magnaporthe salvinii* Catt.), a escaldadura (*Monographella albescens* Theum), a queima-das-bainhas (*Thanatephorus cucumeris* (A. B. Frank) Donk), e a discoloração dos grãos (espécies de *Bipolaris*, *Fusarium*, entre outros

fungos) tiveram suas intensidades significativamente reduzidas após a aplicação de Si no solo (Datnoff et al., 1997; Savant et al., 1997; Rodrigues et al., 2001, 2003). O Si também controlou o míldio pulverulento em alguns cereais de inverno como o trigo, a cevada e o centeio (Leusch & Buchenauer, 1988, 1989; Rodgers-Gray & Shaw, 2000).

Em dicotiledôneas, o efeito do Si no controle de doenças tem sido demonstrado em diferentes espécies com a maioria dos resultados obtidos em cultivos hidropônicos. Aplicações de silicato de potássio e silicato de sódio em solução nutritiva reduziram os efeitos negativos do oídio (*Podosphaera fuliginea*) e da podridão das raízes (*Pythium ultimum*) em pepineiro. O tratamento com Si reduziu em 98% a área das folhas cobertas com colônias de *P. fuliginea* (Menzies et al., 1991) e diminuiu a mortalidade de plantas, podridão de raízes e perdas na produção atribuídas à *P. ultimum* (Chérif & Bélanger, 1992). Bowen et al. (1992), demonstraram que aplicações foliares de Si reduziram significativamente a severidade de oídio (*Uncinula necator*) em videira. Com aplicações foliares e em solução nutritiva de silicato de potássio houve decréscimo no número de colônias do míldio pulverulento (*P. fuliginea*) em melão e pepino e também em abobrinha (*Erysiphe cichoracearum*) (Menzies et al., 1992). Em outro estudo com o patossistema pepino-oídio, Samuels et al. (1991) relataram que o crescimento de colônias de *P. fuliginea* em folhas de plantas tratadas com Si foi significativamente menor do que em plantas não tratadas e que o menor crescimento do fungo foi devido à deposição de Si nas margens das colônias.

Alguns estudos relatam que o Si retarda o progresso de doença através do seu efeito sobre alguns componentes de resistência (Seebold et al., 1998, 2001; Rodrigues et al., 2001, 2003). O estudo dos componentes de resistência fornece evidências sobre possíveis mecanismos de resistência da planta ao ataque por fitopatógenos (Parlevliet, 1979). Os componentes epidemiológicos de resistência que influenciam a taxa de progresso da doença incluem a frequência de infecção, o período latente, o tamanho das lesões, a produção de esporos (Parlevliet, 1979) e a taxa de expansão das lesões (Berger et al., 1997). No entanto, estudos visando inferir sobre possíveis mecanismos envolvidos na resistência do sorgo à antracnose utilizando estes componentes ainda não foram constatados na literatura.

Volk et al. (1958) observaram um decréscimo no número de lesões de brusone esporulantes por folha com o aumento do teor foliar de Si nos tecidos das folhas de

arroz indicando que esse elemento afetou a eficiência de infecção do fungo. Seebold et al. (2001) demonstraram para esse mesmo patossistema, que o número de lesões esporulantes, o tamanho das lesões, a taxa de expansão das lesões, a severidade e o número de conídios por lesão foram significativamente reduzidos com a adição de doses crescentes de Si no solo, enquanto que o período de incubação foi prolongado pelo aumento das doses de Si. Tem-se observado também resultados promissores utilizando a fertilização silicatada no controle da queima-das-bainhas (*Rhizoctonia solani*) em arroz. Segundo Rodrigues et al. (2001), a fertilização com Si reduziu significativamente a severidade da queima-das-bainhas em cultivares de arroz suscetíveis e moderadamente suscetíveis a níveis comparados àqueles observados em cultivares resistentes não tratadas com Si. Em outro estudo, foi relatado que o período de incubação de *R. solani* em arroz foi prolongado com aumento das doses de Si, enquanto que o número total de lesões, a severidade da queima das bainhas e a área abaixo da curva do comprimento relativo de lesões totais decresceram à medida que se elevou o teor de Si no solo (Rodrigues et al., 2003a).

O efeito do Si na restrição do parasitismo tem sido bem documentado, mas os mecanismos pelos quais esse elemento exerce suas propriedades profiláticas ainda não estão totalmente entendidos. Tem sido proposto que o ácido monossilícico ( $\text{Si(OH)}_4$ ) exerce uma barreira mecânica após acumular e polimerizar na parede celular, afetando assim a penetração de certos patógenos (Carver et al., 1987; Yoshida et al., 1962). Yoshida (1965) sugeriu que a resistência do arroz a penetração do fungo *M. grisea* é devido ao acúmulo e polimerização do ácido monossilícico abaixo da cutícula formando uma dupla camada cutícula-sílica na superfície da epiderme. No entanto, alguns pesquisadores hesitam em aceitar que apenas a hipótese da barreira mecânica esteja ligada à resistência pelo fato que o fungo poderá penetrar a epiderme por meio de atividade enzimática (Ishiguro, 2001). De acordo com Kim et al. (2002), a redução da severidade da brusone em folhas de arroz foi associada à fortificação da parede celular induzida pelo Si. Porém, neste trabalho não há evidências de que a fortificação da parede celular impediu a penetração do fungo. É plausível também que esse elemento tenha um papel biologicamente ativo potencializando a expressão de mecanismos de defesa das plantas com a acumulação de fitoalexinas e proteínas relacionadas a patogênese (Chérif et al., 1991; 1992; 1994; Fawe et al., 1998; Rodrigues et al., 2003b; 2004; 2005).

No patossistema trigo-*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*, observações histológicas e ultraestruturais revelaram que células da epiderme de plantas tratadas com Si reagiram ao ataque do patógeno com manifestações específicas de defesa que incluíram a formação de papila e deposição de material osmiofílico eletrodense identificado como aglicona. Estes resultados sugerem que o Si mediou defesas celulares ativas contra o ataque do fungo *B. graminis* f.sp. *tritici* (Bélanger et al., 2003). Rodrigues et al. (2003b) investigaram a nível ultraestrutural mudanças citológicas e bioquímicas associadas à restrição de *Magnaporthe grisea* em plantas de arroz tratadas com Si e verificaram que a resistência mediada pelo Si a este patógeno foi devido ao acúmulo de compostos fenólicos, pois as hifas do fungo presentes nas células da epiderme, do mesófilo e do xilema ficaram vazias e envoltas por material eletro denso de natureza fenólica. Em outros trabalhos, com o mesmo patossistema, o acúmulo de fitoalexinas momilactonas A e B foi potencializado nos sítios de infecção (Rodrigues et al., 2004), além da expressão de genes da glucanase, peroxidase e PR1 relacionados à resposta de defesa da planta (Rodrigues et al., 2005).

Chérif et al. (1992, 1994) propuseram que o Si solúvel ativou mecanismos de defesa em pepino contra *Pythium* spp. através do aumento na atividade de quitinases, peroxidases e polifenoloxidasas além de aumentar a acumulação de compostos fenólicos. Em pepino com sintomas de míldio pulverulento, Fawe et al. (1998) verificaram que em plantas tratadas com Si houve um aumento da produção de uma fitoalexina flavonóide.

No entanto, a exata natureza da interferência do Si solúvel com algumas rotas bioquímicas de resistência das plantas às doenças permanece desconhecida. Desse modo, visando um maior entendimento do papel do Si na planta, Fauteux et al. (2006) realizou análises da expressão gênica em plantas de *Arabidopsis thaliana* inoculadas e não inoculadas com *Erysiphe cichoracearum* e tratadas ou não com Si. Esses autores observaram que em plantas inoculadas e tratadas com Si, a expressão dos genes envolvidos no metabolismo primário (relacionados à fotossíntese e vias energéticas) foi menos afetada do que em plantas não tratadas com Si, onde houve uma redução na expressão de muitos desses genes. Os resultados demonstraram também que não houve alteração na expressão dos genes em plantas não inoculadas e tratadas com Si confirmando a não essencialidade desse elemento (Fauteux et al., 2006).

### 3. MATERIAL & MÉTODOS

#### Localização do experimento

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa, que está localizado na região da Zona da Mata de Minas Gerais, com latitude 20° 45' 14" S e longitude 42° 52' 53" W.

#### Material de Solo

Foram utilizados os primeiros 20 cm do perfil de um solo pertencente à classe Latossolo Amarelo ácrico típico (Embrapa, 1999), de textura argilosa, coletado em Uberlândia, Minas Gerais. Essa classe de solo foi escolhida dentre outras por apresentar baixos teores estimados de Si disponível (11,8 mg/Kg), natureza ácrica e elevado índice de intemperismo, características específicas de um solo deficiente em Si (Tabelas 1 e 2). As análises físicas e químicas do solo foram realizadas segundo metodologia descrita por Silva (1999).

**Tabela 1** – Características físicas da camada de 0 a 20 cm do Latossolo Amarelo ácrico típico.

Análise Granulométrica				
Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
----- dag/Kg -----				-----
34	6	7	53	Argiloso

**Tabela 2** – Características químicas da camada de 0 a 20 cm do Latossolo Amarelo ácrico típico.

Análise Química													
pH	Si	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al <sup>3+</sup>	SB	t	T	V	m	M.O.
KCl	mg/Kg	--mg.dm <sup>-3</sup> --	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----										
											----- % -----	dag/Kg	
4,8	11,8	0,5	13	0,1	0,0	0,0	3,8	0,1	0,2	3,9	2,0	40,5	2,3

### Fonte e doses de silício e adubação das plantas de sorgo

Utilizou-se como fonte de silício o produto comercial Vansil W-10 (volastonita,  $\text{CaSiO}_3$ ), livre de contaminantes como o ferro e fósforo, adquirido da Empresa Ipiranga Comercial Química localizada em São Paulo. As características químicas desse produto são: poder relativo de neutralização (PRNT) de 77%, teor total em  $\text{SiO}_2$  de 51,9% (correspondendo a 24,2% de Si) e teor total em CaO de 43,4% (correspondendo a 31% de Ca). As doses de volastonita utilizadas foram 0; 0,25; 0,5; 1,0 e 1,25 g/Kg de solo, correspondendo, respectivamente, a 0; 0,06; 0,12; 0,24 e 0,30 g Si/Kg de solo.

Objetivando equilibrar o teor de Ca presente nas doses de volastonita em relação à dose de 1,25 g, adicionaram-se 0,967; 0,775; 0,580 e 0,192 g de carbonato de cálcio (PRNT 100%, 40% de Ca), respectivamente, nos vasos que receberam 0; 0,25; 0,5 e 1,0 g de Volastonita (Tabela 3). Com este procedimento, os teores de Ca oriundos da volastonita e do carbonato de cálcio ficaram padronizados em 0,387 g/vaso. Apenas o teor de Si variou entre os tratamentos.

**Tabela 3** – Doses de volastonita e de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) utilizadas nos tratamentos.

Especificação	Dose (g/kg de material de solo)				
volastonita	0	0,25	0,5	1,0	1,25
	+	+	+	+	+
$\text{CaCO}_3$	0,967	0,775	0,580	0,192	0
Contribuição em Ca (g/kg de material de solo)					
volastonita	0	0,077	0,155	0,310	0,387
$\text{CaCO}_3$	0,387	0,310	0,232	0,077	0
Teores totais (g/kg de material de solo)					
Ca	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387
Si	0	0,06	0,12	0,24	0,30

A acidez do solo foi corrigida utilizando-se o silicato de cálcio (volastonita), e/ou carbonato de cálcio, conforme os tratamentos descritos na Tabela 3, visando elevar a saturação de bases (V) a 50%. Em seguida, procedeu-se a incubação do solo dentro dos vasos por um período de 30 dias, onde a umidade foi mantida constante. Após o período de incubação, foram coletadas amostras de material de solo desses vasos para análise química (Tabela 4).

**Tabela 4** – Características químicas determinadas antes da semeadura e após o período de incubação do material de solo do Latossolo Amarelo ácrico com as doses de volastonita e carbonato de cálcio.

Volastonita	CaCO <sub>3</sub>	Análise Química											V	m
		pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)			
		-----g/vaso-----	H <sub>2</sub> O	-mg/dm-	-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----							-- % --		
0,00	0,967	6,2	0,4	10	1,5	0,0	0,0	1,82	1,53	1,53	3,35	46	0	
0,25	0,775	6,1	0,4	9	1,1	0,0	0,0	1,65	1,12	1,12	2,77	40	0	
0,50	0,580	5,8	0,4	10	1,5	0,0	0,0	2,48	1,53	1,53	4,01	38	0	
1,00	0,192	5,6	0,4	11	1,1	0,0	0,0	2,15	1,13	1,13	3,28	34	0	
1,25	0,000	5,7	0,4	12	1,1	0,0	0,0	2,48	1,13	1,13	3,61	31	0	

A adubação do solo, antes da semeadura, foi realizada aplicando-se: 80 mg.dm<sup>-3</sup> de N (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); 500 mg.dm<sup>-3</sup> de P (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>); 150 mg.dm<sup>-3</sup> de K (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) e 50 mg.dm<sup>-3</sup> de fritas como fonte de micronutrientes (FTE BR-12). O magnésio foi suprido usando MgSO<sub>4</sub>, aplicando-se 1cmolc/dcm<sup>3</sup> de solo visando obter uma relação Ca/Mg final de 2:1. (Alvarez, 1974; Alvarez et al., 2000).

#### **Linhagens de sorgo e inoculação com o fungo *Colletotrichum sublineolum***

As sementes das linhagens de sorgo CMSXS142 [BR009 (Tx623) - Texas] e CMSXS116 [BR005 (SC326-6) - Texas], e o isolado de *Colletotrichum sublineolum* (CNPMS-12) foram fornecidos pelo Laboratório de Resistência a Doenças do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA, Sete Lagoas. As linhagens CMSXS142 [BR009 (Tx623) - Texas] e CMSXS116 [BR005 (SC326-6) -Texas], são respectivamente, suscetível e resistente a *C. sublineolum* (Carlos R. Casela, Comunicação Pessoal).

Foram semeadas cinco sementes de cada linhagem de sorgo por vaso e, após a emergência, efetuou-se o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso. As plantas foram mantidas em casa de vegetação até 30 dias após a emergência.

O isolado de *C. sublineolum*, armazenado em tubos de ensaio com BDA contendo óleo mineral, foi repicado para placas de Petri contendo meio de cultura aveia-ágar (aveia 60g/L e ágar 17g/L). Após a repicagem do fungo, as placas foram transferidas para câmara de crescimento tipo B.O.D, com fotoperíodo de 12 h e temperatura de 25°C, onde permaneceram por até 10 dias até ocorrer abundante crescimento micelial. Em seguida, foi feita uma raspagem superficial do micélio e as placas foram transferidas para a câmara de crescimento com luz constante e temperatura de 25°C para ocorrer a esporulação do fungo.



O inóculo foi preparado adicionando-se 10 ml de água destilada em cada placa fazendo-se uma raspagem superficial, com espátula, para liberação dos conídios. A suspensão obtida foi filtrada em gaze e ajustada para a concentração de  $1 \times 10^6$  conídios/mL, pela contagem em hemacitômetro, contendo Tween 20 (0,1ml/100ml de suspensão).

Plantas aos 30 dias de idade (estádio de crescimento 30 segundo escala numérica de K. Cardewell (Frederiksen, 1986)) foram inoculadas pulverizando-se 20 mL da suspensão de conídios utilizando-se De Vilbiss n. 15. Após a inoculação, as plantas foram transferidas para a câmara de nevoeiro onde permaneceram a 25°C e umidade relativa de  $\approx 90\%$ . Após 18 h no escuro, as plantas foram transferidas para câmara de crescimento a 26°C onde permaneceram até o final das avaliações.

### **Componentes de resistência**

As avaliações dos componentes de resistência foram realizadas nas folhas 4 e 5 de cada planta. Os seguintes componentes de resistência foram avaliados:

**Período de incubação (PI):** O tempo, em horas, entre a inoculação das plantas e o aparecimento dos sintomas (flecks pigmentados) da antracnose. As avaliações foram realizadas a cada 24 h iniciando-se às 18 h após a inoculação até o momento em que 100% das folhas das plantas avaliadas apresentaram lesões.

**Período Latente (PL<sub>60</sub>):** O tempo, em horas, desde a inoculação até a produção de conídios. Cinco lesões por folha avaliada, escolhidas aleatoriamente, foram examinadas com lupa de mão (x30) a cada 24 h para determinar o início da esporulação. O período latente para cada tratamento foi o tempo em que 60% das lesões, ou três das cinco escolhidas, esporularam (PL<sub>60</sub>).

**Frequência Relativa de Infecção (FRI):** A FRI foi determinada como sendo o número de acérvulos produzidos por  $\text{cm}^2$  de área foliar, medido ao acaso. As avaliações foram realizadas aos 8, 9, 10 e 11 dias após a inoculação. Os valores obtidos das quatro avaliações foram usados para calcular a área abaixo da curva da frequência relativa de infecção (AACFRI).

**Severidade da Antracnose:** A severidade da antracnose foi avaliada aos 3, 5, 7, 9 e 11 dias após a inoculação das plantas utilizando-se uma escala diagramática adaptada de Harris & Sowell (1970) de acordo com a Tabela 5. A partir das notas de severidade quantificadas ao longo das cinco avaliações, foram obtidos os índices da antracnose (IA) empregando-se o índice de Mckinney (Mckinney, 1923):

$$IA (\%) = 100 \times \Sigma(f.v)/(n.x)$$

IA = índice da antracnose

f = número de plantas com a mesma nota observada

v = nota observada

n = número total de plantas avaliadas

x = nota máxima da escala

Com os valores obtidos, calculou-se a área abaixo da curva do índice da antracnose (AACIA). Para o cálculo da AACIA, utilizou-se a seguinte fórmula:  $AACIA = \Sigma ((Y_i + Y_{i+1})/2)(t_{i+1} - t_i)$ , onde Y representa o índice de antracnose, t o tempo e i o número de avaliações ao longo do tempo (Shaner & Finney, 1977).

**Tabela 5. Escala utilizada para avaliar a severidade da antracnose em sorgo<sup>1</sup>.**

Nota	Descrição
0	Ausência de sintomas
1	Flecks pigmentados cobrindo até 5% da área foliar
1,5	Flecks pigmentados cobrindo de 5 a 10% da área foliar
2	Flecks pigmentados cobrindo de 20 a 35% da área foliar
2,5	Grande números de flecks pigmentados nas folhas com até 5% das lesões contendo acérvulos
3	Pequenas lesões com acérvulos cobrindo até 10% da área foliar
3,5	Algumas lesões grandes contendo acérvulo cobrindo até 35% da área foliar
4	Lesões de tamanho variável com numerosos acérvulos cobrindo até 50% da área foliar
4,5	Lesões de tamanho variável com numerosos acérvulos cobrindo até 75% da área foliar
5	Lesões grandes com numerosos acérvulos cobrindo mais de 75% da área foliar

<sup>1</sup> Escala adaptada de Harris & Sowell (1970).

**Severidade Final:** No término das avaliações da severidade, foi realizada uma avaliação da severidade final em cada planta utilizando a escala mostrada na Tabela 5. Folhas de sorgo com sintomas da antracnose, representativas de cada tratamento, foram fotografadas com câmera digital.

**Avaliação da Severidade da Antracnose utilizando-se o Programa QUANT:** No final das avaliações da severidade da antracnose, as folhas 4 e 5 foram coletadas e suas respectivas imagens foram obtidas em scanner com resolução de 400 dpi. As imagens foram processadas no programa QUANT (Vale et al., 2003; Liberato, 2003) estimando-se a área foliar sadia e lesionada. A área foliar lesionada foi dividida em área necrótica (cor amarela) e área pigmentada (cor vermelha).

**Análise foliar de Si e Cálcio (Ca):** No final do experimento, amostras de folhas incluindo as folhas 4 e 5, de cada tratamento e repetição foram coletadas para determinação do teor foliar de Si e Ca. O material vegetal foi seco em estufa a 70°C até atingir o peso constante e, posteriormente triturado em moinho tipo Wiley. O teor foliar de Si foi determinado através da metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004). A determinação do teor de Ca foi por digestão nitroperclórica e espectrofotometria de absorção atômica (Silva et al., 1999).

**Extração de antocianinas de folhas de sorgo:** Foram coletadas amostras de folhas de cada tratamento e repetição, em nitrogênio líquido, para determinação do teor de pigmentos (antocianinas). Esse material foi armazenado a -80°C até análise. Para extração dos pigmentos, pesou-se 0,1 g do material, o qual foi picado em pedaços de  $\approx 1 \text{ cm}^2$  e colocado em eppendorf de 2,0 ml. Posteriormente, foi adicionado 1,2 ml de metanol 80% acidificado (0,1% HCl) ao eppendorf, os quais foram mantidos a 4°C para a extração dos pigmentos. Após 24 h, realizou-se uma centrifugação a 12.000 g por 10' e o sobrenadante foi transferido para um novo eppendorf. A absorbância de amostras representativas (1  $\mu\text{l}$ ) de cada repetição dos tratamentos foi obtida a 480 nm em espectrofotômetro (Hitachi U3000).

**Determinação do teor de compostos fenólicos solúveis totais:** Amostras de folhas de cada tratamento e repetição foram coletadas e imediatamente transferidas para nitrogênio líquido, onde permaneceram a -80°C até análise. Amostras de 0,1 g representativas do material foram maceradas em nitrogênio líquido. O macerado foi transferido para tubos eppendorf, homogeneizado com 1,5 ml de metanol 80% e extraído durante 12 h em mesa agitadora orbital (150 rpm) a temperatura ambiente ( $\approx 25^\circ\text{C}$ ). Os tubos eppendorf foram cobertos com papel alumínio para proteger o extrato metanólico da oxidação pela luz. O extrato metanólico verde escuro foi

centrifugado a 12.000 x g por 5 min e, após a centrifugação, o sobrenadante foi transferido para um novo eppendorf e o resíduo mantido a -80°C até a determinação do teor de derivados da lignina-ácido tioglicólico. A metodologia proposta por Zieslin e Ben-Zaken (1993), com algumas modificações, foi usada para determinação do teor de compostos fenólicos solúveis totais. Adicionou-se 150 µl do reagente “Folin & Ciocalteu’s Phenol” 0,25 N (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) a 150 µl do extrato metanólico. A mistura foi homogeneizada e mantida a temperatura ambiente ( $\approx 25^\circ\text{C}$ ) por 5 min. Posteriormente, 150 µl de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 1 M foi adicionado a mistura, a qual foi homogeneizada novamente e mantida a temperatura ambiente. Após 10 min, adicionou-se 1 ml de água destilada à mistura que permaneceu em temperatura ambiente ( $\approx 25^\circ\text{C}$ ) por 30 min. A absorbância das amostras foi medida a 725 nm em espectrofotômetro (Hitachi U3000). O teor de compostos fenólicos solúveis totais foi expresso em mg de compostos fenólicos (expresso em catecol) por kg de folha fresca.

**Determinação do teor dos derivados da lignina-ácido tioglicólico (LATG):**

Adicionou-se 1,5 ml água estéril ao resíduo obtido após a extração dos compostos fenólicos solúveis totais. Após a homogeneização, a mistura foi centrifugada a 12,000 x g por 5 min. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi seco a 65°C por  $\approx 12$  h. O resíduo alcoólico-insolúvel seco, contendo lignina e ácidos fenólicos associados à parede celular, foi usado para determinação de lignina de acordo com o método de Barber & Ride (1988). Um volume de 1,5 ml da solução de ácido tioglicólico (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) e HCl 2 N 1:10 foram adicionados ao resíduo seco. Os tubos eppendorf foram levemente agitados para hidratar o resíduo e, em seguida, foram colocados em banho-maria (100°C). Após 4 h, os tubos eppendorf foram colocados no gelo por 10 min. A mistura foi centrifugada a 12,000 x g por 10 min, o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi lavado com 1,5 ml de água destilada estéril com centrifugação a 10,000 x g por 10 min. Após a centrifugação, o sobrenadante foi descartado e o precipitado resuspendido em 1,5 ml de NaOH 0,5 N. A mistura foi agitada em mesa agitadora orbital (150 rpm) a temperatura ambiente ( $\approx 25^\circ\text{C}$ ) por 12h. A mistura foi centrifugada a 10,000 x g por 10 min e o sobrenadante foi transferido para um novo tubo eppendorf. Após a adição de 200 µl de HCL concentrado ao sobrenadante, os tubos eppendorf foram transferidos para uma bandeja com gelo e mantidos na geladeira (4°C) por 4 h para precipitação dos

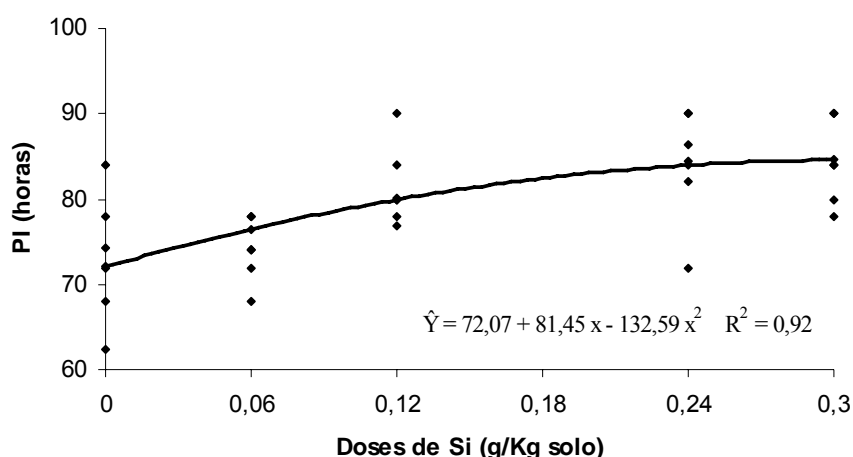
derivados da lignina-ácido tioglicólico. Após a centrifugação a 10,000 x g por 10 min, o sobrenadante foi descartado e o precipitado, de cor laranja-amarronzado, foi dissolvido em 2 ml de NaOH 0,5 N. A leitura da absorbância foi realizada a 290 nm em espectrofotômetro (Hitachi U3000). A concentração dos derivados da LATG foi expressa em mg kg<sup>-1</sup> de tecido foliar utilizando-se uma curva padrão obtida com diferentes concentrações de lignina alcalina, éter 2-hidroxipropil (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO).

**Delineamento experimental e análises estatísticas:** Para avaliação dos componentes de resistência, o experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, obedecendo-se um arranjo fatorial 5 (doses de Si) x 2 (linhagens de sorgo) com três repetições. Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo 1 kg de material de solo e duas plantas. O experimento foi repetido duas vezes. Para as análises bioquímicas, o experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, obedecendo-se um arranjo fatorial 2 x 2 x 2 com três repetições e duas plantas de sorgo por vaso. Os fatores estudados foram: duas doses de Si (0 e 0,3 g/kg de material de solo), duas linhagens de sorgo (BR009 e BR005) e inoculação ou não das plantas. O experimento foi repetido duas vezes. Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo 1 kg de material de solo.

Os dados referentes a cada variável avaliada nos experimentos foram combinados após confirmada a homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett (Gomez & Gomez, 1994). Utilizou-se o programa ESTAT (Banzatto & Kronka, 1995) para análise de variância (ANOVA) e regressão polinomial. A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

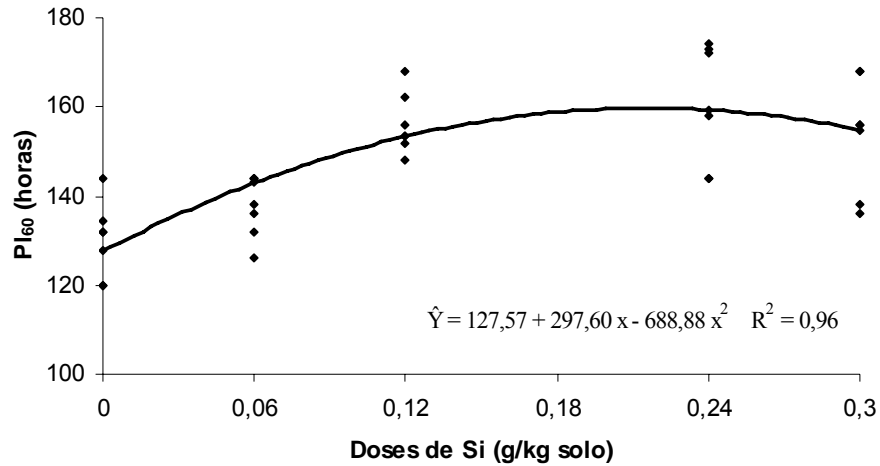
## 4 – RESULTADOS

**Período de Incubação (PI):** A análise de variância revelou, pelo teste de F, diferenças significativas apenas para o fator linhagens de sorgo ( $P \leq 0,01$ ) e para a interação linhagens de sorgo x doses de Si ( $P \leq 0,05$ ). Houve efeito quadrático das doses crescentes de Si no PI apenas na linhagem suscetível. Na linhagem resistente as doses de Si não prolongaram o PI. A variação nos valores médios observados do PI, da dose 0 para a dose de 0,3 g Si/Kg solo, foi de 73 a 84 horas (Figura 1).



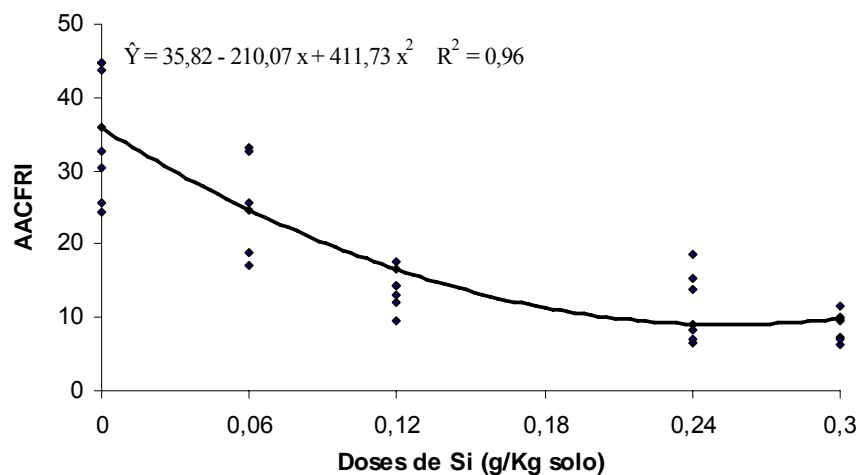
**Figura 1.** Período de Incubação (PI), da antracnose em folhas da linhagem BR009 (suscetível) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

**Período Latente (PL<sub>60</sub>):** O PL<sub>60</sub> foi avaliado apenas na linhagem suscetível, pois na linhagem resistente não se detectaram acérvulos. Verificou-se efeito significativo das doses de Si no PL<sub>60</sub> após o agrupamento dos dados dos dois experimentos. Houve efeito quadrático positivo das doses de Si no PL<sub>60</sub>. A variação nos valores médios observados de PL<sub>60</sub>, em função das doses de Si no solo, foi de 130 a 161 horas (Figura 2).



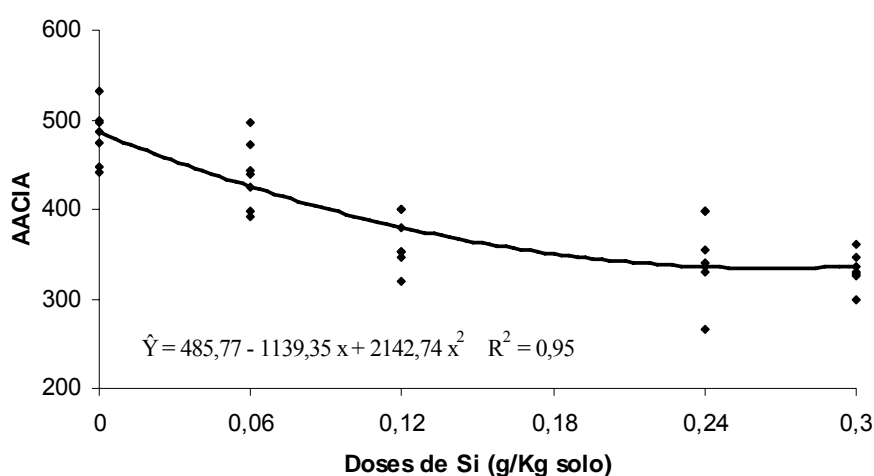
**Figura 2.** Período latente (PL<sub>60</sub>) da antracnose em folhas da linhagem BR009 (suscetível) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

**Frequência Relativa de Infecção (FRI):** A FRI foi avaliada apenas na linhagem suscetível, pois na linhagem resistente não foi detectado a ocorrência do PL. Verificou-se efeito significativo das doses de Si na AACFRI após o agrupamento dos dados dos dois experimentos. Detectou-se efeito quadrático negativo das doses crescentes de Si na AACFRI. A menor AACFRI foi alcançada com a dose de Si 0,25 g/Kg solo. A variação nos valores médios observados na AACFRI, da dose 0 para a dose de 0,3 g Si/Kg solo foi de 36 a 9 (Figura 3).



**Figura 3.** Área abaixo da curva da frequência relativa de infecção (AACFRI) da antracnose em folhas da linhagem BR009 (suscetível) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

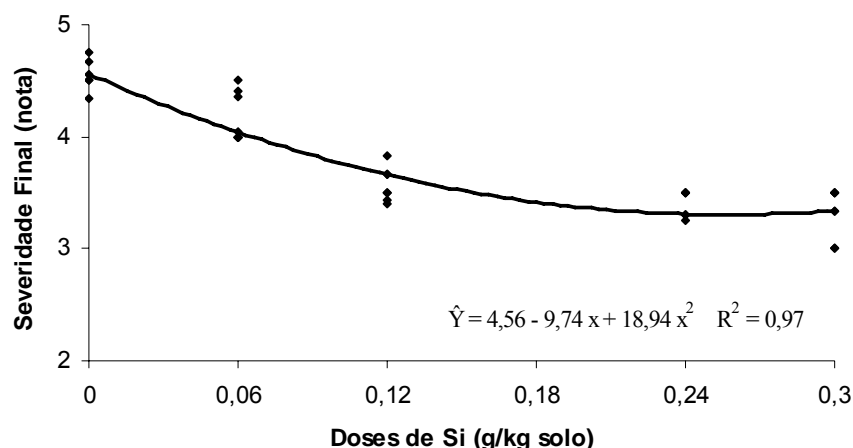
**Área Abaixo da Curva do Índice da Antracnose (AACIA):** A análise de variância revelou, pelo teste de F, diferença significativa para o fator linhagens de sorgo, para o fator doses de Si bem como para a interação linhagens de sorgo x doses de Si ( $P \leq 0,01$ ). Após o agrupamento dos dados dos dois experimentos, detectou-se diferença significativa na AACIA para doses de Si apenas na linhagem suscetível. Na linhagem resistente não houve efeito significativo das doses de Si na variável AACIA. Observou-se o efeito quadrático negativo das doses crescentes de Si na AACIA e a menor AACIA foi obtida na dose de Si de 0,26 g/Kg solo. A variação nos valores médios observados da AACIA, da dose 0 para a dose de 0,3 g Si/Kg solo foi de 482 a 332 (Figura 4).



**Figura 4.** Área abaixo da curva do índice da antracnose (AACIA) em folhas da linhagem BR009 (susceptível) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

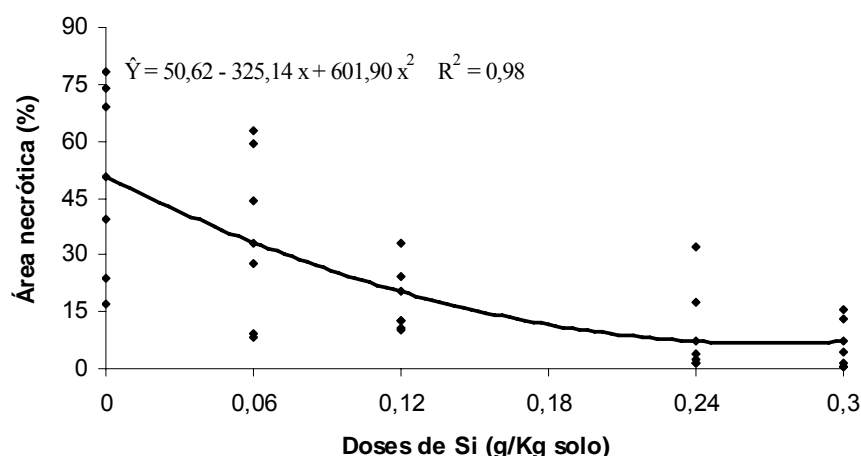
**Severidade Final da Antracnose:** A análise de variância revelou, pelo teste de F, diferença significativa para o fator linhagens de sorgo, para o fator doses de Si e para a interação linhagens de sorgo x doses de Si ( $P \leq 0,01$ ). Após o agrupamento dos dados dos dois experimentos, detectou-se diferença significativa na severidade final da antracnose para doses de Si apenas na linhagem suscetível. Na linhagem resistente não houve efeito significativo das doses de Si na severidade final da antracnose. A redução da severidade da antracnose foi observada até a dose de 0,25 g/Kg solo. A variação nos valores médios observados da severidade final da antracnose, da dose 0 para a dose de 0,3 g Si/Kg solo foi de 4,5 a 3,3 (Figura 5).



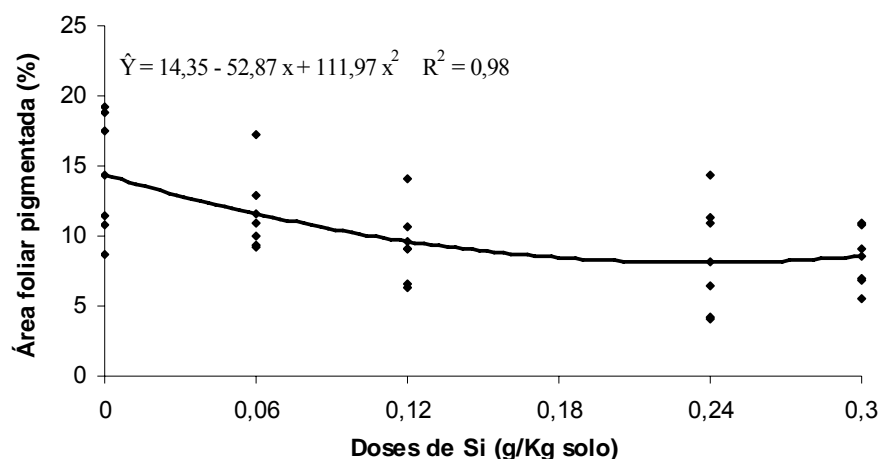


**Figura 5.** Severidade final, em notas, da antracnose em folhas da linhagem BR009 (susceptível) em função das doses de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

**Severidade estimada utilizando-se o programa QUANT:** Detectou-se o efeito significativo das doses de Si na severidade estimada da antracnose apenas na linhagem susceptível. Houve efeito quadrático das doses crescentes de Si na porcentagem de área foliar necrótica e pigmentada. As menores porcentagens de área foliar necrótica e pigmentada foram, respectivamente 12 % e 8 %, as quais foram obtidas com as doses de Si 0,27 e 0,24 g/kg solo. Na linhagem resistente, não foi detectada diferença significativa na severidade estimada em função as doses de Si no solo (Figuras 6 e 7). O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre a área foliar necrótica e pigmentada foi de 0,74 indicando alta associação entre essas duas variáveis.

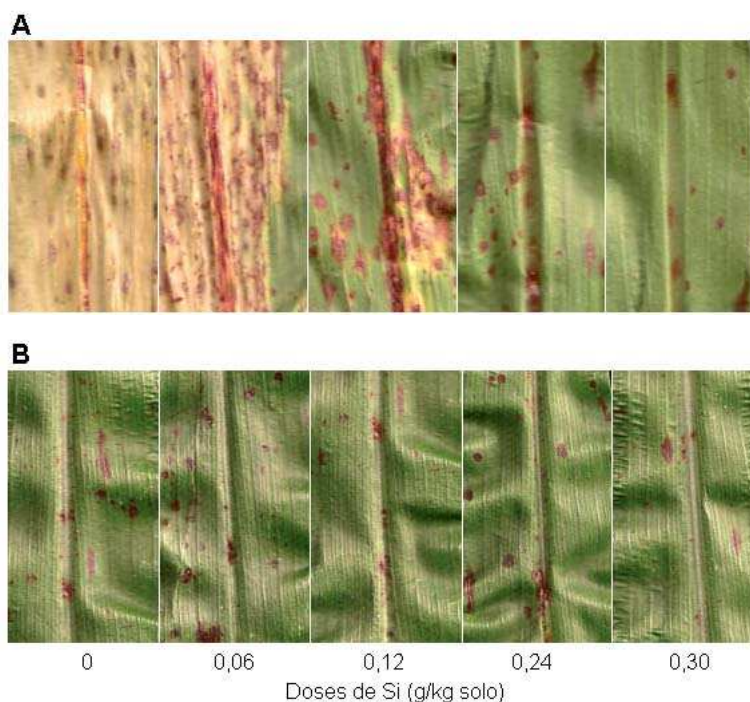


**Figura 6.** Porcentagem de área foliar necrótica em folhas da linhagem BR009 (susceptível) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.



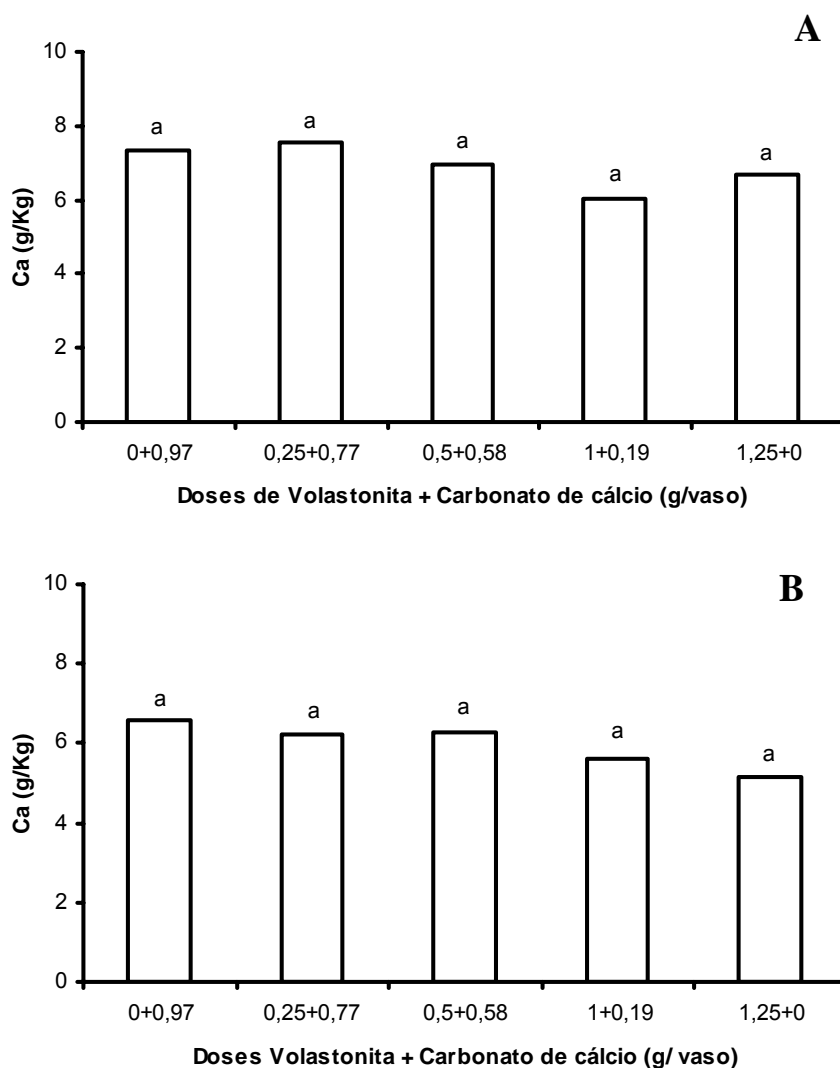
**Figura 7.** Porcentagem de área foliar pigmentada em folhas da linhagem BR009 (suscetível) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

**Efeito do Si na Severidade da Antracnose do sorgo:** Os sintomas da antracnose na linhagem suscetível (BR009) e resistente (BR005), em função das doses crescentes de Si está ilustrado na Figura 8.

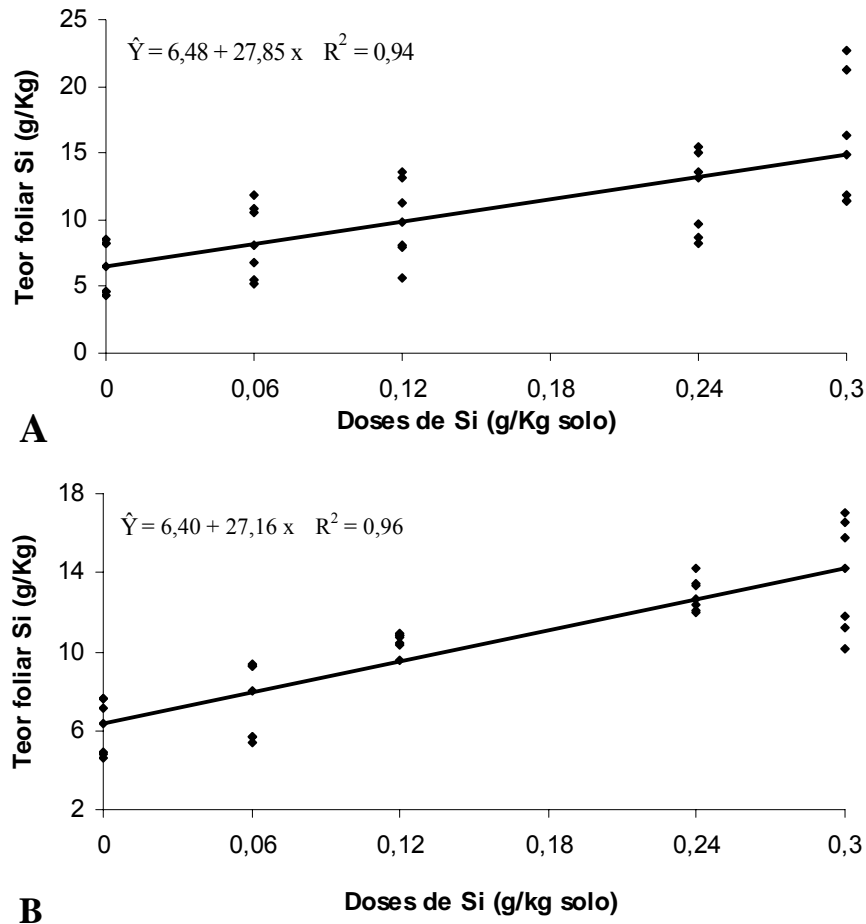


**Figura 8.** Sintomas da antracnose nas folhas das plantas de sorgo da linhagem suscetível BR009 (A) e resistente BR005 (B) em função das doses crescentes de Si.

**Teor foliar de Si e Ca:** Não houve diferença significativa quanto ao teor foliar de cálcio nas duas linhagens de sorgo e nem entre as combinações de volastonita e carbonato de cálcio após o agrupamento dos teores foliares de Ca dos dois experimentos (Figura 9). O teor foliar de Si aumentou de forma linear positiva em função das doses crescentes de Si no solo, apresentando um incremento em relação ao controle de 55 e 58%, respectivamente, nas linhagens suscetível e resistente (Figura 10).



**Figura 9.** Teor foliar de cálcio nas linhagens BR009, suscetível (A) e BR005, resistente (B) em função das doses de volastonita e carbonato de cálcio utilizadas para padronizar o nível desse elemento no solo. Médias com a mesma letra não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.



**Figura 10.** Teores de Si em folhas de sorgo das linhagens BR009, suscetível (A) e BR005, resistente (B) em função das doses crescentes de Si. Dados referentes aos dois experimentos.

**Teor de Antocianinas em Folhas de Sorgo:** A análise de variância revelou, pelo teste de F, diferença significativa apenas para os fatores inoculação, doses de Si e para as interações inoculação x doses de Si e inoculação x linhagens de sorgo ( $P \leq 0,01$ ). As plantas inoculadas tiveram seus teores de antocianina significativamente maiores que as plantas não inoculadas. Na linhagem resistente inoculada, o teor de antocianinas foi significativamente maior do que na suscetível inoculada. No entanto, em plantas não inoculadas, não houve diferença significativa no teor de antocianina entre as linhagens resistente e suscetível (Tabela 1). Nas plantas inoculadas supridas com Si observou-se um aumento significativo no conteúdo de antocianinas em relação às plantas inoculadas sem Si, porém nas plantas não inoculadas não foi detectada diferença significativa entre as plantas supridas ou não com Si (Tabela 2).

**Tabela 1.** Teor de antocianinas em folhas de sorgo expresso em Abs (480 nm/0,1g de folha fresca).

Tratamentos	Linhagens*	
	Suscetível	Resistente
Plantas inoculadas	1,0263 Ab	1,0941 Aa
Plantas não-inoculadas	0,2843 Ba	0,2624 Ba

\* médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste deTukey.

\*\* CV: 11%

**Tabela 2.** Teor de antocianinas em folhas de sorgo expresso em Abs (480 nm/0,1g de folha fresca).

Tratamentos	Doses de Si*	
	0 g/vaso	0,3g/vaso
Plantas inoculadas	0,9798 Aa	1,1405 Ab
Plantas não-inoculadas	0,2893 Ba	0,2573 Ba

\* médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste deTukey.

\*\* CV: 11%

**Compostos fenólicos solúveis totais:** A análise de variância revelou diferenças significativas para o fator inoculação e para as interações doses de Si x inoculação e linhagens de sorgo x doses de Si x inoculação. Não houve diferença significativa no teor de compostos fenólicos solúveis totais entre as plantas inoculadas e não inoculadas da linhagem resistente supridas com Si. Para os demais tratamentos, o teor de compostos fenólicos solúveis totais foi significativamente maior em plantas não inoculadas do que em plantas inoculadas. Não foi detectado diferenças significativas para o teor de compostos fenólicos solúveis totais entre as plantas supridas ou não com Si dentro da linhagem suscetível tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas. Nas plantas inoculadas da linhagem resistente, o teor de compostos fenólicos solúveis totais foi maior nas plantas supridas com Si do que nas plantas sem Si. No entanto, nas plantas não inoculadas da linhagem resistente o teor de compostos fenólicos solúveis totais foi maior em plantas sem Si do que em plantas supridas com esse elemento. O teor de compostos fenólicos solúveis totais foi significativamente maior na linhagem suscetível do que na resistente em plantas não inoculadas e supridas com Si. Para os demais tratamentos não houve diferença significativa entre as linhagens resistente e suscetível (Tabelas 3, 4 e 5).

**Tabela 3.** Decomposição da interação tripla do fator linhagens de sorgo aninhado com a interação dupla doses de Si vs. inoculação.

FV <sup>1</sup>	GL	QM	F <sup>2</sup>
Dose de Si (D)	1	9793,796033	0,342 ns
Inoculação (I)	1	786119,711008	27,426 **
D x I	1	208354,724033	7,269 **
L(D1 x I1)	1	19678,950208	0,687 ns
L(D1 x I2)	1	23367,717633	0,815 ns
L(D2 x I1)	1	183830,630208	6,413 *
L(D2 x I2)	1	28663,486224	3,388 ns
Resíduo	40		
Total	47		

<sup>2</sup> \*/\*\* F significativo aos níveis de 5 e 1%, pelo teste F, respectivamente.

<sup>1</sup> I1 – não inoculada; I2 – inoculada; D1 – sem Si; D2 – Com Si; L1 – suscetível; L2 – resistente

**Tabela 4.** Decomposição da interação tripla do fator doses de Si aninhado com a interação dupla linhagens de sorgo vs. inoculação

FV <sup>1</sup>	GL	QM	F <sup>2</sup>
Linhagens de sorgo(L)	1	4207,133008	0,147 ns
Inoculação (I)	1	786119,711008	27,426 **
L x I	1	50001,721008	1,744 ns
D(L1 x I1)	1	11187,413333	0,390 ns
D(L1 x I2)	1	2067,712533	0,072 ns
D(L2 x I1)	1	214615,253333	7,487 **
D(L2 x I2)	1	260049,409200	9,072 **
Resíduo	40		
Total	47		

<sup>2</sup> \*\* F significativo ao nível de 1% pelo teste F.

<sup>1</sup> I1 – não inoculada; I2 – inoculada; D1 – sem Si; D2 – Com Si; L1 – suscetível; L2 – resistente

**Tabela 5.** Decomposição da interação tripla do fator inoculação aninhado com a interação dupla linhagens de sorgo vs. doses de Si

FV <sup>1</sup>	GL	QM	F <sup>2</sup>
Linhagens de sorgo(L)	1	4207,133008	0,147 ns
Doses de Si (D)	1	9793,796033	0,342 ns
L x D	1	2733,100833	0,095 ns
I(L1 x D1)	1	275596,706133	9,615 **
I(L1 x D2)	1	342542,746133	11,950 **
I(L2 x D1)	1	669319,950208	23,351 **
I(L2 x D2)	1	24054,921075	0,839 ns
Resíduo	40		
Total	47		

<sup>2</sup> \*\* F significativo ao nível de 1% pelo teste F.

<sup>1</sup> I1 – não inoculada; I2 – inoculada; D1 – sem Si; D2 – Com Si; L1 – suscetível; L2 – resistente

**Derivados da lignina-ácido tioglicólico (LATG):** A análise de variância revelou diferenças significativas para o fator linhagens de sorgo, para as interações linhagens de sorgo x doses de Si e linhagens de sorgo x doses de Si x inoculação. O teor de LATG foi significativamente maior na linhagem suscetível do que na linhagem resistente em plantas inoculadas que não receberam Si. Para os demais tratamentos, não houve diferença significativa entre as plantas das linhagens resistente e suscetível, supridas ou não com Si, independente do fator inoculação. Não foi observada diferença significativa para o teor de LATG entre as doses de Si dentro de cada linhagem de sorgo tanto nas plantas inoculadas quanto nas plantas não inoculadas. Exceto em plantas inoculadas da linhagem suscetível e não supridas com Si, onde o teor de lignina foi significativamente maior do que as respectivas plantas supridas com Si. O teor de LATG foi significativamente maior apenas nas plantas inoculadas da linhagem suscetível não supridas com Si quando comparada às plantas dessa mesma linhagem também não supridas com Si, porém não inoculadas (Tabelas 6, 7 e 8).

**Tabela 6.** Decomposição da interação tripla do fator linhagens de sorgo aninhado com a interação dupla doses de Si vs. inoculação

FV <sup>1</sup>	GL	QM	F <sup>2</sup>
Dose de Si (D)	1	4574,92752	0,331 ns
Inoculação (I)	1	24169,226419	1,750 ns
D x I	1	51744,676669	3,746 ns
L(D1 x I1)	1	5534,107500	0,401 ns
L(D1 x I2)	1	293932,040533	21,277 **
L(D2 x I1)	1	596,712033	0,043 ns
L(D2 x I2)	1	4,625208	0,000 ns
Resíduo	40		
Total	47		

<sup>2\*\*</sup> F significativo ao nível de 1% pelo teste F.

<sup>1</sup> I1 – não inoculada; I2 – inoculada; D1 – sem Si; D2 – Com Si; L1 – suscetível; L2 – resistente

**Tabela 7.** Decomposição da interação tripla do fator doses de Si aninhado com a interação dupla linhagens de sorgo vs. inoculação

FV <sup>1</sup>	GL	QM	F <sup>2</sup>
Linhagens de sorgo(L)	1	103402,408802	7,485 **
Inoculação (I)	1	24169,226419	1,750 ns
L x I	1	49614,523002	3,591 ns
D(L1 x I1)	1	15024,471008	1,088 ns
D(L1 x I2)	1	122444,322133	8,864 **
D(L2 x I1)	1	29769,444675	2,155 ns
D(L2 x I2)	1	36131,895075	2,616 ns
Resíduo	40		
Total	47		

<sup>2</sup>\*\*\* F significativo ao nível de 1% pelo teste F.

<sup>1</sup> I1 – não inoculada; I2 – inoculada; D1 – sem Si; D2 – Com Si; L1 – suscetível; L2 – resistente

**Tabela 8.** Decomposição da interação tripla do fator inoculação aninhado com a interação dupla linhagens de sorgo vs. doses de Si

FV <sup>1</sup>	GL	QM	F <sup>2</sup>
Linhagens de sorgo(L)	1	103402,408802	7,485 **
Doses de Si (D)	1	4574,92752	0,331 ns
L x D	1	87015,636752	6,299 *
I(L1 x D1)	1	180923,697633	13,097 **
I(L1 x D2)	1	2222,513008	0,161 ns
I(L2 x D1)	1	1798,79533	0,130 ns
I(L2 x D2)	1	618,341633	0,045 ns
Resíduo	40		
Total	47		

<sup>2</sup>\*/\*\* F significativo aos níveis de 5 e 1%, pelo teste F, respectivamente.

<sup>1</sup> I1 – não inoculada; I2 – inoculada; D1 – sem Si; D2 – Com Si; L1 – suscetível; L2 – resistente



## 5. DISCUSSÃO

As plantas, principalmente gramíneas, absorvem Si em quantidades variáveis dependendo da espécie (Epstein & Bloom, 2005). Os valores de Si variam aproximadamente entre 0,1 a 10% do peso da matéria seca das plantas, no entanto valores mais baixos ou mais altos que esses podem ser encontrados (Epstein, 1994). As maiores quantidades de Si são encontradas em arroz, com aproximadamente 6,3% do peso da matéria seca das folhas (Epstein, 1999). Em sorgo, Hattori et al. (2005) relataram que a concentração do Si nas folhas foi de aproximadamente 2% do peso da matéria seca. No presente estudo, o teor foliar médio de Si foi de 1,5% quando as plantas foram submetidas a doses máximas de Si no solo. Esse teor de Si observado apesar de ser baixo quando comparado aos teores de plantas de arroz, foi suficiente para causar uma redução na severidade da antracnose indicando que o Si pode contribuir para a resistência das plantas mesmo em concentrações muito abaixo das plantas de arroz as quais são consideradas as maiores acumuladoras de Si.

O teor de Si nas duas linhagens de sorgo aumentou com as doses crescentes de Si adicionadas ao solo. Esses resultados são análogos aos já relatados na literatura em que o teor de Si na planta aumenta com níveis crescentes desse elemento no solo (Snyder et al., 1986; Datnoff et al., 1991; Datnoff & Snyder, 1992; Winslow, 1992, Deren et al., 1994). De acordo com Jones & Handreck (1967), espécies de plantas da família Poaceae acumulam Si a níveis iguais ou maiores que a taxa de transpiração.

Trabalhos visando inferir sobre a resistência do sorgo à antracnose utilizando Si ainda não foram constatados na literatura, e este estudo prova a evidência de que o Si aumenta a resistência do sorgo à antracnose. Alguns dos componentes de resistência avaliados nesse estudo foram negativamente afetados pelo elevado acúmulo de Si nas folhas. Esse efeito negativo deve-se principalmente ao Si, uma vez

que o teor de Ca no solo foi mantido constante e após análise foliar não se detectou diferença significativa no teor desse elemento para as duas linhagens de sorgo nas combinações de volastonita e carbonato de cálcio.

Embora o PI tenha sido relatado como um importante componente de resistência em muitos patossistemas (Johnson & Wilcoxson, 1978; Parlevliet, 1979; Pelletier & Fry, 1989; Rotem, 1994), há patossistemas em que o PI não é um componente útil para detectar a resistência quantitativa como em *Stylosanthes scabra*-*C. gloeosporioides* e trigo-*Septoria nodorum* (Chakraborty et al., 1988). Em arroz, o PI de *M. grisea* e de *R. solani* foram prolongados com o aumento das doses de Si no solo (Seebold et al., 2001; Rodrigues et al., 2003). No entanto, em sorgo o Si teve efeito significativo em prolongar o PI de *C. sublineolum* apenas na linhagem suscetível. O atraso no PI na linhagem suscetível em relação à resistente pode ser explicado pelo fato de o sorgo acumular um complexo de fitoalexinas pigmentadas (3-deoxiantocianidinas, apigenidina e luteolinidina) em resposta à invasão pelo patógeno (Nicholson et al., 1998). O acúmulo desses compostos ocorre nas interações compatíveis ou não, porém nas interações raça específica a produção desses compostos se dá mais rapidamente quando comparada às interações compatíveis (Lo et al., 1999). Assim explica-se a ocorrência do PI na linhagem resistente ser de forma mais rápida que na linhagem suscetível. Este fato demonstra que o PI não é um componente de resistência importante a ser avaliado em sorgo, principalmente em cultivares com alto nível de resistência.

Para o PL<sub>60</sub>, detectou-se efeito das doses de Si apenas na linhagem suscetível. O PL<sub>60</sub> foi prolongado de 130 para 153 horas com o aumento das doses de Si. Casela et al. (1993), relataram que a resistência dilatária expressa em alguns genótipos de sorgo foi altamente correlacionada com o PL. Entretanto, não foi observado nenhum efeito do Si no PL de *M. grisea* em algumas cultivares de arroz com diferentes níveis de resistência (Seebold et al., 2001). O PL é um importante componente de resistência a doenças, pois ele indica a presença dos primeiros conídios produzidos pela lesão (Parlevliet, 1979). Conídios produzidos mais cedo têm maior efeito na epidemia em relação aos produzidos tardiamente (Zadoks, 1971; Parlevliet, 1979). Um pequeno aumento no PL resulta em um significativo decréscimo na taxa de progresso da doença em consequência do menor número de ciclos reprodutivos do patógeno (Zadoks, 1971). Um atraso no PL pode estar relacionado com a resistência

da planta, assim o PL relacionado com outros componentes de resistência poderá ser útil em estratégias de manejo da antracnose do sorgo.

A FRI de *C. sublineolum*, expressa como o número de acérvulos por cm<sup>2</sup> de área foliar, apresentou um decréscimo de 75,7% da dose 0 para a dose 0,3g de Si. O aumento no teor de Si em folhas de arroz decresce esse componente de resistência (Seebold et al., 2001). A menor frequência de infecção comumente observada em estudos de resistência pode ser explicada por mecanismos de resistência ativados durante o processo infeccioso (Bailey et al., 1992). Diferenças na FRI são resultantes da reação de resistência da planta sobre vários estágios do desenvolvimento do patógeno, ou seja, desde a adesão do propágulo até a colonização do tecido foliar (Parlevliet, 1979). Como esse componente indica o sucesso de novas infecções, os resultados obtidos no presente estudo são interessantes haja vista que quanto menor o valor da FRI menor será a produção de propágulos e, conseqüentemente, de ciclos secundários da antracnose.

Numerosos estudos têm demonstrado os efeitos benéficos do Si na redução da severidade de doenças em diferentes patossistemas. Em arroz, a brusone, a mancha parda, a podridão do colmo, a escaldadura e a queima-das-bainhas tiveram suas severidades significativamente reduzidas após a aplicação de Si no solo (Datnoff et al., 1997; Savant et al., 1997; Rodrigues et al., 2001, 2003). O Si também controlou o míldio pulverulento em alguns cereais de inverno como o trigo, a cevada e o centeio (Leusch & Buchenauer, 1988, 1989; Rodgers-Gray & Shaw, 2000). Reduções na severidade do míldio pulverulento em melão, pepino e abobrinha tratadas com Si também foram relatados (Samuels et al. 1991; Menzies et al., 1992). A severidade é um componente bastante utilizado para o estudo da resistência à antracnose do sorgo, pois é um fenótipo que sumariza a contribuição de muitos componentes de resistência. A AACPD fornece informações quantitativas que expressam, de modo integrado, o efeito da resistência na redução da severidade da doença (Jeger & Viljanen-Rollinson, 2001). Isso pode auxiliar na diferenciação dos níveis de resistência das plantas a semelhança do que ocorreu no presente estudo onde plantas suscetíveis supridas com Si foram mais resistentes do que plantas que não receberam esse elemento.

Sistemas de análise de imagens digitais têm auxiliado na mensuração da severidade de doenças (Liberato, 2003). No presente estudo, estimou-se a porcentagem de área foliar necrótica e pigmentada utilizando-se o programa

QUANT. Na linhagem suscetível de sorgo, nos dois experimentos, observou-se uma correlação significativa e positiva entre a porcentagem de área foliar necrótica e pigmentada. O decréscimo da porcentagem de área foliar pigmentada em função das doses crescentes de Si contradiz os resultados encontrados na extração de antocianinas, em que as plantas supridas com Si apresentaram maior conteúdo de pigmentos avermelhados que as plantas sem Si. No entanto, deve-se considerar que o conteúdo de antocianina na folha é mais preciso, já que a determinação da porcentagem de área foliar pigmentada no QUANT avalia apenas a área pigmentada na superfície foliar.

A acumulação de antocianinas é induzida por vários fatores ambientais, como a radiação UV (Shichijo et al., 1993; Reddy et al., 1994), baixas temperaturas (Christie et al., 1994) e o ataque de patógenos (Harrison & Strickland, 1980, Heim et al., 1983). Foi constatado no presente estudo que em plantas de sorgo inoculadas, o teor de antocianina foi maior do que em plantas não inoculadas, independente da linhagem e da dose de Si utilizada. Esses resultados estão de acordo com relatos na literatura em que a produção de antocianinas em sorgo ocorre quando as plantas são infectadas por *C. sublineolum* (Nicholson et al., 1987; Snyder and Nicholson, 1990; Lo et al., 1999; Huang & Backhouse, 2005). Na linhagem de sorgo resistente, o teor de antocianina foi maior que na linhagem suscetível. Segundo Lo et al. (1999) e Wharton & Julian (1996), as respostas de defesa em cultivares resistentes de sorgo se caracterizam por uma maior e mais rápida acumulação de fitoalexinas quando comparadas a cultivares suscetíveis. Plantas inoculadas e supridas com Si tiveram um aumento significativo no conteúdo de antocianinas em relação às plantas inoculadas sem Si. Porém, nas plantas não inoculadas não foi detectada diferença entre as plantas supridas ou não com Si. Fauteux et al. (2006) demonstraram por meio de análises da expressão gênica em *Arabidopsis* que o Si não afetou o metabolismo de plantas não stressadas. No entanto, foram detectadas propriedades benéficas desse elemento em regular respostas de defesa da planta ao stress provocado pelo patógeno *Erysiphe cichoracearum*. O presente estudo demonstrou que a produção de pigmentos em sorgo é devido à resposta da planta a algum tipo de stress e que o Si potencializou o acúmulo de antocianinas. Como antocianinas são consideradas fitoalexinas, o Si mostrou ser um elemento importante em potencializar repostas de defesa do sorgo à antracnose.

Inúmeros trabalhos demonstraram que o Si afeta a produção de compostos fenólicos em plantas atacadas por patógenos (Menzies et al., 1991; Chérif et al., 1994; Carver et al., 1998; Rodrigues et al., 2005). No presente estudo, as plantas da linhagem resistente, inoculadas e supridas com Si, tiveram um maior teor de compostos fenólicos solúveis totais do que plantas inoculadas sem Si. Na linhagem suscetível, tanto em plantas inoculadas quanto em não inoculadas, o teor de compostos fenólicos solúveis totais não diferiu entre as plantas supridas ou não com Si. O teor de compostos fenólicos solúveis totais nas plantas da linhagem suscetível não inoculadas e supridas com Si foi maior que nas plantas da linhagem resistente não inoculadas e supridas inoculadas. Sridhar & Mahadevan (1979), relataram que cultivares de arroz suscetíveis a brusone tendem acumular mais compostos fenólicos que as cultivares resistentes. Foi detectado também no presente estudo que o teor de compostos fenólicos solúveis totais foi maior em nas plantas não inoculadas que nas inoculadas. Essa maior concentração de compostos fenólicos nas plantas não inoculadas em relação às inoculadas deve-se, provavelmente, ao maior acúmulo de antocianinas nas plantas inoculadas. Fenilpropanóides e flavonóides são precursores na rota das antocianinas (Lo & Nicholson, 1998). Após a inoculação das plantas a rota dos fenilpropanóides pode ter sido desviada para a produção de antocianinas. Isso pode explicar o fato das plantas inoculadas apresentarem altos teores de antocianinas e baixos teores de compostos fenólicos solúveis. Naturalmente, estudos enzimáticos devem ser realizados para elucidar as causas dessa maior concentração de compostos fenólicos nas plantas não inoculadas.

A lignificação da parede celular é caracterizada como uma das reações desencadeadas pelo sistema de defesa da planta para tentar impedir a penetração ou restringir a colonização das células pelos patógenos (Vance et al., 1980; Kuae & Preisig, 1984). Embora nas plantas inoculadas da linhagem resistente a concentração de LATG tenha sido similar entre plantas supridas ou não com Si, na linhagem suscetível as plantas supridas com Si tiveram seu teor de LATG menor que nas plantas que não receberam Si. Estes dados são similares aos relatados por Rodrigues et al. (2005) em que o acúmulo de lignina foi menor em plantas de arroz tratadas com Si em relação às plantas sem Si na cultivar suscetível. Na cultivar resistente diferenças entre plantas supridas ou não com Si não foram observadas. Foi detectado também no presente estudo, que nas plantas inoculadas e não supridas com Si, a linhagem suscetível teve o teor de LATG maior que a linhagem resistente.

Entretanto, nas plantas supridas com Si não houve diferença entre as linhagens suscetíveis e resistentes, tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas. Os dados desse trabalho sugerem que a linhagem suscetível não suprida com Si e inoculada apresentou maior teor de LATG, porém os elevados teores de LATG nessas plantas não explicaram a resistência das mesmas à *C. sublineolum*.

Com base na redução da severidade da antracnose e do aumento no PL<sub>60</sub> e FRI em plantas da linhagem suscetível supridas com Si, infere-se que apesar da penetração, infecção, colonização e multiplicação do patógeno terem ocorrido, esses eventos da patogênese foram reduzidos. Não se sabe com certeza os mecanismos pelos quais o Si reduziu a severidade antracnose. Pressupõe-se que esse elemento tenha potencializado o acúmulo de antocianinas e compostos fenólicos solúveis totais nas plantas a semelhança do constatado em outros trabalhos, em que o Si associou-se ao acúmulo de compostos antifúngicos tais como fitoalexinas e proteínas relacionadas à patogênese (Chérif et al., 1991; 1992; 1994; Fawe et al., 1998; Rodrigues et al., 2004; 2005). Contudo, fazem-se necessários estudos de natureza histológica e molecular para melhor elucidar o modo de ação do Si no controle da antracnose do sorgo.

## 6. CONCLUSÕES

1) O teor foliar de Si aumentou e o teor foliar de Ca se manteve constante em função das doses crescentes de Si no solo;

2) Na linhagem suscetível, houve aumento do PI e PL<sub>60</sub> e decréscimo nas variáveis AACFRI , AACIA e na severidade final da antracnose em função das doses crescentes de Si. Não foi observado a presença de acérvulos em folhas da linhagem resistente;

3) As variáveis AACIA , severidade final da antracnose e severidade estimada não foram afetadas pelas doses de Si na linhagem resistente;

4) Os maiores teores de antocianina foram observados em plantas de sorgo inoculadas e supridas com Si;

5) O teor de compostos fenólicos solúveis totais foi maior nas plantas da linhagem resistente supridas com Si;

6) Na linhagem suscetível, o teor de derivados da LATG foi maior em plantas inoculadas e não supridas com Si. Na linhagem resistente, não houve efeito dos fatores inoculação e doses de Si no teor de derivados da LATG;

7) Os teores de compostos fenólicos totais e de derivados da LATG não explicaram a resistência das plantas à *C. sublineolum* e

8) O Si foi eficiente no controle da antracnose apenas na linhagem suscetível.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, M. E. K. & Warren, H. L. 1987. Physiological Races of *Colletotrichum graminicola* on sorghum. *Plant Disease* 71:402-404.
- Ali, M. E. K. & Warren, H. L. 1992. Anthracnose of sorghum. Pages 203-208 in: *Sorghum and millets diseases: A second world review*. De Milliano, W.A.J.; Frederiksen, R.A. & Bengston, G.D. eds. Patancheru, ICRISAT.
- Alvarez V. V. H., Novais, R. F., Dias, L. E., Oliveira, J. A. 2000. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.27-32.
- Alvarez V., V. H. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de MG. Viçosa: UFV, 1974. 125p. (Dissertação – M.S)
- Bailey, J. A., O'Connell, R. J., Pring, R. J., Nash, C. 1992. Infection strategies of *Colletotrichum* species. In: Bailey, J.A. & Jeger, M.J. (Eds.) *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. Wallingford, CAB International. pp.88-120.
- Banzatto, D. A. & S. N. Kronka. 1995. *Experimentação Agrícola*, FUNEP, Jaboticabal.
- Barber M. S., Ride J. P. 1998. A quantitative assay for induced lignification in wounded wheat leaves and its use to survey potential elicitors of the response. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 32: 185-197.
- Bélangier, R. R., Benhamou, N., Menzies, J. G. 2003. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*). *Phytopathology* 93:402-412.



Bélanger, R. R., Bowen, P. A., Ehret, D. L., Menzies, J. G. 1995. Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease* 70:329-335.

Berger R. D, Bergamim A., Amorim L. 1997. Lesion expansion as an epidemic component. *Phytopathology* 87:1005–1013.

Bowen, P., Menzies, J., Ehret, D., Samuels, L., Glass, A. D. M. 1992. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 117:906-912.

Cardwell, K. F., Hepperly, P. R., Frederiksen, R.A. 1989. Pathotypes of *Colletotrichum graminicola* and seed transmission of sorghum anthracnose. *Plant Disease* 73:255-257.

Carver T. L. W., Robbins M. P, Thomas B. J, Troth K, Raistrick N, Zeyen, R. J. 1998. Silicon deprivation enhances localized autofluorescent responses and phenylalanine ammonia-lyase activity in oat attacked by *Blumeria graminis*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 52:245-257.

Carver, T. L. W., Zeyen, R. J., Ahlstrand, G. G. 1987. The relationship between insoluble silicon and success or failure of attempted primary penetration by powdery mildew (*Erysiphe graminis*) germlings on barley. . *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 31:133-148.

Casela, C. R. & Ferreira A. S. 1987. Proposta de um sistema de classificação de raças de *Colletotrichum graminicola* agente causal da antracnose em sorgo (*Sorghum bicolor*). *Fitopatologia Brasileira* 12:337-344.

Casela, C. R., Frederiksen, R. A., Ferreira, A. S. 1993. Evidence for dilatory resistance to anthracnose in sorghum. *Plant Disease*. 77:908-911.

Casela, C. R., Pinto, M. F. J. A., Oliveira, E., Ferreira, A. S. 1997. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): controle de doenças. p 1025-1064 in: Controle de doenças de plantas. Vale, F.X.R. & Zambolim, L. Eds. Editora UFV, Viçosa-MG.

Chakraborty, S., Cameron, D. F., Irwin, J. A. G. & Edey, L. A. 1988. Quantitatively expressed resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in *Stylosanthes scabra*. Plant Pathology 37:529-537.

Chérif, M. & Bélanger, R. R. 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. Plant Disease. 76: 1008-1010.

Chérif, M., Asselin, A., Bélanger, R. R. 1994. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. Phytopathology 84:236-242.

Chérif, M., Benhamou, N., Bélanger, R. R. 1991. Ultrastructural and cytochemical studies of fungal development and host reactions in cucumber plants infected by *Pythium ultimum*. . Physiological and Molecular Plant Pathology. 39:353-375.

Chérif, M., Benhamou, N., Menzies, J. G., Bélanger, R. R. 1992. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. Physiological and Molecular Plant Pathology 41:411-425.

Christie P. J., Alfenito M.R., Walbot V. 1994. Impact of lowtemperature stress on general phenylpropanoid and anthocyanin pathways: enhancement of transcript abundance and anthocyanin pigmentation in maize seedlings. Planta 194: 541–549

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). 2007

Costa, R. V., Casela, C. R., Zambolim, L., Ferreira, A.S. 2003. A antracnose do sorgo. Fitopatologia Brasileira 28: 345-354.

Datnoff, L. E., Deren, C. W., Snyder, G. H. 1997. Silicon fertilization for diseases management of rice in Florida. Crop Protection 16:525-531.

Datnoff, L. E., Seebold, K. W., Correa-Victoria, F. J. 2001. Use of silicon for integrated disease management: Reducing fungicide applications and enhancing host

plant resistance. Pages 171-184 in: Silicon in Agriculture. L. E. Datnoff, G. H. Snyder, and G. H. Korndörfer, eds. Elsevier Science, The Netherlands.

Datnoff, L. E. & Snyder, G. H. 1992. Variable silicon content of rice cultivars grown on Everglades Histosols. *Journal of Plant Nutrition* 15:2363-2368.

Datnoff, L. E., Snyder, G. H., Raid, R. N. & Jones, D.B. 1991. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease* 75:729-732.

Deren, C. W., Datnoff, L. E., Snyder, G. H., Martin, F. G. 1994. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Science* 34:733-737.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: 1999. 412 p.

Epstein E. & Bloom A. J. 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives* (Sinauer, Sunderland, MA), 2nd Ed. 400p.

Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 91:11-17.

Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50:641-664.

Epstein, E. 2001. Silicon in plants: facts vs. concepts In: *Silicon in Agriculture* (Datnoff, L.E., Snyder, G.H. and Korndörfer, G.H., Eds.), pp. 1–16. Elsevier, Amsterdam.

Fauteux F, Chain F, Belzile F. 2006. [The protective role of silicon in the \*Arabidopsis\*-powdery mildew pathosystem](#). *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America* 103 (46): 17554-17559.

- Fawe, A., Abou-Zaid, M., Menzies, J. G., and Bélanger, R. R. 1998. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. *Phytopathology* 88:396-401.
- Frederiksen, R. A. 1984. Anthracnose stalk rot. In: Sorghum root and stalk rots. A critical review. Bellagio, Italy, 1983. Proceedings. Patancheru, ICRISAT, p.37-42
- Frederiksen, R. A. 2000. Compendium of sorghum diseases. St. Paul: American Phytopathological Society.
- Gomez, K. A., Gomez, A. A. 1994. Statistical Procedures for Agricultural Research, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley, New York, USA.
- Harris, H. B. & Sowell, G. 1970. Incidence of *Colletotrichum graminicola* on *Sorghum bicolor* introductions. *Plant Disease Reporter* 54:60-62.
- Harris, H. B., Johnson, B. J., Dobson, J. W., and Luttrell, E. S. 1964. Evaluation of anthracnose on grain sorghum. *Crop. Sci.* 4:460-462.
- Harrison B. J., Strickland R. G. 1980. Precursors and genetic control of pigmentation. V. Initiation of anthocyanin synthesis in *Antirrhinum majus* by *Botrytis cinerea*. *Heredity* 44: 103–109
- Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., An, P., Morita, S., Luxova, M., Lux, A. 2005. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum* 123: 459-466.
- Heath, M. C. & Stumpf, M. A. 1986. Ultrastructural observations of penetration sites of the cowpea rust fungus in untreated and silicon-depleted French bean cells. . *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 29:27-39.

Heim D., Nicholson R. L., Paschiolati S. F., Hagerman A. E., Billett W. 1983. Etiolated maize mesocotyls: a tool for investigating disease interactions. *Phytopathology* 73:424–428.

Holliday, P. 1980. *Fungi diseases of tropical crops*. Cambridge University Press: Cambridge, U.K.

Huang L. D., Backhouse D. 2005. Induction of Defence Responses in Roots and Mesocotyls of Sorghum Seedlings by Inoculation with *Fusarium thapsinum* and *F. proliferatum*, Wounding and Light. *J. Phytopathology* 153, 522–529

Ishiguro, K. 2001. Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast. Pgs.277-291. In: *Silicon in Agriculture*, L. E. Datnoff,G.

Jeger, M. J. & Viljanen-Rollinson, S. L. H. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 102:32-40.

Johnson, D. A. & Wilcoxson, R. D. 1978. Components of slow-rusting in barley infected with *Puccinia hordei*. *Phytopathology* 68:1470-1474.

Jones, L. H. P., Handreck, K. A. 1967. Silica in soils, plants and animals. *Advances in Agronomy*, New York, v.19, n.1, p.107-149.

Kim, S. G., Kim, K. W., Park, E. W, Choi, D. 2002. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: a possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. *Phytopathology* 92:1095-1103.

Korndörfer, G. H., Pereira, H. S., Nola, A. 2004. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU. 34p. (Boletim técnico, 2).

Kuc, J.; Preisig, C. 1984. Fungal regulation of disease resistance mechanisms in plants. *Mycologia* 76:767-784.

Leusch, H. J. & Buchenauer, H. 1989. Effect of soil treatments with silica-rich lime fertilizers and sodium trisilicate on the incidence of wheat by *Erysiphe graminis* and *Septoria nodorum* depending on the form of N-fertilizer. Journal of Plant Disease Protection 96:154-172.

Leusch, H. J. & Buchenauer, H. Si-Gehalte und Si-Lokalisation. 1988. im Weizenblatt und deren Bedeutung für die Abwehr einer Mehltauinfektion. Kali-Briefe (Büntehof) 19:13-24.

Liberato, J. R. 2003. Desenvolvimento e avaliação do Software Quant para quantificação de doenças de plantas por análise de imagens. Tese (Doutorado) – Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Lo S. C., Nicholson R. L. 1998. Reduction of light-induced anthocyanin accumulation in inoculated sorghum mesocotyls. Implications for a compensatory role in the defense response. Plant Physiology. 116:979–989.

Lo, S. C., De Verdier, K., Nicholson, R.L. 1999. Accumulation of 3-deoxyanthoxyanidin phytoalexins and resistance to *Colletotrichum sublineolum* in sorghum. Physiological and Molecular Plant Pathology 55:263-273.

Luo, Y. & Tebeest, D.O. 1997. Infection components of wild-type and mutant strains of *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *aeschynomene* on Northern Jointvetch. Plant Disease 81:404-409.

Mckinney, H. H. 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum* Journal of Agricultural Research, St. Paul, 26:195-218.

Marschner, H. 1995. Beneficial mineral elements. p.405 In: Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, San Diego, CA.

Menzies, J. G., Ehret, D. L., Glass, A. D. M., Samuels, A. L. 1991. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39:403-414.

Menzies, J., Bowen, P., Ehret, D., Glass, A. D. M. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117:902-905.

Nicholson, R. L., Jamil, F. F., Snyder, B. A., Lue, W. L., Hispkind, J. 1988. Phytoalexin synthesis in juvenile sorghum leaf. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 33:271-278.

Nicholson, R. L., Kollipara, S. S., Vincent J. R., Lyons V. P., Cadena-Gomez G. 1987. Phytoalexin synthesis by the sorghum mesocotyl in response to infection by pathogenic and non pathogenic fungi. *Proc Natl Acad Sci USA* 84:5520–5524.

Pande, S., Mughogho, L. K., Bandyopadhyay, R., Karunakar, R. I. 1991. Variation in pathogenicity and cultural characteristics of sorghum isolates of *Colletotrichum graminicola* in India. *Plant Disease* 75:778-783.

Panizzi, R. C., Fernandes, N.G., Camargo, M. 2005 Doenças do sorgo (*Sorghum bicolor*). In: Manual de Fitopatologia. Vol. 2. Doenças das Plantas Cultivadas. Kimati, H., Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A. & Camargo, L.E.A. (Eds.). 4ª. Ed. São Paulo SP. Ceres.

Parlevliet, J. E. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology*. 17:203–222.

Pastor-Corrales, M. A. & Frederiksen, R. A. 1978. Sorghum anthracnose. Pages 289-294 In: International Workshop of Sorghum Diseases. Hyderabad, India. Proceedings. Andhra Pradesh. ICRISAT.

Pelletier, J. R. & Fry, W. E. 1989. Characterization of resistance to early blight in three potato cultivars: incubation period, lesion expansion rate, and spore production. *Phytopathology* 79:511–517.

Reddy, V. S., Goud, K. V., Sharma R., Reddy A. R. 1994. Ultraviolet-B-responsive anthocyanin production in rice is associated with a specific phase of phenylalanine ammonia lyase biosynthesis. *Plant Physiology* 105: 1059–1066

Rodgers-Gray, B. S. & Shaw, M. W. 2000. Substantial reductions in winter wheat diseases caused by addition of rice straw but not manure to soil. *Plant Pathology* 49:590-599.

Rodrigues, F. Á & Datnoff, L. E. 2005. Silicon and rice disease management. *Fitopatologia Brasileira* 30:457-459.

Rodrigues, F. Á., Benhamou, N., Datnoff, L. E., Jones, J. B., Bélanger, R. R. 2003b. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. *Phytopathology* 93:535-546.

Rodrigues, F. Á., Datnoff, L. E., Korndorfer, G. H., Seebold, K. W., Rush, M. C. 2001. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. *Plant Disease* 85:827-832.

Rodrigues, F. Á., Jurick W. M., Datnoff, L. E., Jones J. B., Rollins, J. A. 2005. Silicon influences cytological and molecular events in compatible and incompatible rice-*Magnaporthe grisea* interactions. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 66:144-159.

Rodrigues, F. Á., McNally, D. J., Datnoff, L. E., Jones, J. B., Labbé, C., Benhamou, N., Menzies, J. G., Bélanger, R. R. 2004. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. *Phytopathology* 94:177-183.

Rodrigues, F. Á., Vale, F. X. R., Datnoff, L. E., Prabhu, A. S., Korndörfer, G. H.



2003a. Effect of rice growth stages and silicon on sheath blight development. *Phytopathology* 93:256-261.

Rotem J. 1994. *The Genus Alternaria: Biology, Epidemiology and Pathogenicity*. St Paul, MN, USA, APS Press.

Samuels, A. L., Glass, A. D. M., Ehret, D. L. and Menzies, J.G. 1991. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. *Plant Cell and Environment* 14, 485–492.

Savant, N. K., Snyder, G. H., Datnoff, L. E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy* 58:151-199.

Seebold, K.; Datnoff, L.; Correa, F.; Kucharek, T.; Snyder, G. 1998. Effects of silicon and host resistance on leaf and neck blast in upland rice. (Abstr.) *Phytopathology* 88(suppl.):S80.

Seebold, K. W., Kucharek, T.A., Datnoff, L. E., Correa Victoria, F. J. & Marchetti, M. A. 2001. The influence of silicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistant, and resistant cultivars of rice. *Phytopathology* 91:63-69.

Shaner, G. & Finney, R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.

Sherrif, C., Whelan, M. J., Arnold, G. M., & Bailey, J. A. 1995. rDNA sequence analysis confirms the distinction between *Colletotrichum graminicola* and *C. sublineolum*. *Mycological Research* 99:475-478.

Shichijo C., Hamada T., Hiraoka M., Johnson C. B., Hashimoto T. 1993. Enhancement of red-light-induced anthocyanin synthesis in sorghum first internode by low temperature given in preirradiation culture period. *Planta* 191: 238–245

Silva, F. C. 1999. (Org.) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 370 p.

Snyder B. A. & Nicholson R. L. 1990. Synthesis of phytoalexins in sorghum as a site specific response to fungal ingress. *Science* 248:1637–1639.

Snyder, G. H., Jones, D. B., Gaucho, G. J. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. *Soil Science Society of American Journal* 50:1259-1263.

Sridhar, R., Mahadevan, A. 1979. Physiology and biochemistry of rice plants infected by *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Xanthomonas oryzae* and *Xanthomonas translucens f. sp. Oryzicola*. *Acta Phytopathology Acad Hung.* 14:49-82.

Sutton, B. C. 1968. The appressoria of *Colletotrichum graminicola* and *C. falcatum*. *Can. J. Bot.* 46:873-876.

Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Commonwealth Mycological Institute, Kew, London. 696p.

Thakur, R. P. & Mathur, K. 2000. Anthracnose. Pages 10-12 in: Compendium of Sorghum Diseases. Frederiksen, R.A. & Odvody, G. (Eds.). APS Press. St. Paul.

Vaillancourt, L. J. & Hanau, R. M. 1992. Genetic and morphological comparisons of *Glomerella (Colletotrichum)* isolates from maize and from sorghum. *Experimental Mycology*. 16:219-229.

Vale, F. X. R.; Fernandes Filho, E. I. F. 2003. QUANT – A software for plant disease severity assessment. In: International Congress of Plant Pathology, 8, Christchurch, New Zealand. Anais...

Vance, C. P.; Kirk, T. K.; Sherwood, R. T. 1980. Lignification as a mechanism of disease resistance in plants. *Annual Review of Phytopathology* 18:259-288.

Volk, R. J., Kahn, R. P., and Weintraub, R. L. 1958. Silicon content of the rice plant as a factor in influencing its resistance to infection by the rice blast fungus, *Piricularia oryzae*. *Phytopathology* 48:121-178.

Warren, H. L. 1986. Leaf anthracnose. Pages 10-11 in: *Compendium of Sorghum Diseases*. Frederiksen, R.A. (Ed.). St. Paul: American Phytopathological Society.

Wharton, P. S., Julian, A. M., O'Connell, R. J. 2001. Ultrastructure of the infection of *Sorghum bicolor* by *Colletotrichum sublineolum*. *Phytopathology* 91:149-158.

Wharton, P. S. & Julian, A. M. 1996. A cytological study of compatible and incompatible interactions between *Sorghum bicolor* and *Colletotrichum sublineolum*. *New Phytologist* 134:25-34.

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

Yoshida, S. 1965. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. *Bulletin of the National Institute of Agriculture Science* 15:1-58.

Yoshida, S., Ohinishi, Y., Kitagishi, K. Chemical forms, mobility, and deposition of silicon in the rice plant. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 8:107-111. 1962.

Zadoks, J. C. 1971. Systems analysis and the dynamics of epidemics. *Phytopathology* 61:600-610.

Zieslin N. & Bem-Zaken, R. 1993. Peroxidase activity and presence of phenolic substances in penduncles of rose flowers. *Plant Physiol. Biochem.* 31:333-339.