

# PAPEIS DO SILÍCIO (Si) NA INCIDÊNCIA E NA RESISTÊNCIA ÀS DOENÇAS DE PLANTAS



**Gaspar H. Korndörfer<sup>(1)</sup>**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



**Fabício de Á. Rodrigues<sup>(2)</sup>**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

SIMPÓSIO SOBRE

RELAÇÕES ENTRE NUTRIÇÃO MINERAL  
E INCIDÊNCIA DE DOENÇAS DE PLANTAS



# Grupo de Pesquisa - Si na Agricultura

**PROFESSORES - ICIAG**



**ESTUDANTES DE  
MESTRADO E  
DOUTORADO/ICIAG-UFU**



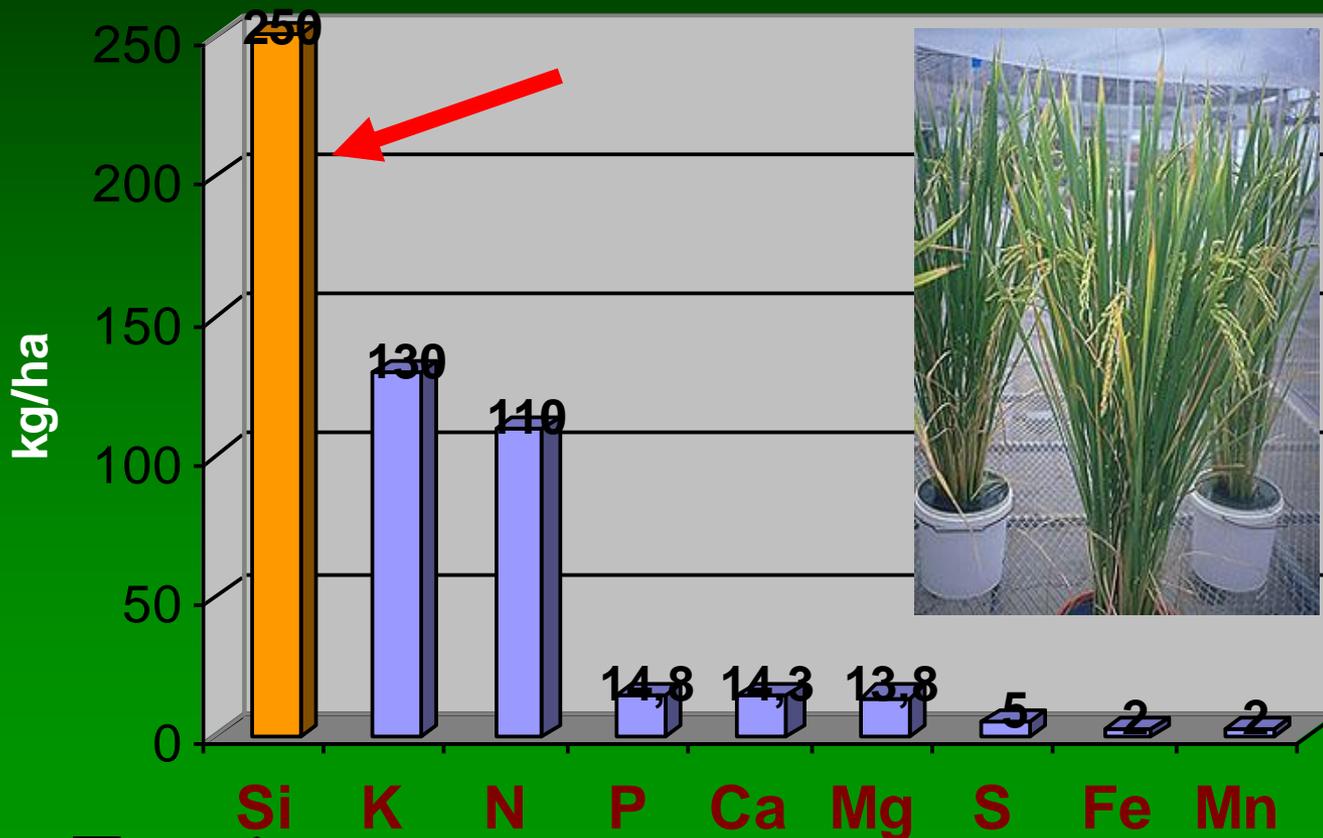
**RECÉM - DOUTORES E  
PÓS-DOUTORANDOS**

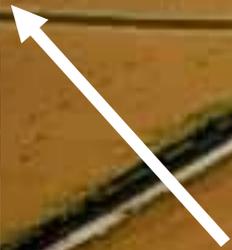


**BOLSISTAS DE INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA - CNPQ**



# Extração de Nutrientes ARROZ (5 t/ha)





**Mancha  
parda**



**COM Si**



**SEM Si**





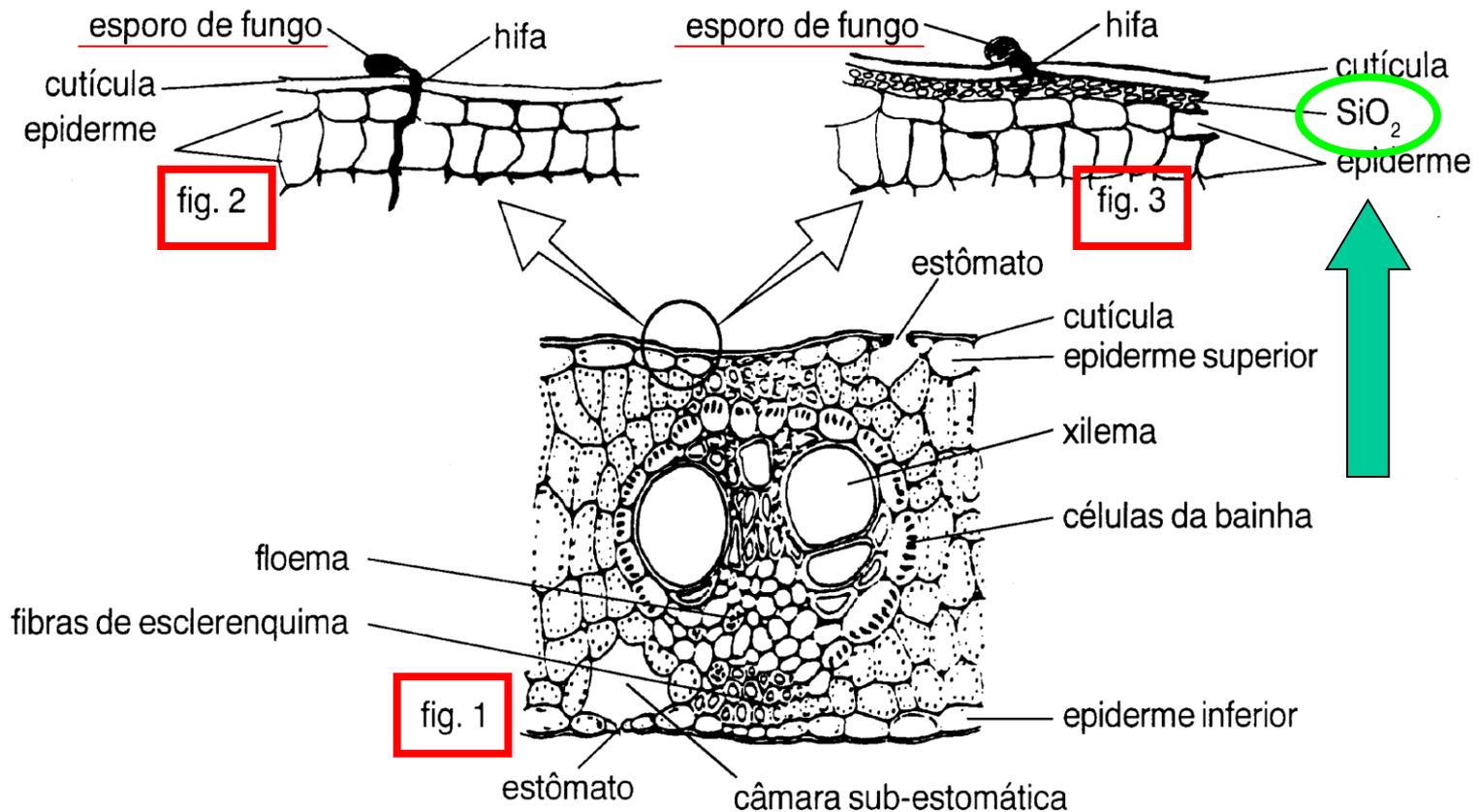
**Mancha  
Parda**



**SEM SILÍCIO**

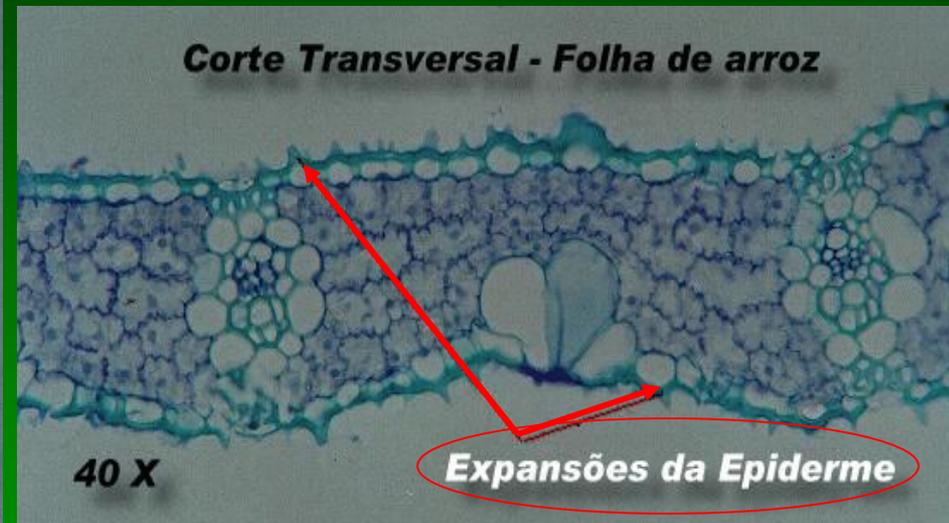
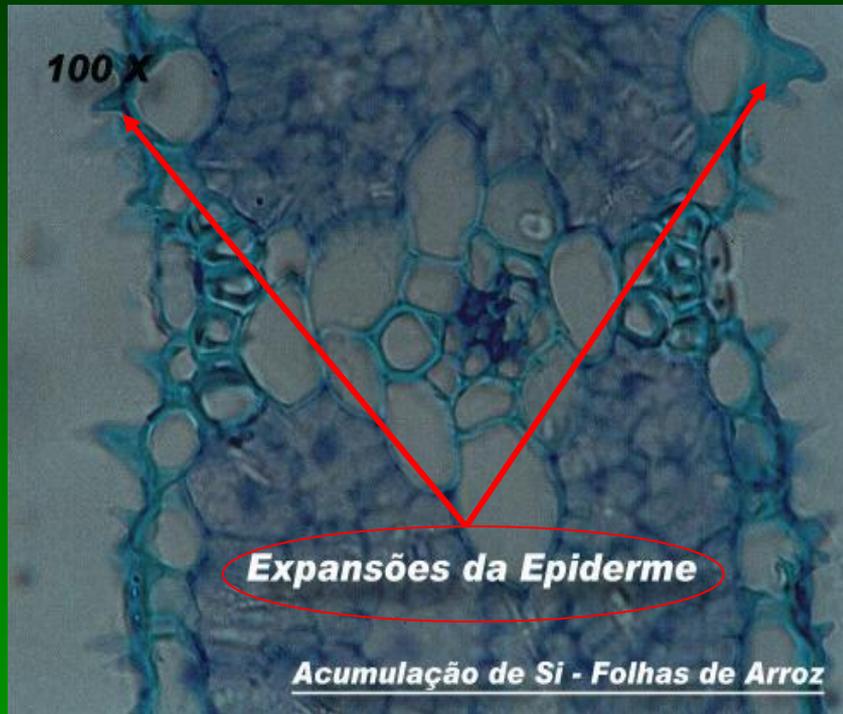
**COM SILÍCIO**





**Fig. 1. Corte transversal do limbo foliar de monocotiledônea (Bidwell, RGS, 1974)**  
**Fig. 2. Desenvolvimento de hifa de fungo em tecido foliar sem acúmulo de sílica.**  
**Fig. 3. Camada de sílica abaixo da cutícula dificultando o desenvolvimento da hifa.**

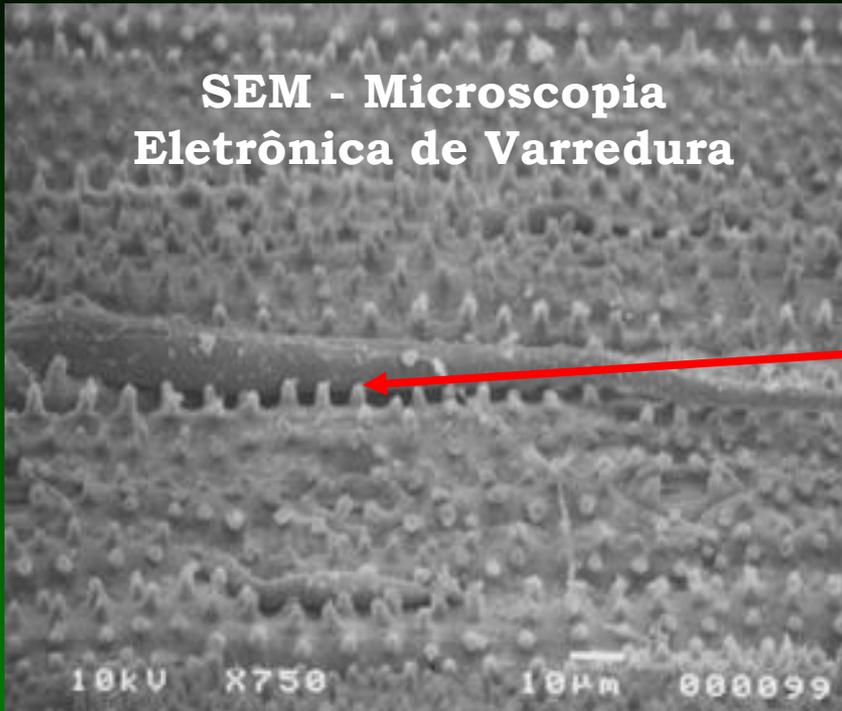
# Acumulação Si - Arroz



Mauad, et al 2001

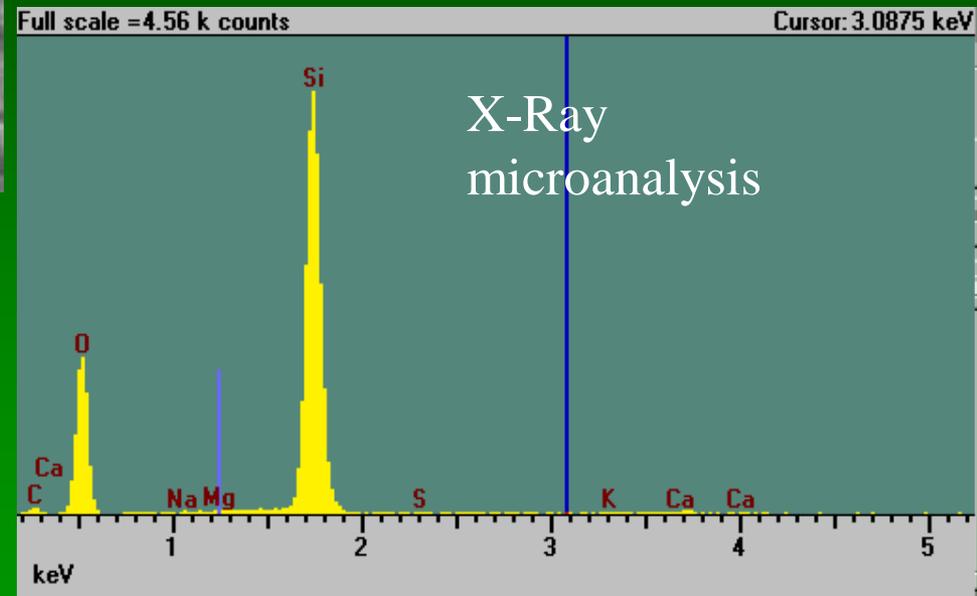


SEM - Microscopia  
Eletrônica de Varredura



Acumulação de  
Si

Superfície da  
folha de  
arroz





# Controle Doenças (Arroz)



# PAPEL do SILÍCIO X PROTEÇÃO DAS PLANTAS

- ✓ **HIPÓTESE I** - Barreira Mecânica - Acumulação de Si polimerizado na parede celular (Japão) – Pragas & Doenças
- ✓ **HIPÓTESE II** - Barreira Química - Si induz a formação de FENÓIS (fitoalexinas) – Doenças fungicas
- ✓ **AÇÃO CONJUNTA** - Barreira Mecânica & Barreira Química



*+ Si*

*- Si*



*Formoso Araguaia/TO - Fev/2000*



# Arroz Inundado Formoso Araguaia

Fevereiro - 2000





## Efeito de doses de Si na produção do arroz irrigado, cv. Javaé, no Projeto Formoso, Tocantins, safra 1999-2000

Doses de silicato	Severidade Mancha Parda	Severidade Bruzone nas folhas	Incidência Brusone nas panículas	Mancha dos grãos		Produção Grãos
				Incidência	Severidade	
kg ha <sup>-1</sup>	(n <sup>o</sup> . lesões folha bandeira)	notas (0 a 9)	40 panículas	100 grãos	notas (0 a 4)	kg ha <sup>-1</sup>
<b>Testemunha</b>	47,6 a	5,0 a	4,6 a	25,2 a	2,0 a	2240 b
<b>1000</b>	58,4 a	3,8 ab	4,2 a	23,6 a	2,0 a	2490 b
<b>2000</b>	67,8 a	3,7 ab	4,6 a	24,8 a	1,8 a	2510 b
<b>4000</b>	38,6 a	3,6 ab	4,8 a	23,2 a	1,8 a	3090 a
<b>6000</b>	30,0 a	3,0 b	4,0 a	23,6 a	1,4 a	3290 a
C.V. - %	29	8	11	15	8	3

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dados originais transformados em  $\arcsen \sqrt{x + 0,5}$



# Efeito de fontes de Si sobre produção do arroz irrigado, cv. Javaé, no Projeto Formoso, Tocantins, safra 1999-2000

Fontes de Si	Severidade mancha-parda*	Severidade brusone folhas (notas 0-9)	Incidência brusone panículas (40 pani.)	Mancha dos grãos		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
				Incidência (100 gr)	Severidade (notas 0-4)	
Testemunha	36,2a	5,4a	3,4ab	26,0a	2,2a	2230b
A&W(EUA)	37,2a	2,0b	1,3b	13,2b	1,2a	4110a
MB4	36,8a	4,2ab	2,3ab	22,4ab	2,2a	1890b
Silifertil	40,2a	3,5ab	1,8ab	22,2ab	1,8a	2520b
SAMA	36,9a	4,6a	2,2ab	22,0ab	1,8a	2180b
Talco friáv.	45,2a	5,0a	4,2a	19,2ab	2,0a	1810b
Anfibolito	31,4a	5,8a	3,6a	22,4ab	2,2a	1940b
C. V. (%)	20,1	12,7	18,6	16,6	11,4	11,2

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dados originais transformados em arc sen sqrt (x + 0,5)

\* (n° lesões folha bandeira)



# Severidade de brusone foliar e produtividade do arroz irrigado x tratamentos com Si, N, e tratamento de sementes (cultivar Javaé –Tocantins).

Tratamento	Severidade de brusone	Produtividade
Sem Si	1,3 b	1122 b
4 t/ha de Silicato	0,7 a	1495 a
N parcelado (N1)	0,8 b	1502 a
N aplicação única (N2)	1,3 a	1129 b
Semente tratada (C1)	1,2 a	1262 a
Semente não-tratada (C2)	0,9 a	1368 a

Dados em notas foram transformados em  $(x + 0,5)^{0,5}$ ;  
Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si;(Tukey 5%);

LOCAIS (28)	Si Solo mg dm <sup>-3</sup>	Si Folhas g kg <sup>-1</sup>	Aumento Produção kg ha <sup>-1</sup>	E.R. %
C.F.- 715	85.0	39.0	—	98
Brida	19.0	16.0	1.002	74
New Farm - 12	14.0	17.0	960	81
Baker	9.0	29.0	683	86
Shawano	6.0	27.0	850	84
31 ABE	8.0	22.6	1.163	76
18 CDE	9.0	23.0	1.137	73
↓	↓	↓	↓	↓
C.F. 48-EF-9N	5.3	21.8	679	91
S.F. 2-E-7	Md	24.2	1.062	79
S.F. 2-E-8	4.5	22.0	867	83
48CG32W	7.6	23.3	1.038	76
		<b>AUMENTO MÉDIO PRODUÇÃO</b>	<b>1.007 kg ha<sup>-1</sup></b>	←

# ARROZ (Everglades Agriculture Area - USA)

# Produção Arroz x Si x Bruzone (COLOMBIA)



**- Si**

**+ Si**



Planta	Doença	Patógeno	Referências
Arroz	Brusca	<i>Piricularia oryzae</i>	Datnoff et al., 1991
Arroz	Mancha parda	<i>Helminthosporium or..</i>	Hegazi et al., 1993
Arroz	Descoloração do grão	<i>Bipolaris/Fusarium, etc</i>	Komdörfer et al., 1999
Cana	Freckling	---	Fox et al., 1967
Cana	Ferrugem	<i>Puccinia melanocep..</i>	Dean & Todd, 1979
Cana	Mancha Anelar	<i>Leptosphaeria sacchari</i>	Raid et al., 1991
Cevada	Oídio-Powdery mildew	<i>Erysiphe graminis</i>	Jiang et al., 1989
Morango	Oídio-Powdery mildew	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Menzies et al., 1991
Pepino	Oídio-Powdery mildew	<i>Sphaerotheca f.</i>	Belanger et al., 1995
Tomate	Fungos	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Adatia & Besford, 1985
Trigo	Oídio-Powdery mildew	<i>Septoria nodorum</i>	Leusch Buschenarex, 1989
Videira	Oídio-Powdery mildew	<i>Oidium tuckeri</i>	Grunrofer, 1994



Rust (*Puccinia melanocephala*) symptoms on sugarcane. Courtesy Tom Isabel, TAEX, Welles, 1995.

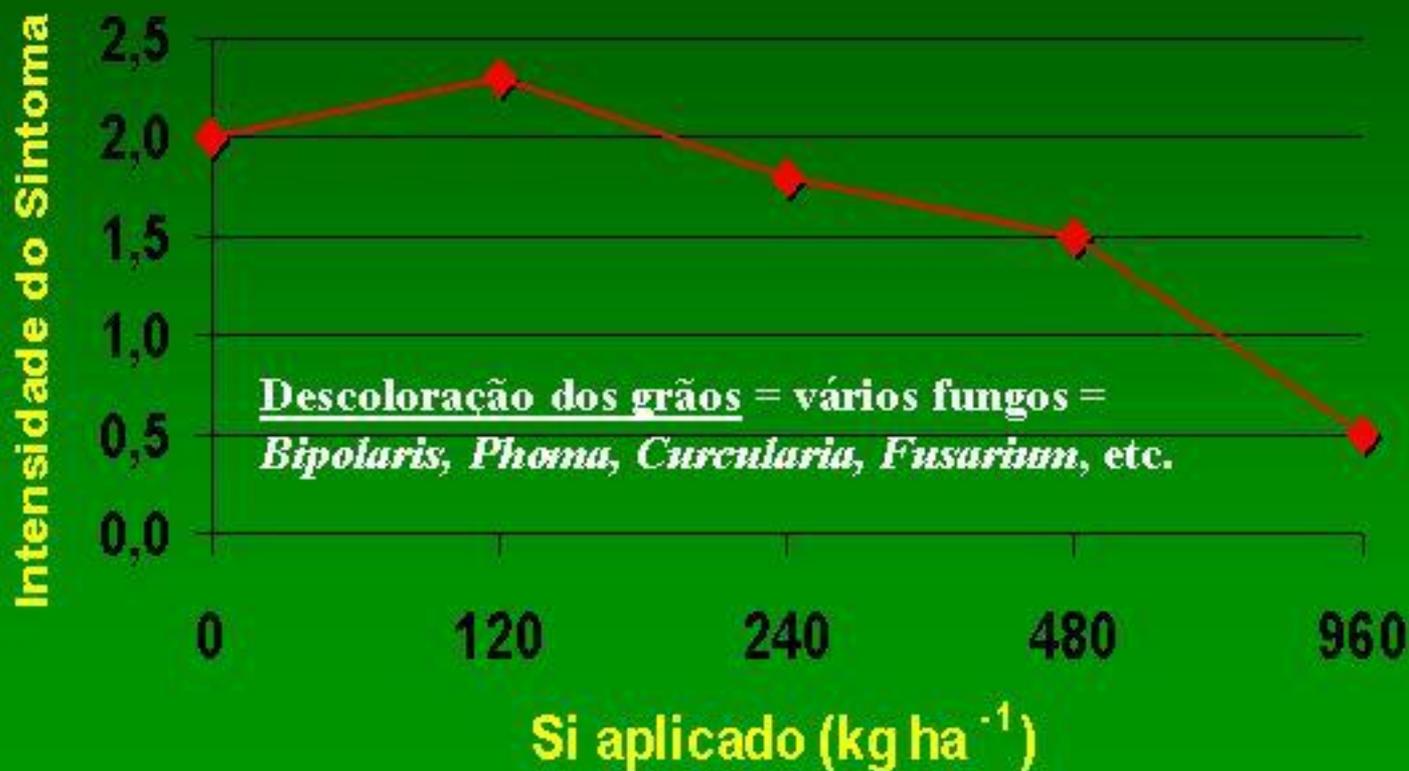
# DOENÇAS CONTROLADAS COM Si



# **Si x DESCOLORAÇÃO DOS GRÃOS**

- ✓ **Não existe no Brasil fungicida efetivo e economicamente viável para o controle da doença (Prabhu et al. 2000);**
- ✓ **O Si pode exercer efetivo controle da doença (Korndörfer et al., 1999; Corrêa-Vitória, 1994);**
- ✓ **Na África, a aplicação de 19g/m<sup>2</sup> de Si dobrou a absorção de Si e reduziu a descoloração dos grãos do arroz de sequeiro cultivado em solos altamente intemperizados.**

# Efeito do Si na Descoloração Grãos de Arroz (Sequeiro)



adaptado de Korndörfer et al. (2000)

# **BRUZONE – Problemas?**

- ✓ **Introdução de variedades resistentes (Ex: Rio Formoso e EPAGRI 108 tiveram resistência quebrada em apenas 1 ano);**
- ✓ **Perda de produtividade pode variar de 300 a 3.000kg/ha;**
- ✓ **Tendência no aumento no uso de adubos Nitrogenados;**
- ✓ **Tocantins (Proj. Formoso - 70.000ha), fungicidas representam 14% dos custos de produção;**



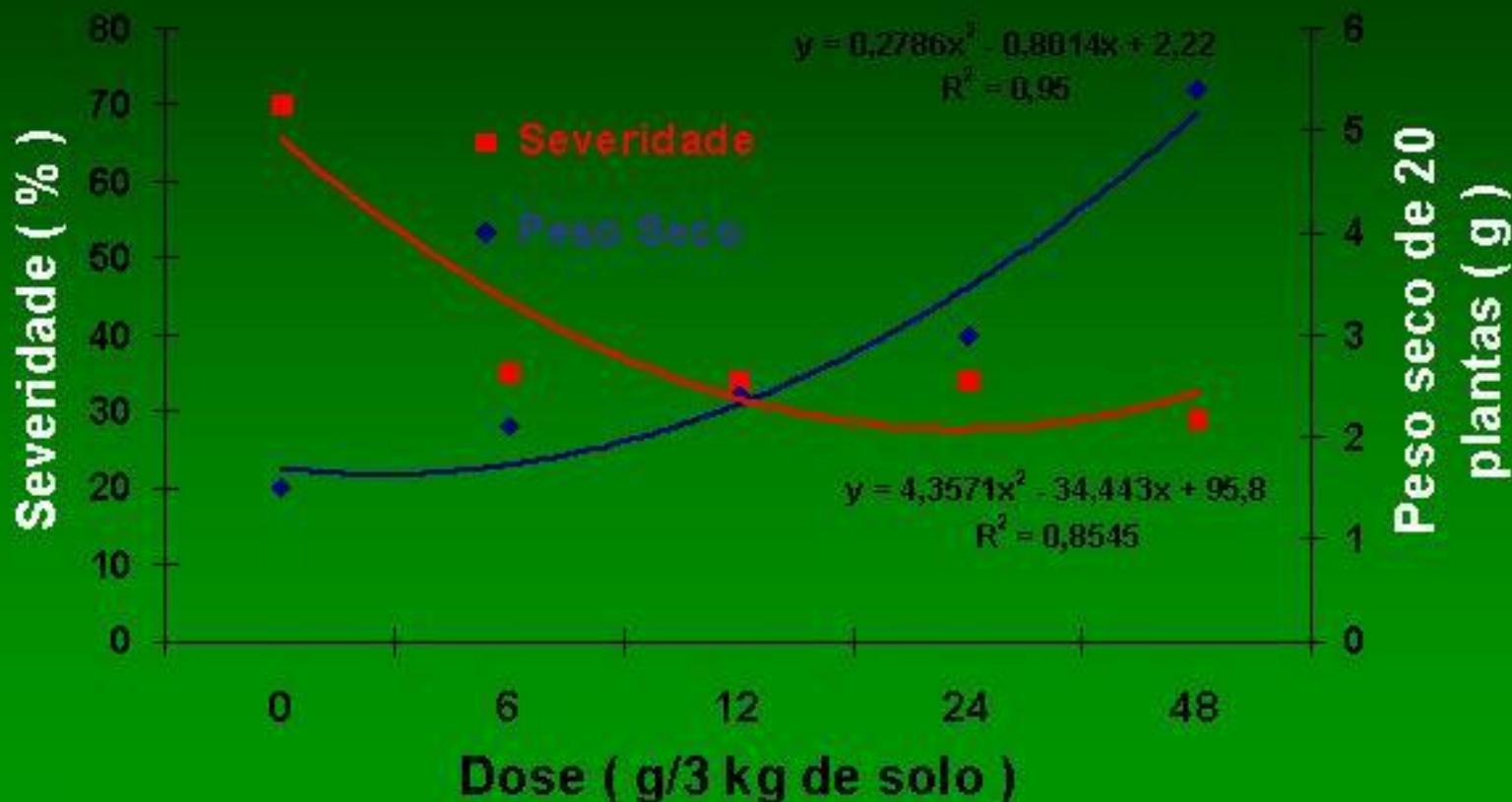
# Grau de infecção de bruzone e concentração de $\text{SiO}_2$ nas folhas de arroz



N - Doses	Grau de infecção		$\text{SiO}_2$ - Folhas		N - FOLHAS	
	C/Si	S/Si	C/Si	S/Si	C/Si	S/Si
kg/10a	-----g/kg-----					
0	2.6	6.4	94	65	23	23
3.6	1.7	9.5	92	45	21	24
7.2	2.6	16.7	79	39	24	24
10.8	5.0	19.3	78	33	22	27

Fonte: Takahashi (1996)

# SEVERIDADE da BRUSONE e Peso Seco (Wollastonita/Arroz)





# Controle Doenças (CANAs)

# Severidade da Mancha Anelar (Cana)

*Leptosphaeria sacchari*

VARIETADES	Dose Silicato	Si - Folha	Mancha Anelar (Ring Spot) Severidade	
			Folha 4	Folha 5
	t ha <sup>-1</sup>	%	%	%
CP72-1210	0	0.28	23.4	45.8
	6.7	0.67 ↓	7.3	17.8 ↓
CP74-2005	0	0.29	8.5	23.0
	6.7	0.59 ↓	3.1	7.6 ↓
CP80-1827	0	0.29	5.2	9.0
	6.7	0.55 ↓	1.7	3.1 ↓
CP70-1133	0	0.28	10.5	23.8
	6.7	0.54 ↓	4.2	11.0 ↓
CP72-2086	0	0.25	4.1	11.5
	6.7	0.73 ↓	0.9	2.0 ↓



# Controle Doenças (PEPINO)

SILICATO DE POTÁSSIO  
( VIA FOLIAR )

TESTEMUNHA  
( - Si )





Silicato de K  
(Via foliar)

Testemunha  
(- Si)

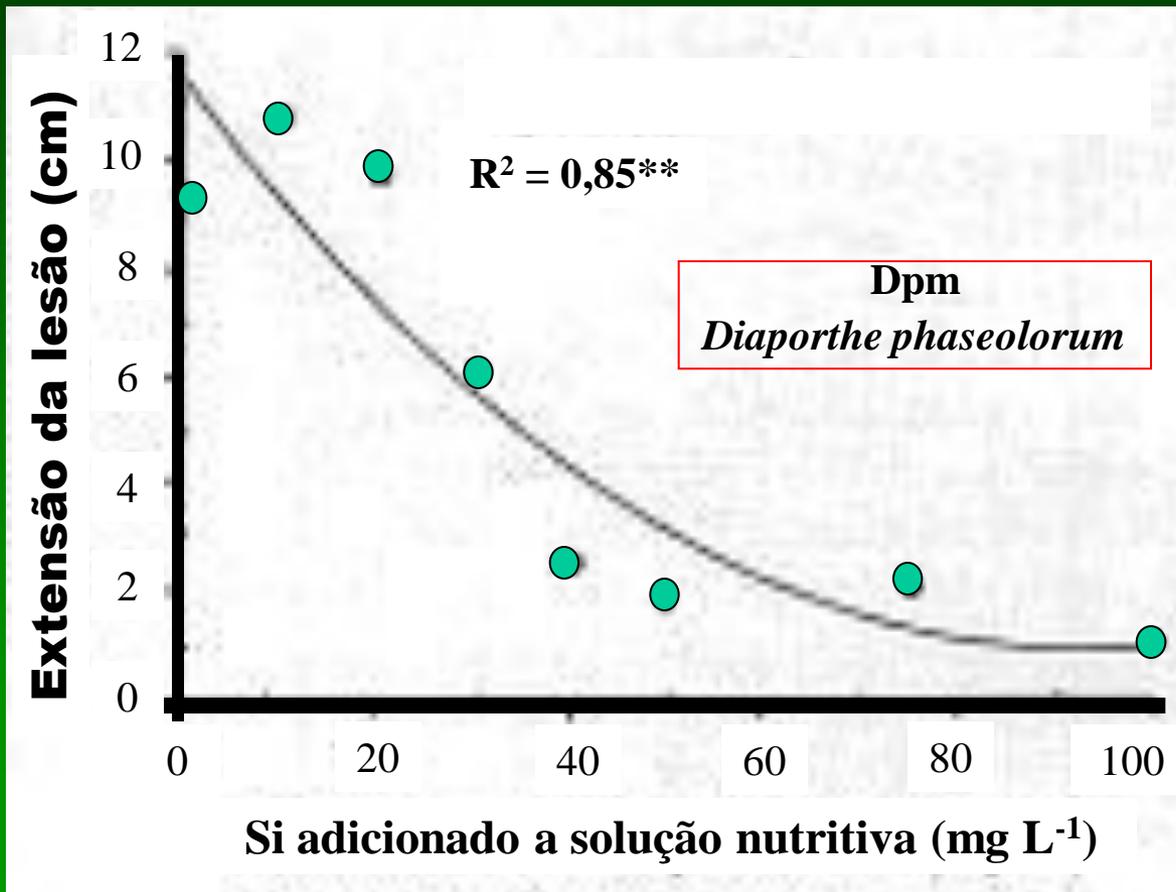
# Efeito do Silicato de Ca e K na produção de pepino e na incidência de *Fusarium* (murchamento das folhas)

Tratamentos	Dose Si	Produção Frutos	Plantas Murchas	Si Folhas	Si caule	Si disponível solo
	kg ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	%	Si %	Si %	mg/100g
Ca-Si	327	143	20	1.3	0.5	44
Ca-Si	654	135	15	1.5	0.4	78
K-Si	327	139	11	1.3	0.4	54
K-Si	654	155	0	1.9	0.4	116
Controle 1	0	121	37	0.7	0.2	20
Controle 2	0	121	62	1.0	0.2	22



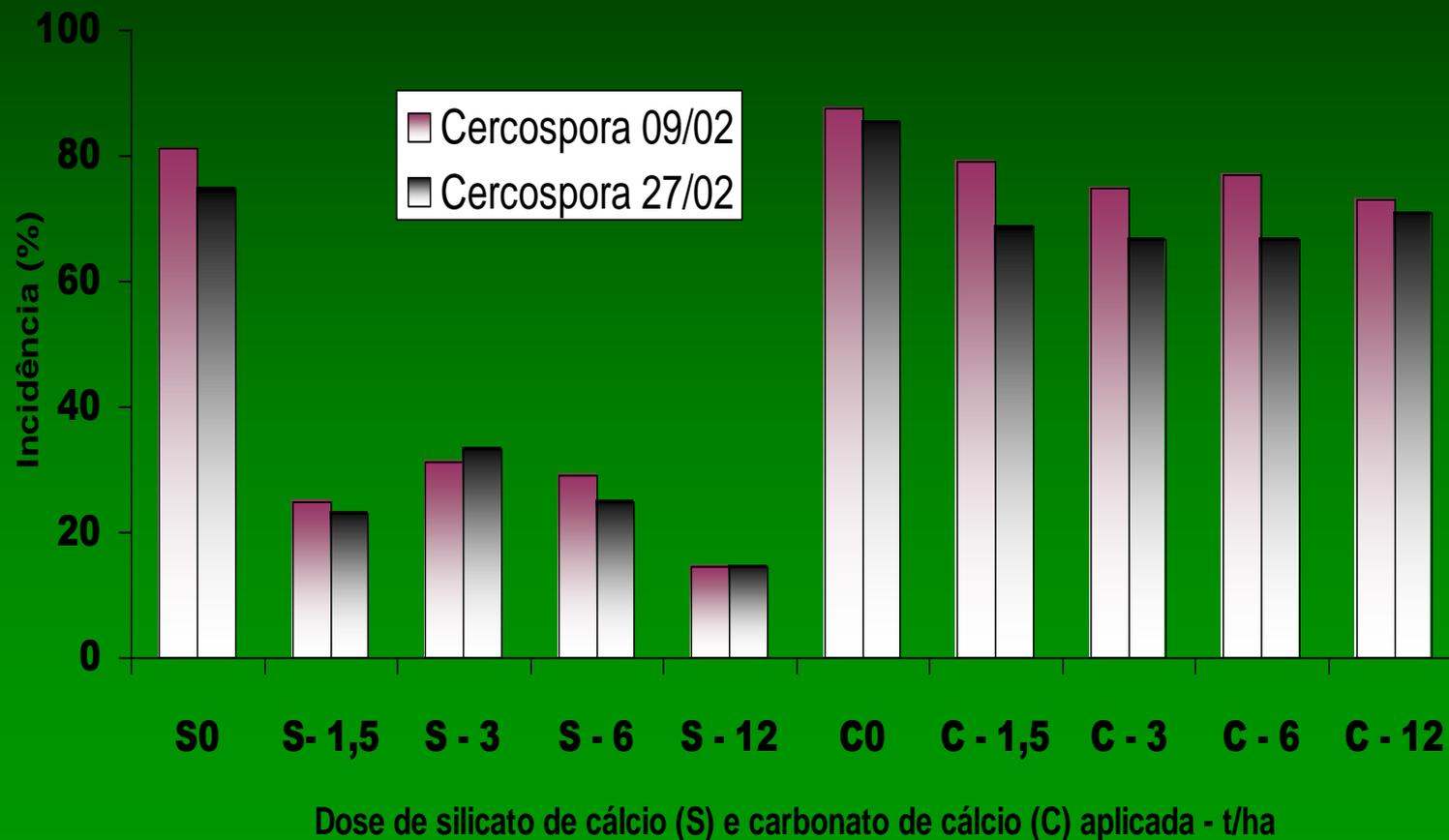
# Controle Doenças (SOJA)

Efeito do Si sobre a extensão da lesão medular, em plantas de soja (cultivar Garimpo comum – suscetível ao fungo) infectadas com o cancro da haste (*D. phaseolorum*), cultivadas em solução nutritiva, 21 dias após a inoculação





# Incidência foliar de Cercospora na soja cultivar Vencedora, avaliação em 09 e 27/02/2004.





# SI-LEGISLAÇÃO / BR



# Presidência da República

Casa Civil

Subchefia para Assuntos Jurídicos

**DECRETO Nº 4.954, DE 14 DE JANEIRO DE 2004.**

**XIV - nutriente:** elemento essencial ou **benéfico** para o crescimento e produção dos vegetais, assim subdividido:

a) **macronutrientes primários:**

b) **macronutrientes secundários:**

c) **micronutrientes:** Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Zinco (Zn), Cobalto (Co), **Silício (Si)** e outros elementos que a pesquisa científica vier a definir, expressos nas suas formas elementares;



Art. 112. Às empresas que já exercem atividades previstas neste Regulamento têm o prazo de até cento e oitenta dias, a partir da sua publicação, para se adaptarem às exigências nele previstas, sob pena de cancelamento de seus registros.



<b><u>NUTRIENTE</u></b>	<b>TEOR MÍNIMO (%)</b>	
	<b>Prod. Sólido (1) Teor total</b>	<b>Produto Fluido Solúvel em H<sub>2</sub>O</b>
<b>Boro (B)</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>
<b>Cloro (Cl)</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
<b>Cobalto (Co)</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>
<b>Cobre (Cu)</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Ferro (Fe)</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>
<b>Manganês (Mn)</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Molibdênio (Mo)</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>
<b>Silício (Si)</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>
<b>Zinco (Zn)</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>

Para as misturas sólidas ou fluidas de macronutrientes primários e/ou secundários contendo micronutrientes para aplicação no solo, diretamente ou via fertirrigação, as garantias mínimas não poderão ser inferiores a:

(1) - Poderá ser declarado também o teor solúvel em água, se a solubilidade atingir pelo menos 25% do teor total.

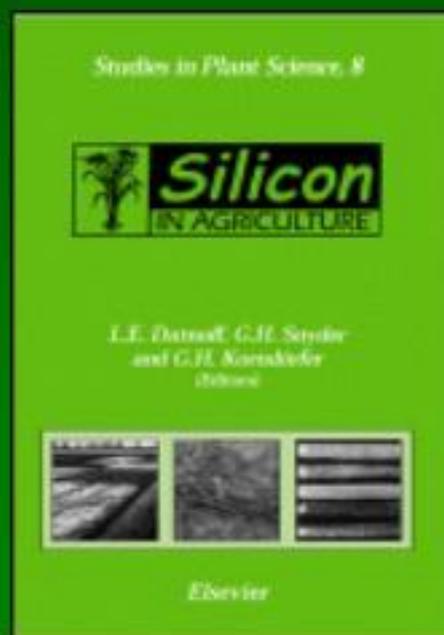


# RESUMO



# Endereços na Internet

- **Adubos & Adubação:** [www.dpv24.iciag.ufu.br/](http://www.dpv24.iciag.ufu.br/)
- **Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”:**  
[www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/silicio.htm](http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/silicio.htm)
- **Livro - Silício na Agricultura:**  
Número páginas: 424pg.; Preço: US\$159  
Endereço:  
[www.elsevier.com/inca/publications/store/6/2/1/9/6/3](http://www.elsevier.com/inca/publications/store/6/2/1/9/6/3)
- **{ghk@triang.com.br}**





# Agradecimentos



**APOIO FINANCEIRO**





## Conferência Internacional sobre "Silício na Agricultura"

Nós estamos orgulhosos em convidá-lo para participar da III Conferência Internacional sobre "SILÍCIO NA AGRICULTURA" que acontecerá em Uberlândia em Outubro de 2005 !!!

Participe e atualize seus conhecimentos sobre Si !!!



Contato: Prof. Gaspar H. Korndorfer - [ghk@triang.com.br](mailto:ghk@triang.com.br)

Back

