

PROVÁRZEAS NACIONAL



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA
VINCULADA AO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO – CNPAF



ANAIS da I Reunião sobre **FERRO** em Solos Inundados

CNPAP - Goiânia GO. / 19 a 21 de maio - 1987

**Efeitos do Fe na absorção de nutrientes, práticas de manejo e
avaliação de cultivares de arroz para tolerância a Fe**

Nand Kumar Fageria
MorelPereiraBarbosa Filho
Paulo Hideo Nakano Rangel
Veridiano dos Anjos Cutrim

Introdução

Desde 1979 o CNPAF tem-se preocupado com o problema de toxidez de Fe em arroz irrigado. O Fe é um nutriente essencial que, a baixas concentrações promove o crescimento da planta. Entretanto, excesso de Fe solúvel retarda o crescimento. No Brasil, a toxidez de Fe já foi constatada nos estados de Minas Geais (Muriaé, Leopoldina, Cambuquira), Santa Catarina, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Pará (Projeto Jari), Rio Grande do Sul e em menor intensidade no Estado de Goiás. Com o incentivo que o Governo e, conseqüentemente, o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), pretende dar ao cultivo de arroz irrigado, faz-se necessário entender as razões principais da toxidez de Fe e buscar soluções para o problema.

Resultados

A seguir são apresentados e discutidos resumidamente alguns resultados obtidos em três experimentos conduzidos no CNPAF.

Observa-se na Tabela 1 que a toxidez de Fe iniciou a partir

de 80 ppm, reduzindo significativamente o crescimento do arroz a concentrações de 80 e 160 ppm, quando comparadas com outras concentrações. A mínima concentração de Fe na solução nutritiva para um crescimento ótimo da planta foi de 2,5 ppm. Neste estudo, os sintomas de bronzeamento apareceram em concentração de 160 ppm de Fe.

Com base no teor de Fe e na produção de matéria seca, medidos aos 20 e 40 dias de crescimento da planta, foi possível determinar os níveis críticos superiores da absorção de Fe (Fig. 1). Estes níveis foram avaliados com auxílio da curva, o que possibilitou definir o limite de toxidez para o arroz. Tomando-se como limite crítico superior 90% da produção máxima, encontrou-se que os níveis tóxicos de Fe aos 20 e 40 dias de idade foram 680 e 850 ppm, respectivamente. Os resultados sugerem, ainda, que com o aumento da idade das plantas, ocorre também uma maior resistência à toxidez de Fe.

A absorção de P, K, Ca e Mg decresceu quando aumentou a concentração de Fe na solução (Fig. 2, 3, 4 e 5). Isto ocorre porque o excesso de Fe, bloqueia a absorção de nutrientes através da camada de óxido férrico que se forma no sistema radicular. Em solos de baixa fertilidade, principalmente como baixos teores de K e P, aparentemente é maior o efeito tóxico do Fe, em virtude do decréscimo da capacidade de oxidação das raízes. A oxidação que ocorre nas raízes é importante porque causa precipitação da planta do Fe^{++} , diminuindo, assim, a absorção de Fe^{++} presente em altas concentrações na zona radicular.

Sabe-se por outro lado, por trabalhos conduzidos em outros países, que o manejo da água e a prática da calagem ocasionando

uma variação do pH, podem reduzir a disponibilidade de Fe para as plantas. Portanto, com o objetivo de avaliar os efeitos de práticas de manejo de água e de calagem sobre a produtividade de arroz, toxidez de Fe e absorção de nutrientes, foi conduzido um experimento, utilizando-se dois solos de várzea da zona da Mata de Minas Gerais, denominados de SM (Solo de Muriaé) e SL (Solo de Leopoldina), respectivamente.

Observou-se que a inundação do solo não afetou a produção de grãos no solo SL, enquanto que no solo SM a produção foi severamente reduzida, em comparação com o solo mantido em condições aeróbicas. A baixa produção no solo SM foi devida a elevada concentração de Fe, em solução, causada pelas condições de redução que se desenvolvem quando o solo é inundado.

A análise foliar das plantas de arroz mostrou que as relações dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e dos micronutrientes Zn, Cu, Mn com Fe foram muito maiores no solo SL do que no solo SM, o que caracteriza o efeito do excesso de Fe na absorção dos nutrientes e no crescimento das plantas. No tratamento em que os solos não foram inundados aquelas relações foram semelhantes, o que se refletiu na produção de grãos dos dois solos. Isto indica que a relação entre macro e micronutrientes e o teor de Fe na parte aérea das plantas é mais importante do que a quantidade absoluta de Fe no tecido e que o nível tóxico de Fe depende do balanço nutricional da planta.

Outra possibilidade existente para amenizar a toxidez de Fe, é a seleção de cultivares tolerantes a concentrações altas de Fe na solução do solo. Esta é uma opção válida, que está sendo

explorada, com esse objetivo, foram conduzidos dois experimentos em solução nutritiva. No primeiro foram avaliadas 9 cultivares e no segundo 106.

Houve uma redução no peso de matéria seca das raízes e parte aérea com o aumento da concentração de Fe na solução, sendo variável de cultivar para cultivar, como era de se esperar (Tabelas 2 e 3). Esta redução foi significativa em concentrações acima de 20 ppm de Fe. Sob concentração de 100 ppm de Fe, a cultivar BG 90-2 produziu o maior peso de matéria seca das raízes e parte aérea, e a IR 26, o menor.

Pela Figura 6, observa-se para as duas cultivares que 80% da redução do peso de matéria seca ocorreu a diferentes concentrações de Fe. Para a BG 90-2, essa redução ocorreu com 55 ppm e para a IR 26, com 45 ppm de Fe na solução nutritiva. Observe também a maior diferença de produção das cultivares tolerante e sensível, começou acima de 40 ppm de Fe, sendo a maior diferença verificada acima de 60 ppr. Isto significa que, na avaliação de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de Fe, os níveis abaixo de 40 ppm podem ser considerados baixos, e, altos acima de 60 ppm.

Ainda, observou-se que a parte aérea foi mais afetada pelas altas concentrações de Fe do que as raízes (Figuras 7 e 8). Isto indica que a parte aérea do arroz é mais sensível à toxidez de Fe do que as raízes, e pode ser considerado melhor parâmetro para avaliação de cultivares para toxidez de Fe.

Com base na redução de matéria seca da parte aérea, as cultivares foram classificadas de acordo com a sua tolerância a altos níveis de Fe (Tabela 4), da seguinte maneira: de 0-20%

de redução, tolerantes; de 21-40%, moderadamente tolerantes; de 41-60%, moderadamente sensíveis; e > 60%, sensíveis. A redução foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Redução do peso da mat. seca da P.A.} = \frac{\text{Produção com 2 ou 2,5 ppm Fe} - \text{Produção com altos níveis de Fe}}{\text{Produção com 2 ou 2,5 ppm de Fe}}$$

Observou-se grandes diferenças entre cultivares quanto a tolerância à toxidez de Fe. Em geral, a toxidez está associada com a absorção e translocação de Fe das raízes para a parte aérea, que por sua vez, está relacionada com a capacidade de oxidação das raízes e a presença de altos teores de P, K, Ca, Mg e Mn.

Conclusões

1. A concentração mínima para o crescimento do arroz foi de 2,5 ppm de Fe na solução nutritiva.
2. O crescimento do arroz foi severamente reduzido quando a concentração de Fe em solução nutritiva foi maior que 80 ppm, com observação de sintomas de bronzeamento das folhas.
3. Os níveis críticos de toxidez de Fe, na parte aérea do arroz, aos 20 e 40 dias de idade, foram 680 e 850 ppm, respectivamente.
4. A absorção de P, K, Ca e Mg decresceu com o aumento na concentração de Fe no meio de crescimento.
5. O rendimento de grãos e seus componentes cultivados no solo de Muriaé (SM), foram significativamente menores do que no

- solo de Leopoldina (SL). Este fato foi atribuído à alta toxidez de Fe naquele solo (SM).
6. A severidade da toxidez de Fe está associada aos teores de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de arroz.
 7. O efeito da toxidez de Fe na parte aérea do arroz é maior do que nas raízes, indicando que o peso da matéria seca da parte aérea é o melhor parâmetro para a avaliação de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de Fe.
 8. Os níveis baixos e altos de Fe em solução nutritiva que permitem diferenciar cultivares tolerantes e sensíveis à toxidez de Fe, foram considerados, respectivamente, abaixo de 40 ppm e acima de 60 ppm.

LITERATURA CITADA

- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo d'água e calagem em relação à produtividade e toxicidade de ferro em arroz. *Pesq. agrop. bras.*, Brasília, 18(8):903-10, 1983.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; CARVALHO, J.R.P. Influência de ferro no crescimento e na absorção de P, K, Ca e Mg pela planta de arroz em solução nutritiva. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16(4):483-8, 1981.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; CARVALHO, J.R.P.; RANGEL, P.H.N.; CUTRIM, V.A. Avaliação preliminar de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de ferro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(10):1271-8, 1984.

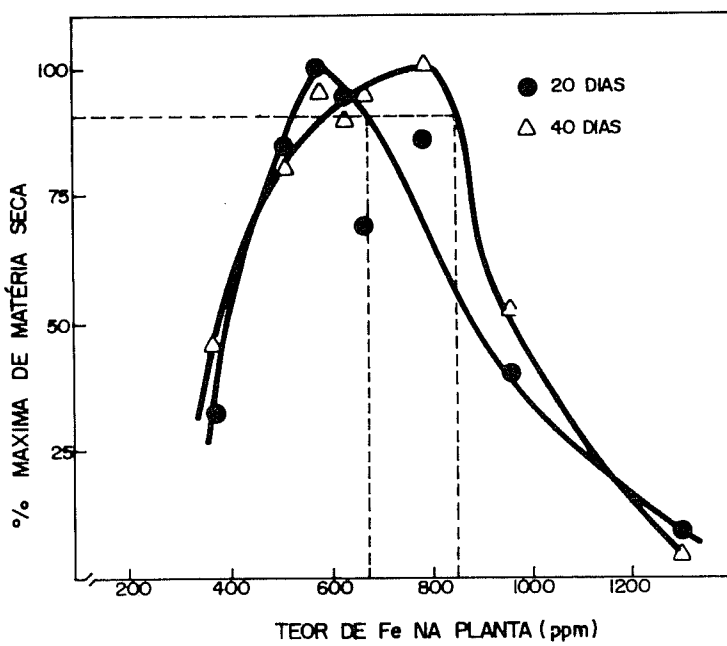


Fig. 1. Relação entre produção de matéria seca e teor de ferro na planta (Fageria et al. 1981).

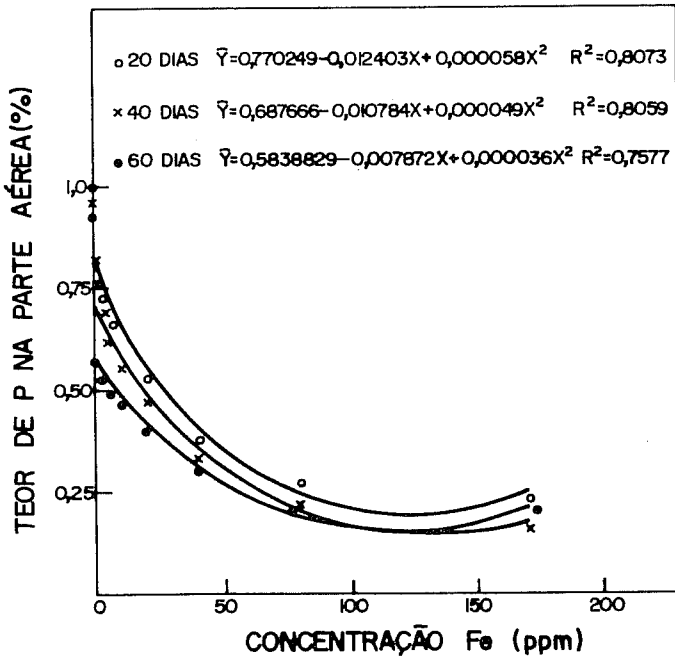


Fig. 2. Efeito de concentrações de Fe sobre o teor de P na parte aérea (Fageria et al. 1981).

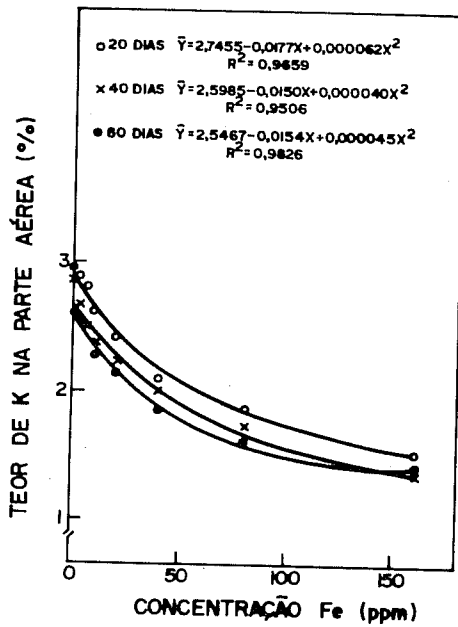


Fig. 3. Efeito de concentrações de Fe sobre o teor de K na parte aérea (Fageria et al. 1981).

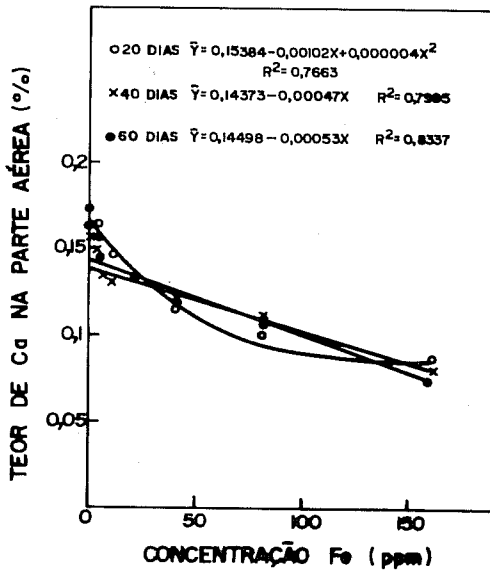


Fig. 4. Efeito de concentrações de Fe sobre o teor de Ca na parte aérea (Fageria et al. 1981).

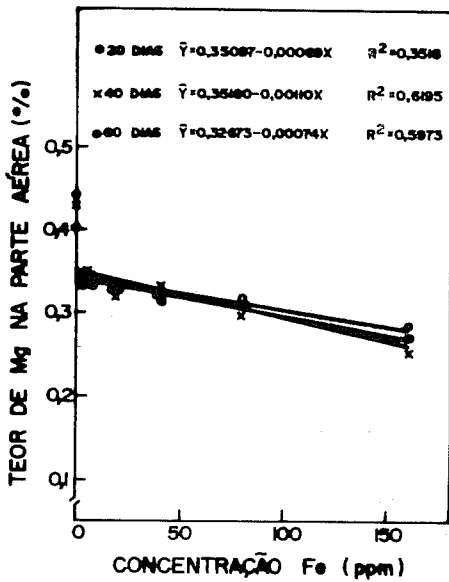


Fig. 5. Efeito de concentrações de Fe sobre o teor de Mg na parte aérea (Fageria et al. 1981).

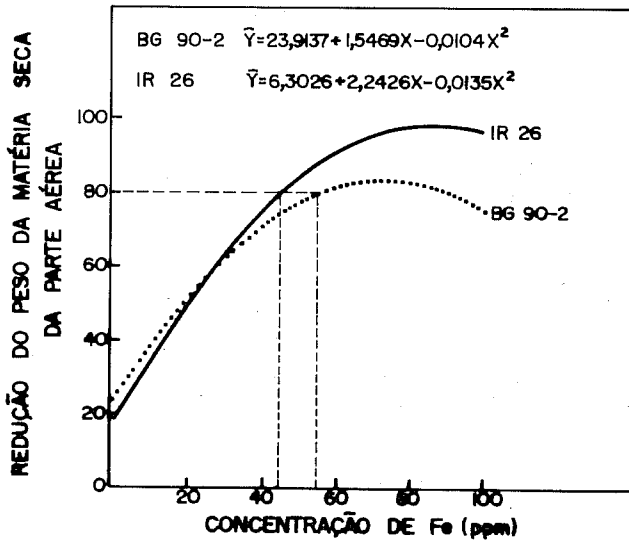


Fig. 6. Relação entre a redução de matéria seca da parte aérea e das raízes de média de 106 cultivares de arroz e as concentrações de ferro na solução nutritiva (Fageria et al. 1984).

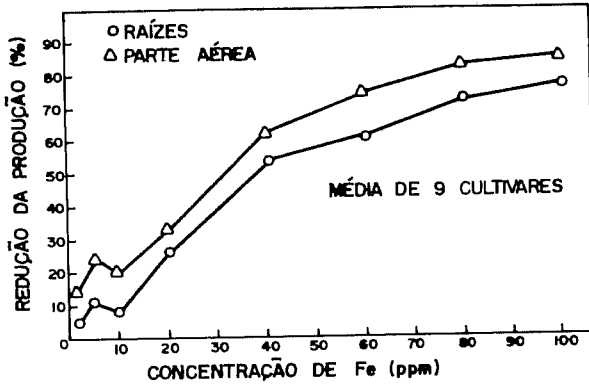


Fig. 7. Relação entre a redução de matéria seca da parte aérea e das raízes de média de nove cultivares de arroz e as concentrações de ferro na solução nutritiva (Fageria et al. 1984).

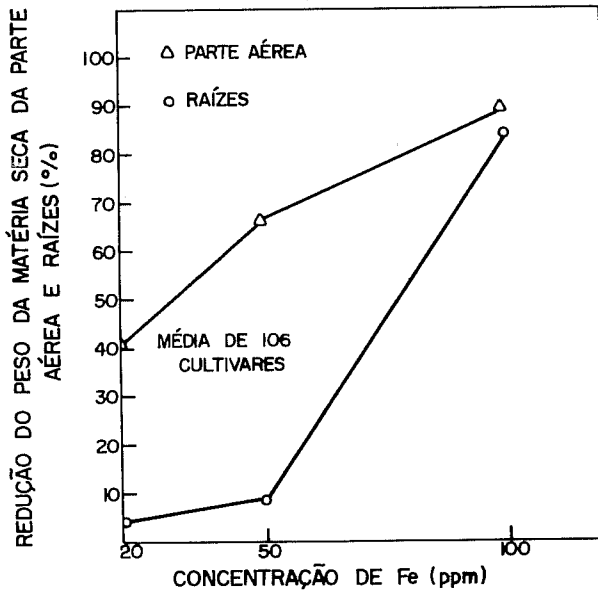


Fig. 8. Relação entre a produção de matéria seca da parte aérea e a concentração de ferro na solução nutritiva (Fageria et al. 1984).

Tabela 1. Influência de Fe na altura, peso da parte aérea e raiz.

Concentração de Fe (ppm)	Altura da planta (cm)		Peso seco da parte aérea (g/12 plantas)		Peso seco da raiz (g/12 plantas)				
	20*	60*	20*	40*	20*	40*			
	60*	60*	60*	60*	60*	60*			
0,0	28	62	61	2,02	0,81	33,27	0,39	1,38	7,69
2,5	46	71	97	5,28	17,03	82,88	1,10	2,62	14,30
5,0	52	72	108	6,26	20,52	70,67	1,50	3,24	12,63
10,0	50	74	111	5,88	19,33	75,74	1,20	2,43	12,86
20,0	44	82	112	4,24	20,38	68,29	0,99	3,62	14,22
40,0	46	81	110	5,30	21,62	70,83	1,33	4,64	14,88
80,0	38	68	83	2,47	11,09	38,77	0,87	2,17	9,65
160,0	18	20	36	0,52	0,72	2,03	0,15	0,26	1,41
C.V. (%)	7,35	6,99	11,73	16,58	17,28	16,42	12,69	18,82	19,49

*Dias após transplantio.

Tabela 4. Influência do ferro no peso da matéria seca da parte aérea da cultivar de arroz e sua classificação para tolerância à toxidez de ferro.

Cultivar/Linhagem	Concentração de Fe (ppm)						
	2,5	20	40	100	20	40	100
	Classificação						
	g/4 plantas						
CNA 806534-V	5,75	4,94	2,80	0,73	T	MS	S
CNA 806531-V	3,58	3,33	1,49	0,31	T	MS	S
CNA 806842-V	5,48	4,83	2,25	0,56	T	MS	S
CNAx 312-24	3,98	3,63	1,76	0,39	T	MS	S
CNAx 296-27	3,78	3,24	1,23	1,05	T	S	S
CNAx 247-3	4,54	4,07	2,62	1,03	T	MS	S
CNA 810102-V	4,46	3,63	2,21	0,33	T	MS	S
CNA 810110-V	3,54	3,38	1,83	0,65	T	MS	S
CNA 810092	2,41	2,10	1,11	0,18	T	MS	S
CNA 810182-V	2,52	2,83	0,94	0,82	T	S	S
CNA 806572-V	3,13	2,65	0,97	0,67	T	S	S
CNA 806577-V	3,28	3,23	1,22	0,35	T	S	S
CNA 810174-V	3,63	2,43	2,25	0,34	MT	MT	S
CNAx 249-1	3,41	2,31	1,71	0,54	MT	MS	S
CNA 810103-V	4,67	3,37	1,91	0,51	MT	MS	S
CNA 810113-V	3,26	2,29	1,39	0,39	MT	MS	S
CNA 810176-V	4,94	3,22	2,22	0,61	MT	MS	S
CNA 809018	3,61	2,56	1,56	1,06	MT	MS	S
CNA 809184	3,61	2,32	1,51	0,58			
CNA 810223-V	5,54	2,82	2,12	0,89	MS	S	S
CNA 810224-V	6,33	2,76	1,45	0,92	MS	S	S
CNA 810294-V	3,08	1,27	0,81	0,57	MS	S	S
CNA 810295-V	5,26	2,52	1,15	0,48	MS	S	S
CNA 810296-V	5,49	2,34	1,01	0,46	MS	S	S
CNA 810297-V	3,18	1,57	1,08	0,53	MS	S	S
CNA 810298-V	3,39	1,93	0,98	0,65	MS	S	S
CNA 810300-V	3,32	1,69	1,23	0,59	MS	S	S
CNAx 252	5,53	2,60	1,79	0,27	MS	S	S
CNAx 294-4	5,96	3,11	1,66	0,53	MS	S	S
CNAx 294-5	3,72	2,12	0,96	1,11	MS	S	S
CNAx 345	4,34	1,98	1,03	1,65	MS	S	S
CNA 808862	3,78	2,23	1,22	0,86	MS	S	S
CNA 808861	4,80	2,55	1,49	0,41	MS	S	S
CNA 808867	4,83	2,19	1,51	0,86	MS	S	S
CNA 808868	3,92	2,02	1,14	0,62	MS	S	S
CNA 809007	6,57	3,18	1,50	0,77	MS	S	S
CNA 809011	4,59	2,20	2,31	0,60	MS	S	S
CNA 809034	3,47	1,94	1,37	0,51	MS	S	S
CNA 809051	5,59	2,92	1,36	0,25	MS	S	S
CNA 809094	4,83	2,12	1,08	0,67	MS	S	S
CNA 809111	5,24	2,25	1,13	0,65	MS	S	S
CNA 809186	3,61	2,12	1,61	0,25	MS	S	S

Cont. Tabela 4.

Cultivar/Linhagem	Concentração de Fe (ppm)					Classificação		
	2,5	20	40	100	20	40	100	
	g/4 plantas							
CNA 809250	4,20	2,34	0,84	0,28	MS	S	S	
CNA 809282	6,36	3,32	1,89	0,85	MS	S	S	
CNA 810078	4,07	1,94	0,99	0,29	MS	S	S	
CNA 810079	3,57	1,90	1,14	0,34	MS	S	S	
CNA 810081	3,68	1,65	1,04	0,25	MS	S	S	
CNA 810087	3,57	2,01	0,91	0,18	MS	S	S	
CNA 810090	3,23	1,53	1,12	0,25	MS	S	S	
CNA 810091	4,46	2,95	1,17	0,29	MS	S	S	
CNA 810094	4,26	2,03	1,40	0,39	MS	S	S	
CNA 810099	4,11	1,73	1,04	0,19	MS	S	S	
CNA 810116	4,53	1,85	0,90	0,23	MS	S	S	
CNA 810126	4,70	2,30	1,07	0,16	MS	S	S	
CNA 810225-V	4,81	1,87	0,78	0,50	S	S	S	
CNA 809079	3,74	1,35	1,04	0,78	S	S	S	
CNA 810082	4,01	1,25	0,97	0,18	S	S	S	
CN 810179-V	8,82	3,40	1,64	0,61	S	S	S	
CNA 809260	3,75	2,53	1,57	0,64	MT	MS	S	
CNA 810093	3,56	2,60	1,43	0,20	MT	MS	S	
CNA 806551-V	5,81	3,50	1,66	0,28	MT	S	S	
CNA 806536-V	7,11	4,29	1,48	0,64	MT	S	S	
CNA 806533-V	4,93	3,42	1,07	0,36	MT	S	S	
CNA 806537-V	5,28	3,71	1,74	0,44	MT	S	S	
CNA 806800-V	5,80	4,22	1,89	0,41	MT	S	S	
CNAx 295-21	5,19	3,32	1,74	0,43	MT	S	S	
CNAx 312-25	4,71	1,97	1,30	0,78	MT	S	S	
CNAx 295-22	4,18	2,90	1,58	0,68	MT	S	S	
CNA 810097-V	5,79	3,58	1,87	0,31	MT	S	S	
CNA 810105-V	5,14	4,01	1,92	0,76	MT	S	S	
CNA 810106-V	4,80	3,78	1,75	0,52	MT	S	S	
CNA 810221-V	4,46	3,39	1,20	0,47	MT	S	S	
CNA 808885	3,59	2,22	1,0	0,62	MT	S	S	
CNA 808951	5,56	3,46	1,86	0,79	MT	S	S	
CNA 808966	4,99	3,23	1,68	1,65	MT	S	S	
CNA 809118	3,84	2,47	0,92	0,22	MT	S	S	
CNA 809174	5,74	4,21	2,12	0,53	MT	S	S	
CNA 809179	2,84	1,71	0,82	0,16	MT	S	S	
CNA 809183	4,24	3,23	1,40	0,36	MT	S	S	
CNA 809226	1,63	1,10	0,39	0,13	MT	S	S	
CNA 810077	3,24	1,94	0,96	0,23	MT	S	S	
CNA 810088	3,51	2,68	1,33	0,28	MT	S	S	
CNA 820089	4,42	2,95	1,26	0,18	MT	S	S	
CNA 810095	3,19	2,21	1,02	0,29	MT	S	S	
CNA 810096	3,53	2,55	1,29	0,23	MT	S	S	
CNA 810107	3,34	2,33	0,94	0,23	MT	S	S	

Cont. Tabela 4.

Cultivar/Linhagem	Concentração de Fe (ppm)					Classificação	
	2,5	20	40	100	20		40
	g/4 plantas						
CNA 810122	3,29	2,33	1,22	0,27	MT	S	S
CNA 806793-V	4,94	2,93	2,52	0,53	MS	MS	S
CNA 810104-V	5,98	3,46	2,74	1,04	MS	MS	S
CNA 810175-V	6,12	3,60	2,56	0,48	MS	MS	S
CNA 810291-V	2,60	1,26	1,05	0,72	MS	MS	S
CNA 808960	3,70	1,83	1,52	1,06	MS	MS	S
CNA 806674-V	5,01	2,64	1,14	0,25	MS	S	S
CNA 806530-V	8,28	3,86	1,67	0,42	MS	S	S
CNA 806335-V	7,71	3,22	1,45	0,30	MS	S	S
CNA 806524-V	6,97	4,09	1,94	1,27	MS	S	S
CNA 806830-V	4,22	2,44	1,22	0,68	MS	S	S
CNAX 295-15	6,65	3,45	2,40	0,46	MS	S	S
CNAX 294-2	7,73	3,35	1,94	0,86	MS	S	S
CNAX 294-1	6,30	3,72	2,18	0,74	MS	S	S
CNA 810114-V	4,98	2,40	1,94	0,35	MS	S	S
CNA 810188-V	4,36	1,77	0,95	0,52	MS	S	S
CNA 810197-V	3,47	1,58	0,93	0,15	MS	S	S
CNA 810198-V	3,26	1,33	0,90	0,41	MS	S	S
CNA 810208-V	3,38	1,52	0,74	0,26	MS	S	S
CNA 810212-V	5,02	2,25	1,03	0,38	MS	S	S