



RESPOSTA DO ALGODOEIRO A FONTES, DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO EM SOLO ARGILOSO DO CERRADO*

Maria da Conceição Santana Carvalho (Embrapa Algodão / mcsscarva@cnpa.embrapa.br), Kézia de Assis Barbosa (Fundação GO) e André da Silva Teobaldo (Fundação GO)

RESUMO - Com os objetivos de avaliar a resposta do algodoeiro a fontes, doses e modos de aplicação de zinco (Zn) e estudar o efeito residual da aplicação de zinco a lanço, conduziu-se um experimento de campo durante as safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06, na área experimental da Fundação GO, em Santa Helena de Goiás. O teor de Zn medido no solo antes da calagem ($\text{pH CaCl}_2 = 5,4$) foi $1,1 \text{ mg/dm}^3$ (Mehlich 1). Os tratamentos foram distribuídos no campo em esquema fatorial $(4 \times 3) + 1 + 1$, sendo quatro doses de zinco (5, 10, 15 e 20 kg/ha) combinadas com três fontes (óxido de zinco, sulfato de zinco e zincogran) mais um tratamento testemunha (sem zinco) e outro com duas pulverizações foliares com sulfato de zinco a 0,5% (200 L/ha), durante o florescimento. Não houve resposta do algodoeiro em produtividade à aplicação de zinco, tanto foliar como via solo, independentemente da fonte usada. A adubação corretiva (dose total a lanço) apresentou efeito residual demonstrado pelo aumento dos teores de Zn no solo e na folha do algodoeiro até o terceiro cultivo, embora não tenha havido efeito na produtividade. As análises de solo e folhas foram eficientes para detectar alterações na disponibilidade de Zn para o algodoeiro.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, micronutrientes, adubação corretiva, adubação foliar.

INTRODUÇÃO

Embora sejam exigidos em menores quantidades, os micronutrientes são tão importantes para a nutrição e produtividade do algodoeiro quanto os macronutrientes. Nos últimos anos, o uso de fertilizantes contendo micronutrientes na cultura do algodoeiro tem se tornado rotina no Brasil devido, principalmente, ao fato de que a maior parte da área plantada está localizada na região dos Cerrados, onde a maioria dos solos é pobre em micronutrientes.

Os dados encontrados na literatura indicam que para cada 1.000 kg de algodão em caroço produzidos são acumulados cerca 43 a 62 g de zinco (MALAVOLTA et al., 1991; STAUT, 1996). O Zn é ativador de várias enzimas e é essencial para a síntese do aminoácido triptóforo, o qual é um precursor do ácido indol-acético. Assim, o sintoma típico de deficiência no algodoeiro é a redução dos internódios e do limbo foliar, associados à clorose internerval nas folhas novas, que se apresentam com as bordas voltadas para cima e lóbulos alongados no formato de “dedos” (SILVA et al., 1995). A pobreza no solo é a principal causa de deficiência de Zn, porém o total presente no solo não indica necessariamente a quantidade disponível. Dentre os fatores que influenciam a disponibilidade dos micronutrientes, o pH do solo é um dos mais importantes: o aumento do pH em uma unidade reduz a disponibilidade de Zn em 100 vezes (MORTVEDT et al., 1991). Em campo, podem aparecer sintomas de deficiência em solos com baixo teor desse nutriente, sobretudo após a aplicação de calcário. Silva (1999) relatou que, em um experimento de longa duração conduzido em Latossolo roxo do Estado de

*

Apoio financeiro: FIALGO, Fundação GO e EMBRAPA

São Paulo, após alguns anos de calagens e adubações fosfatadas surgiram sintomas de deficiência de zinco; nessas condições, a aplicação de 3 kg/ha de zinco no sulco de semeadura, usando sulfato de zinco, foi suficiente para evitar o aparecimento dos sintomas de carência e promover aumentos significativos na produtividade de algodão.

Devido à escassez de informações envolvendo adubação do algodoeiro com zinco, particularmente na região do Cerrado, é necessário que sejam desenvolvidas pesquisas em condições de campo para gerar estas informações e auxiliar o produtor na tomada de decisão. Os objetivos deste experimento foram: 1) avaliar a resposta do algodoeiro a fontes, doses e modos de aplicação (lanço em pré-plantio, sulco de plantio e foliar) de zinco; 2) estudar o efeito residual da aplicação de zinco a lanço.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido durante três cultivos consecutivos (safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06) na área experimental da Fundação GO, em Santa Helena de Goiás. Nos cinco anos anteriores a área esteve ocupada com pastagem de braquiário (*Brachiaria brizantha*). Antes da instalação do experimento, em agosto de 2003, realizou-se a análise química do solo, classificado como Latossolo vermelho, cujos resultados são apresentados na Tabela 1. Após a amostragem do solo, aplicaram-se 2.300 kg/ha de calcário dolomítico (PRNT 80%), seguido de incorporação com grade aradora a 30 cm de profundidade.

Os tratamentos foram distribuídos no campo em esquema fatorial (4x3)+1+1, sendo quatro doses de zinco (5, 10, 15 e 20 kg/ha) combinadas com três fontes (óxido de zinco, sulfato de zinco e zincogran), mais dois tratamentos adicionais: um testemunha (sem zinco) e outro com duas pulverizações foliares com sulfato de zinco a 0,5% (200 L/ha), durante o florescimento. Os tratamentos estão descritos, detalhadamente, na Tabela 2. O delineamento usado foi blocos completos ao acaso com quatro repetições. No sulco de plantio foi aplicado, em cada safra, 1/3 da dose a lanço, de modo que no terceiro cultivo todas as parcelas receberam a dose completa. As parcelas foram formadas por oito linhas com 7m de comprimento, utilizando-se as quatro linhas centrais como área útil. A aplicação de zinco a lanço, correspondentes aos tratamentos de 2 a 9 (Tab. 2) foi realizada de uma única vez na safra 2003/04, antes da semeadura do algodoeiro, seguida de incorporação com grade de discos, de modo que nos dois cultivos seguintes avaliou-se o efeito residual da adubação a lanço, efetuando-se apenas a adubação no sulco de plantio e a adubação foliar (tratamentos de 10 a 14 - Tabela 2).

Tabela 1. Resultados da análise de solo (camada 0-20 cm) antes da calagem e da instalação do experimento. Santa Helena de Goiás, safra 2003/2004

Argila	M.O.	pH	P Meh1,	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	S
----- g/dm ³ -----		CaCl ₂	-----mg/dm ³ -----							%	mg/dm ³
530	43	5,4	10,0	63,0	3,2	0,7	0,0	4,7	8,8	46,4	8,0
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	
-----	-----	mg/dm ³ -----									
0,26	2,3	25,1	40,8	1,1	4,6	19,9	4,3	36,5	8	1,8	

M.O. = matéria orgânica; Meh1. = fósforo extraído com a solução Mehlich 1, V = saturação por bases

Na safra 2003/04, o plantio foi realizado no dia 10/12/2003, com a variedade BRS Aroeira, no espaçamento 0,90 m entre linhas, com 11 a 12 sementes por metro. A adubação de plantio foi com 450 kg/ha da formulação 4-30-10 mais 1,5 kg/ha de boro (15 kg/ha de borogran), além de zinco em função dos tratamentos, usando zincogran (10% de Zn). Foram realizadas duas adubações de cobertura: a primeira aos 28 dias após a emergência (DAE) com 250 kg/ha de sulfato de amônio; e a segunda aos 55 DAE com 200 kg/ha de 20-0-20 + 0,4% B. As aplicações foliares de zinco, correspondentes ao

tratamento 14 (Tab. 2) foram realizadas no florescimento aos 55 DAE e aos 70 DAE com pulverizador de pressão de CO₂ com vazão de 200 L/ha.

Na safra 2004/2005, a semeadura foi realizada no dia 17/12/2004 com a variedade BRS Ipê e adubação de plantio com 450 kg/ha da formulação 4-30-10 isenta de micronutrientes, além de zinco nos tratamentos 10 a 13 (Tab. 2). A primeira adubação de cobertura aos 30 DAE com 300 kg/ha da formulação 18-0-20 + 0,5% B e a segunda em 50 DAE com 250 kg/ha desta mesma formulação. As pulverizações foliares (Tab. 2) foram realizadas aos 35 DAE e aos 55 DAE.

Na safra 2005/06 realizou-se a semeadura no dia 10/12/2005 com a cultivar BRS Ipê e adubação no sulco de semeadura com 450 kg/ha da formulação 4-30-10 isenta de micronutrientes. Nos tratamentos de 10 a 13, aplicou-se, também, zinco no sulco de plantio (Tab. 2). Realizaram-se duas adubações de cobertura: a primeira aos 31 DAE com 200 kg/ha de sulfato de amônio e 80 kg/ha de cloreto de potássio; e a segunda aos 52 DAE com 200 kg/ha de 20-0-20 + 0,2% de boro. As pulverizações foliares foram feitas aos 53 DAE e aos 57 DAE.

Nas três safras foram coletadas amostras da 5ª folha, com pecíolo, a partir do ápice da haste principal para determinação dos teores de micronutrientes. A colheita foi realizada manualmente, na área útil da parcela, sendo avaliados, também: peso médio de um capulho, rendimento de fibra, altura de plantas e stand final. Após a colheita, coletaram-se amostras de solo na camada 0-20 cm para determinação do teor de zinco (extrator Mehlich 1) nos tratamentos com adubação a lanço (Tab. 2). Os resultados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância (teste F), contraste de médias e análise de regressão para doses.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos

Tratamento	Dose de zinco (kg/ha)			
	Dose total	Lanço		Sulco
		Óxido (20 % Zn)	Sulfato (21% Zn)	
1	0	0	0	0
2	5	5	0	0
3	10	10	0	0
4	15	15	0	0
5	20	20	0	0
6	5	0	5	0
7	10	0	10	0
8	15	0	15	0
9	20	0	20	0
10	5	0	0	1,67
11	10	0	0	3,33
12	15	0	0	5,00
13	20	0	0	6,67
14	Foliar	2 pulverizações foliares com 200 L/ha da solução 0,5% de sulfato de Zn		

(*) As doses no sulco de plantio correspondem a 1/3 da dose total, aplicadas em três cultivos consecutivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na safra 2003/04 são apresentados na Tabela 3 e na Figura 1. A produtividade de algodão não foi influenciada pelas doses, modos de aplicação nem fontes de zinco (Tab. 3). Os teores de zinco na folha encontram-se acima do nível crítico para o algodoeiro (25 mg/dm³, de acordo com SILVA & RAIJ, 1996), sendo os maiores valores medidos nas parcelas com pulverização foliar e com a aplicação de 20 kg/ha na forma de sulfato de zinco (Fig. 1A). Os teores de zinco no solo aumentaram linearmente com a aplicação de doses de zinco (Fig. 1B).

Nas Tabelas 4 e 5 são mostrados os resultados obtidos na safra 2004/05 e 2005/06, respectivamente. A produtividade de algodão não foi influenciada pelas doses, modos ou fontes de aplicação de zinco, confirmando os resultados da safra 2003/04. Também não houve efeito sobre peso médio de capulho, altura de plantas e rendimento de fibra. Embora não tenha havido aumento de produtividade, o aumento do teor de Zn no solo e na folha comprova o efeito residual da adubação corretiva a lanço, sobretudo na forma de sulfato de zinco. Mesmo havendo aumento dos teores de Zn no solo houve pouca variação dos teores foliares (Tabelas 4 e 5). Os maiores valores de Zn na folha foram observados no tratamento com pulverização foliar, como já era esperado.

Os resultados apresentados neste trabalho são semelhantes aos obtidos por Zancanaro et al. (2004), em Campo Novo dos Parecis, Mato Grosso. Eles conduziram um experimento de campo por três safras consecutivas para estudar a resposta do algodoeiro à adubação corretiva com zinco em diferentes níveis de saturação por bases do solo, após quatro anos de cultivo com soja, verificando-se pequeno incremento de produtividade apenas no primeiro ano, na menor dose aplicada, quando o teor de Zn no solo passou de 0,6 para 1,1 mg/dm³; nas safras seguintes as produtividades não foram afetadas pela adubação com zinco, mesmo havendo aumento no teor de Zn no solo até 4,4 mg/dm³, em média. Em função desses resultados, Zancanaro e Tessaro (2006) concluíram que em solos com teor de Zn maior que 1,7 mg/dm³ e saturação por bases abaixo de 60% a probabilidade de resposta do algodoeiro ao zinco é muito baixa, sugerindo o valor de 1,7 mg/dm³ (extrator Mehlich 1) como nível crítico de Zn para o algodoeiro. Esse valor é bem próximo do nível crítico de 1,6 mg/dm³ de Zn, proposto para várias culturas em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999) e, também, na região do Cerrado (GALRÃO, 2004).

No presente estudo, a aplicação de 5 kg/ha de Zn a lanço e incorporado, independente da fonte usada, foi suficiente para elevar o teor de Zn do solo de 1,1 mg/dm³ para 1,5 mg/dm³ após três cultivos consecutivos com a cultura do algodão. Esses resultados validam a recomendação de Galvão (2004), na qual a adubação corretiva com 6 kg/ha de Zn é uma estratégia eficiente para suprir as necessidades da cultura, apresentando efeito residual por, pelo menos, três a quatro anos. Outra opção, igualmente eficiente, é a aplicação 2 kg/ha de Zn no sulco de plantio, durante três safras consecutivas.

Tabela 3. Produtividade de algodão em caroço, em função de fontes, doses e modos de aplicação de zinco. Santa Helena de Goiás, safra 2003/2004

Dose de Zinco (kg/ha)	Lanço		Sulco ¹	Média
	Óxido de zinco	Sulfato de zinco		
0	2.708	2.708	2.708	2.708 a ²
5	2.777	2.678	2.853	2.769 a
10	2.775	2.638	2.623	2.679 a
15	2.638	2.787	2.858	2.761 a
20	2.775	2.853	2.753	2.794 a
Média	2.735 a ²	2.733 a	2.759 a	
Foliar		2.652		

CV (%) = 6,16

¹ corresponde a 1/3 da dose aplicada a lanço

²Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

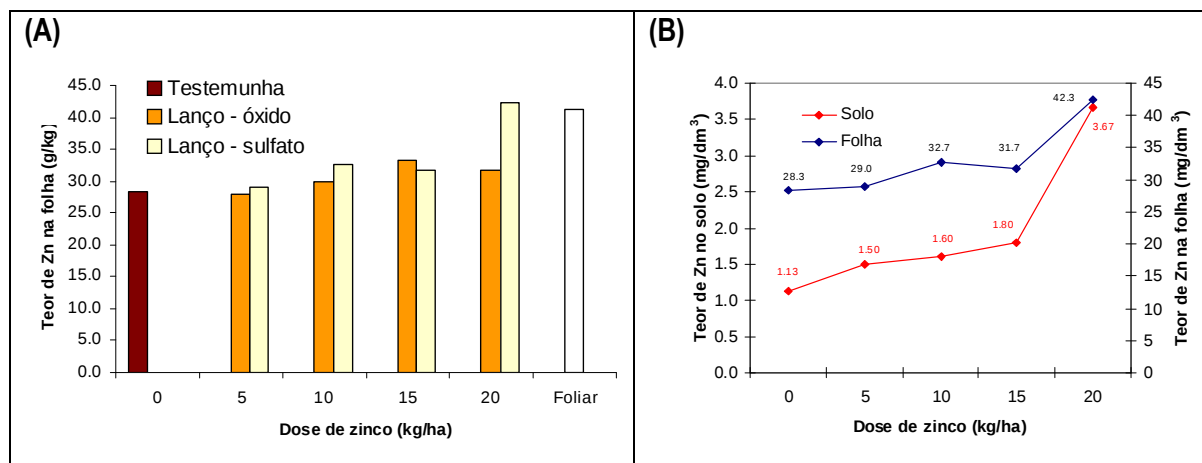


Figura 1. Teores de zinco na folha do algodoeiro, em função de doses e fontes de zinco aplicado no solo, a lanço (A); e teores de Zn no solo e na folha, em função de doses de zinco aplicado no solo, a lanço, na forma de sulfato de zinco (B). Santa Helena de Goiás, safra 2003/2004

Tabela 4. Resultados de produtividade de algodão em caroço (A. caroço) e em pluma, altura de plantas, peso médio de um capulho (P. capulho), porcentagem de fibra (Fibra) e teores de Zn no solo e na folha do algodoeiro, em função de fontes, doses e modos de aplicação de zinco. Santa Helena de Goiás, safra 2004/2005

Efeitos de tratamentos	Altura cm	P. capulho g	Fibra %	A. caroço ----- kg/ha -----	Pluma -----	Zn solo mg/dm ³	Zn folha mg/kg
Foliar vs. Solo							
Foliar	118,8 a ^{/1}	6,0 a	39,3 a	4.308 a	2.037 a	-	84,0 a
Solo (Fatorial 4x3)	117,8 a	6,1 a	39,2 a	4.399 a	2.120 a	-	33,4 a
Testemunha vs. Foliar							
Testemunha	121,9 a ^{/1}	6,1 a	38,6 a	4.429 a	2.082 a	2,4	29,5 b
Foliar	118,8 a	6,0 a	39,3 a	4.308 a	2.037 a	-	84,0 a
Efeito geral de doses no solo							
0	121,9	6,1	38,6	4.429	2.082	2,4	29,5
5	118,4	6,2	39,0	4.368	2.119	2,6	32,5
10	117,3	6,2	39,1	4.420	2.132	3,3	33,5
15	117,3	6,2	39,2	4.337	2.090	3,5	33,7
20	118,0	5,9	39,5	4.449	2.117	3,9	33,5
Efeito de fontes de Zn aplicadas no solo							
Óxido	117,3 a ^{/2}	6,2 a	39,2 a	4.406 a	2.140 a	3,2 a	32,9 a
Sulfato	118,1 a	6,1 a	39,2 a	4.369 a	2.107 a	3,4 a	33,7 a
Zincogran	118,1 a	6,1 a	39,2 a	4.422 a	2.114 a	-	33,6 a
C.V. (%)	4,9	5,2	2,9	5,19	8,7	22,3	8,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si: ^{/1} pelo contraste de médias com teste F (P<0,05); ^{/2} pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 5. Produtividade de algodão em caroço (A.caroço) e de pluma, rendimento de fibra, peso médio de um capulho (Pcap), altura de plantas, número de capulhos por planta (Ncap) e teores de Zn na folha e no solo, em função de doses, fontes e modos de aplicação de zinco. Santa Helena, safra 2005/2006

Tratamentos	A.caroço kg/ha	Fibra %	Pluma kg/ha	Pcap g	Altura cm	Stand	Ncap	Zn - folha mg/kg	Zn - solo mg/dm ³
Testemunha vs. Fatorial									
Testemunha	1.326	39,2	521	4,8	131,2	8,2	4,8	22,3	1,3
Fatorial 4x3	1.297	39,3	510	4,8	134,0	7,6	4,5	23,6	2,2
Foliar vs. Fatorial									
Foliar	1.382	39,2	542	5,1	135,8	6,6	4,6	29,3	-
Fatorial 4x3	1.297	39,3	510	4,8	134,0	7,6	4,5	23,6	2,2
Testemunha vs. Foliar									
Testemunha	1.326	39,2	521	4,8	131,2	8,2	4,8	22,3	1,3
Foliar	1.382	39,2	542	5,1	135,8	6,6	4,6	29,3	-
Efeito de fontes de Zn									
Óxido	1.251	39,1	489	4,7	136,9	7,1	4,3	23,4	2,0
Sulfato	1.324	39,6	524	4,9	131,3	7,9	4,3	23,8	2,5
Zincogran	1.316	39,2	516	4,7	133,9	7,7	4,8	23,7	-
Efeito geral de doses									
0	1.326	39,2	521	4,8	131,2	8,2	4,8	22,3	1,3
5	1.292	39,0	503	4,8	135,6	7,6	4,4	23,2	1,5
10	1.251	39,2	491	4,6	132,8	7,8	4,2	23,8	1,9
15	1.297	39,4	511	4,8	133,4	7,7	4,6	23,4	2,3
20	1.345	39,7	533	4,8	133,6	7,3	4,8	23,9	3,0
C.V. (%)	9,91	2,68	10,21	7,27	5,66	8,88	27,29	8,67	13,83



CONCLUSÕES

- Nas condições apresentadas neste estudo, não houve resposta do algodoeiro em produtividade à adubação foliar nem à adubação com 5 a 20 kg/ha de Zn, usando sulfato ou óxido de zinco distribuídos a lanço e incorporados, ou 1/3 dessas doses com zincogran aplicado no sulco de plantio em três cultivos consecutivos.
- A adubação corretiva com zinco apresentou efeito residual, demonstrado pelo aumento dos teores de Zn no solo e na folha do algodoeiro até o terceiro cultivo, embora não tenha havido efeito na produtividade.
- As análises de solo e de folhas foram eficientes para detectar alterações na disponibilidade de zinco para o algodoeiro.

CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA E CIENTÍFICA DO TRABALHO

A recomendação de adubação do algodoeiro com micronutrientes no Cerrado, com base na análise de solo, ainda é bastante limitada, devido à insuficiência de experimentos de calibração para esses nutrientes. Há carência de informações nessa área e qualquer informação nova gerada pela pesquisa traz grande contribuição para o seu manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.) **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Cap.8. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.185-226.
- MALAVOLTA, E.; BOARETO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FRREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Ed). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.1-33.
- MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. **Micronutrients in agriculture**. 2 ed. Madison: SSSA, 1991.
- SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; FUZZATO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. Seja o doutor do seu algodoeiro. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 69,p.26, 1995b. (Arquivo do Agrônomo, 8).
- SILVA, N.M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. dos. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba, 1999. p.57-92.
- SILVA, N.M. da; RAIJ, B. van. Fibrosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. Cap. 24, p.261-273. (IAC. Boletim Técnico, 100)
- STAUT, L.A. **Fertilização fosfatada e potássica nas características agrônomicas e tecnológicas do algodoeiro na região de Dourados, MS**. 1996. 124f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.
- ZANCANARO, L.; TESSARO, L. Calagem e adubação. In: **Algodão**: pesquisa e resultados para o campo. Cuiabá: FACUAL, 2006. p.56-81.
- ZANCANARO, L.; TESSARO, L.; HILLESHEIM, J.; VILELA, L. C.S. Manejo da adubação na cultura do algodão. In: **FMT em campo 2004**: é hora do algodão. Rondonópolis: Fundação MT, 2004b. Disponível em: <<http://www.fundacaomt.com.br>>. Acesso em: 15 de abril de 2005.