

VI. ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

USO DE SULFATO DE AMÔNIO E DE URÉIA NA ADUBAÇÃO DO ALGODOEIRO (1)

NELSON MACHADO DA SILVA (2,7), LUIZ HENRIQUE CARVALHO (2,7), HEITOR CANTARELLA (3,7),
ONDINO CLEANTE BATAGLIA (3,7), JULIO ISAO KONDO (4),
JOSÉ CARLOS SABINO (5) e NELSON BORTOLETTO (6)

RESUMO

Em dezesseis experimentos de campo desenvolvidos com o cultivar IAC 20 em diferentes regiões paulistas, de 1984 a 1987, estudou-se a competição de adubos nitrogenados na cultura algodoeira. Sulfato de amônio e uréia foram aplicados em cobertura incorporada nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg/ha de N, em esquema fatorial, com quatro repetições distribuídas em blocos ao acaso. Em dois anos agrícolas, testou-se a não-incorporação da cobertura, na dose de 75 kg/ha de N, com o auxílio de tratamentos extras. Nos solos em pousio, ou seja, que estiveram anteriormente cobertos com pastagens antigas ou com leguminosa, ocorreram altas produtividades associadas às baixas respostas das plantas ao N mineral aplicado. O aumento da produtividade, de certa forma, relacionou-se com o N-inorgânico e com o P-resina da análise do solo. Esse último índice mostrou-se útil na discriminação dos ensaios sobre solos cultivados. Estudo econômico efetuado por grupo de resposta esperada indicou valores de doses mais econômicas entre 17 e 88 kg/ha de N, crescentes em função da intensidade de cultivo das glebas. Não houve diferença significativa entre o uso de sulfato de amônio ou de uréia, tampouco entre modo de aplicação do produto, se incorporado ao solo ou não, em termos de produção e de concentração foliar de N. A concentração de S no limbo foliar, no entanto, diminuiu significativamente com o uso de uréia. É proposto valor em torno de 3,8% de N - na análise do limbo das quintas folhas colhidas da haste principal, aos 80-90 dias de idade do algodoeiro - como indicativo da probabilidade de resposta à adubação nitrogenada.

Termos de indexação: algodão; adubos nitrogenados; modos de aplicação; análises de solo e foliar, correlações.

(1) Trabalho financiado com recursos do convênio PETROFÉRTIL/EMBRAPA/IAC. Parcialmente apresentado na XIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Santa Maria (RS), em julho de 1990. Recebido para publicação em 29 de março de 1992 e aceito em 20 de abril de 1993.

(2) Seção de Algodão, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

(3) Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, IAC.

(4) Seção de Tecnologia de Fibras, IAC.

(5) Estação Experimental de Tietê, IAC.

(6) Estação Experimental de Votuporanga, IAC.

(7) Com bolsa de pesquisa do CNPq.

ABSTRACT

USE OF AMMONIUM SULFATE AND UREA IN COTTON FERTILIZATION

In order to compare the effect of ammonium sulfate and urea, when sidedressed and incorporated just after thinning, on cotton cv IAC 20, sixteen field experiments were conducted in different soils of the State of São Paulo, Brazil. The experiments were carried out during the growing seasons of 1984/85 to 1986/87. Rates of 0, 25, 50, 75, and 100 kg/ha of N were used in a factorial design (2 x 5), with four replications in randomised blocks. Two extra treatments were added in some experiments, in which the N sources were sidedressed without incorporation at the rate of 75 kg/ha of N. The highest yields and the smallest responses of cotton to N application occurred in soils previously covered with old pastures or grown with legumes in rotation. The most profitable rate of nitrogen fertilization, calculated for groups of experiments based on expected yields, varied from 17 to 88 kg/ha of N, the highest rates for soils more intensively cultivated. Yield responses to N could be reasonably predicted in soils grouped according to P extracted by ion exchange resin and, in some way, with the inorganic-N content of the 0-60cm soil layer. Soils with high available P, long under cultivation, showed high responses to N application than soils with median P levels. Nitrogen sources or methods of fertilizer application did not affect cotton yield and total N content of leaves; however, total S concentration in leaves decreased linearly with the increase of urea application. Total N around 3.8% is suggested as the critical limit for N in cotton, determined in blades of the most recently matured leaf, collected from the main stem, 80 to 90 days after planting.

Index terms: cotton; nitrogen fertilizers; method of fertilizer application; soil and foliar analysis.

1. INTRODUÇÃO

Em trabalhos antigos realizados por Paden (1937) e Longenecker et al. (1955), demonstrou-se que a uréia e o sulfato de amônio se equivalem em efeitos sobre a produtividade do algodoeiro. No entanto, ensaios mais recentes no Estado de São Paulo, conduzidos por Fuzatto et al. (1965) e Silva et al. (1986), indicam certa superioridade do sulfato de amônio no que se refere a aumentos na produtividade, em função de peculiaridades de cada estudo.

Por outro lado, a exigência da cultura em nitrogênio no Estado vem crescendo com a intensidade de cultivo, como já indicado por Fuzatto (1965). As doses experimentais estudadas, entretanto, raramente ultrapassavam a faixa de 50-60 kg/ha de N, como no trabalho de Silva et al. (1975), onde se usaram até 100 kg/ha de N. Nesse estudo, foi freqüente a resposta linear a nitrogênio nos ensaios desenvolvidos sobre solos freqüentemente adubados.

Visando esclarecer esses dois aspectos, projetou-se a realização de uma série de experimentos que permitisse estudar a curva de resposta do algodoeiro a N fornecido pelos referidos produtos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

De 1984 a 1987, foram realizados dezesseis ensaios de campo de competição de adubos nitrogenados, nas principais regiões paulistas. A adubação básica de plantio consistiu na aplicação de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, nas doses de 10, 75 e 50 kg/ha, em solos arenosos, e 10, 65, 65 kg/ha, mais 1,0 kg/ha de B, em latossolos mais argilosos. O uso de superfosfato simples e de sulfato de amônio, no plantio, permitiu fornecer de 62 a 68 kg/ha de S.

Na adubação em cobertura, avaliaram-se as doses de 25, 50, 75 e 100 kg/ha de N, contra tratamento sem nitrogênio. Sulfato de amônio e

uréia forneceram a referida adubação, em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições distribuídas em blocos ao acaso. Efetuou-se a cobertura com terra dos citados adubos, pela passagem de cultivador. Em 1984/85 e 1986/87, testou-se, como tratamentos extras, a aplicação não incorporada dos produtos, na dose de 75 kg/ha de N.

A parcela experimental constou de quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,8 a 1,0 m. No desbaste, deixaram-se cerca de sete plantas por metro. Para fins de coleta de dados, foram consideradas úteis apenas as linhas centrais. Utilizou-se o cultivar IAC 20.

Durante o florescimento, coletaram-se amostras da quinta folha do ramo principal, para fins de análises químicas. Efetuaram-se, também, amostragens de solos na camada arável de todos os ensaios. No último ano de estudo, procedeu-se a uma amostragem mais profunda de solo (até 60 cm, em intervalos de 20 cm), no início do desenvolvimento do algodoeiro, para determinação do N inorgânico. As análises de folhas foram feitas segundo Bataglia et al. (1983) e as de solo, segundo Raij et al. (1987). As amostras de solo para a análise de N inorgânico foram imediatamente secas ao ar, sendo a determinação realizada em, no máximo, dois a três dias, pelo método descrito por Bremner & Keeney (1966).

O presente trabalho trata de resultados de produção de algodão e de suas relações com dados de análises de solo e foliar, além de uma análise econômica simplificada. No cálculo da receita relativa à adubação nitrogenada, foram descontados da receita bruta, calculada pelo preço médio do algodão em caroço (Cr\$8,04/kg), os custos relativos à adubação nitrogenada, de Cr\$5,02 e Cr\$3,50/kg, respectivamente, para uréia e sulfato de amônio, além do custo da colheita extra, equivalente a 1/5 do preço do algodão. Os valores dessa receita relativa, calculados inicialmente em cruzeiros/hectare, foram transformados em quilograma/hectare de algodão em caroço. Tomou-se como base a relação de preços levantada para os meses de abril e maio de 1987, junto ao Instituto de Economia Agrícola de São Paulo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de solo

A variação observada nos valores de matéria orgânica (1,6 a 6,3%) permite inferir sensíveis variações na textura dos solos. Com efeito, foram abrangidos no presente estudo desde latossolos de médio a muito argilosos até solos podzolicados, com uma camada superficial bastante arenosa, representativos de extensa área algodoeira do oeste paulista. No quadro I encontram-se os resultados de análise de solos.

Os experimentos foram instalados em glebas freqüentemente adubadas, exceto as de n.º 6 e 13, de cultivo recente, e a de n.º 10, representativa de antiga pastagem. Um dos reflexos da freqüência de uso das terras é o nível de fósforo que, na maioria dos casos, varia de médio a alto. Outro seria o grau de correção de acidez do solo, uma vez que as análises em geral revelaram níveis razoáveis de saturação por bases (V%), exceto nos ensaios n.ºs 5, 10 e 14, onde, previamente, deve ter sido aplicado menos calcário.

A análise de N inorgânico do solo indicou que a quantidade do nutriente cresce sensivelmente em profundidade, pelo menos até 60 cm. Nota-se, ainda, grande variação devida a locais, de modo que em alguns ensaios (n.ºs 13, 14 e 16) a disponibilidade de nitrogênio antes da adubação em cobertura poderia ser razoável, uma vez que, na época da amostragem, esses solos apresentaram o equivalente a 74, 86 e 104 kg/ha de N respectivamente, na camada de 0 a 60 cm (Quadro 1). Nas áreas correspondentes aos ensaios números 5, 8, 14 e 16, rotações com mucuna-preta haviam sido feitas rotineiramente, o que poderia explicar os altos índices de N inorgânico observados nos dois últimos casos.

3.2 Análise foliar

O uso do sulfato de amônio ou da uréia afetou especialmente os teores foliares de nitrogênio e de enxofre, razão pela qual não são considerados os demais nutrientes, no presente trabalho.

QUADRO 1. Resultados de análises químicas para fins de fertilidade de amostras retiradas na camada arável e do N inorgânico em amostras até 60 cm de profundidade, das áreas dos ensaios com adubos nitrogenados em algodoeiro

Nº Local	Ano	P resina	M.O. %	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H + Al	V	N-(NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻) 0-40cm 0-60cm	
										mg/dm ³	%
01	Campinas	84/85	118	3,9	5,1	0,25	3,9	0,5	4,3	52	-
02	Leme	84/85	47	2,2	5,5	0,20	2,7	1,1	2,0	67	-
03	Aguai	84/85	32	3,1	5,1	0,20	2,9	1,0	2,1	66	-
04	Guaíra (Fazenda Rodeio)	84/85	37	3,8	5,6	0,17	3,4	2,2	2,3	72	-
05	Guaíra (Fazenda Rodeio)	85/86	24	4,6	4,9	0,30	3,4	0,6	4,9	47	-
06	Guaíra (CEPAR)	85/86	16	2,7	5,7	0,18	2,5	1,7	1,8	71	-
07	Leme	85/86	48	2,7	5,4	0,34	3,9	1,2	2,4	69	-
08	Miguelópolis	85/86	42	3,4	5,5	0,13	2,9	1,5	2,8	62	-
09	Bernardino de Campos	85/86	34	6,3	5,1	0,21	3,7	2,3	5,2	54	-
10	Votuporanga	85/86	8	1,6	4,4	0,14	1,0	0,6	2,6	40	-
11	Bernardino de Campos	86/87	50	5,9	5,0	0,27	3,8	2,4	5,7	53	10
12	Pirassununga	86/87	52	2,0	5,4	0,08	2,2	0,9	2,1	60	10
13	Guaíra (CEPAR)	86/87	22	2,5	5,6	0,12	2,0	1,1	2,1	60	14
14	Guaíra (Fazenda Rodeio)	86/87	26	4,8	4,9	0,31	3,2	0,6	5,0	45	17
15	Taçiba	86/87	35	2,1	5,0	0,22	1,9	0,9	2,5	55	9
16	Ituverava	86/87	28	2,0	5,6	0,06	2,7	1,8	1,9	71	18

3.2.1 Nitrogênio

No quadro 2, pode-se observar que a aplicação de nitrogênio concorreu para aumentar a concentração foliar de N, de forma linear e significativa, na maior parte dos ensaios (77%), independentemente do adubo usado. Na verdade, em apenas um ensaio (n° 11) o sulfato de amônio superou a uréia, enquanto em outro (n° 6) ocorreu alguma interação doses x adubos, com vantagem alternada para um ou outro produto. O enterrio dos adubos, comparado com os tratamentos em que estes permaneceram na superfície do solo, não afetou a concentração foliar de N.

Na análise conjunta, o único destaque foi para o efeito de doses de nitrogênio ($F = 10,12^{**}$). Em média, o N% das folhas aumentou de forma linear e significativa, tanto com o uso de sulfato de amônio quanto de uréia (Figura 1).

A resultados semelhantes chegaram Hiroce et al. (1976), ao analisar os efeitos do sulfato de amônio aplicado em cobertura em treze ensaios com o algodoeiro. Barton et al. (1982), em condições de irrigação, e Sabino (1989) obtiveram acréscimos de mesma natureza, com o uso de uréia em solos deficientes.

3.2.2 Enxofre

Ao contrário do nitrogênio, a concentração foliar de enxofre mostrou-se estritamente relacionada ao tipo de adubo usado. O sulfato de amônio causou um aumento significativo do teor de S nas folhas, em relação aos tratamentos com uréia, em onze de treze ensaios analisados, ou seja, em 85% dos casos. O modo de aplicação de adubos, por sua vez, não demonstrou importância, conforme quadro 3.

Na análise conjunta obteve-se valor de F altamente significativo ($7,91^{**}$), para a interação doses x adubos. Com efeito, o sulfato de amônio concorreu para aumentar sensivelmente o S% da folha e a uréia, para diminuir essa concentração, de acordo com a figura 2.

Giroto (1985) e Palermo (1989) observaram, também, sensíveis acréscimos no teor de

enxofre nas folhas em função da adubação do algodoeiro com sulfato de amônio. A despeito de terem trabalhado em condições de baixa disponibilidade do nutriente, uma vez que a concentração foliar em parcelas testemunhas esteve próxima de 0,300% de S, não foram relatados sintomas de deficiência. Fato semelhante ocorreu na presente série de ensaios, mesmo nos locais n.ºs 12 e 15, onde o uso da dose máxima de uréia fez deprimir o S% a níveis bem próximos aos citados (Quadro 3).

Na realidade, sintomas típicos de carência de enxofre, caracterizados principalmente pelo aspecto "verde-limão" das folhas novas, só foram levantados em parcelas testemunhas no quinto ano de plantio sucessivo, no estudo de Silva et al. (1987). Dois anos antes, nessas parcelas, a análise acusava cerca de 0,150% de S nas folhas das plantas (Silva et al., 1981).

3.3 Produção

O efeito de doses de N sobre a produtividade do algodoeiro mostrou-se significativo em onze dos dezesseis ensaios executados (69%), sendo essencialmente linear em quatro casos (25%), conforme valores de F-doses expostos no quadro 4.

Silva et al. (1986) obtiveram baixas respostas das plantas à adubação nitrogenada em solos de pastagem, à semelhança do ocorrido no ensaio n.º 10 do presente estudo. O pequeno efeito da adubação nos experimentos 8 e 16, por sua vez, deve estar relacionado à maior disponibilidade de N oriundo da rotação com mucuna-preta.

Em termos de produção, a diferença entre fontes de N foi muito pequena, conforme médias respectivas apresentadas no referido quadro. Na verdade, o sulfato de amônio só superou a uréia no ensaio 4. Com relação à interação doses x adubos, nota-se prevalência do sulfato de amônio ao fornecer 50 kg/ha de N no ensaio 1 e 75 kg/ha de N no ensaio 12, ambos em cobertura incorporada.

Quadro 2. Concentração de N total determinada na quinta folha do algodoeiro, coletada na haste principal durante o florescimento das plantas em ensaios de adubos nitrogenados desenvolvidos entre 1984 e 1987, no Estado de São Paulo

Uréia	Localidades ⁽¹⁾																			
	1	2	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16							
	Sulfato de amônio																			
	3,29	3,82	3,75	4,72	3,30	3,88	4,35	3,85	3,26	3,74	4,27	3,26	3,64	3,64	3,79	4,03	3,81	3,92	3,64	3,89
	3,64	3,40	3,94	4,89	3,52b ⁽³⁾	4,01	4,52	3,80	3,46	3,74	4,27	3,46	3,79	3,42	3,79	4,03	3,81	3,92	3,64	3,89
	3,93	3,61	4,14	4,62	3,69	4,07	4,30	3,91	3,52	3,92	4,38	3,52	3,79	3,49	4,03	3,81	3,92	3,64	3,89	3,89
	4,10	3,62	4,23	4,85	4,25a	4,56	4,79	4,35	3,85	3,88	4,61	3,85	3,81	3,57	3,81	3,92	3,92	3,64	3,89	3,89
	4,13	3,96	4,51	4,71	4,14	4,57	4,41	4,11	3,77	4,12	4,71	3,77	3,92	3,64	3,92	3,92	3,92	3,64	3,89	3,89
	3,95	3,65	4,21	4,77	3,90	4,30	4,51	4,04	3,65	3,92	4,49	3,65	3,53	3,53	3,89	3,89	3,89	3,64	3,89	3,89
	3,26	3,56	3,84	4,46	3,32	3,97	4,62	3,87	3,32	3,70	4,32	3,32	3,48	3,48	3,85	3,85	3,85	3,64	3,89	3,89
	3,56	3,28	3,98	4,64	3,91a	3,83	4,64	3,99	3,36	3,62	4,59	3,36	3,41	3,41	3,91	3,91	3,91	3,64	3,89	3,89
	3,84	3,59	4,20	5,13	3,67	4,15	4,63	4,15	3,53	4,06	4,50	3,53	3,46	3,46	3,88	3,88	3,88	3,64	3,89	3,89
	4,06	3,90	4,29	4,66	3,89b	4,53	4,43	4,39	3,69	3,96	4,53	3,69	3,54	3,54	3,87	3,87	3,87	3,64	3,89	3,89
	4,20	3,82	4,28	4,57	4,33	4,24	4,71	4,45	3,81	4,27	4,80	3,81	3,70	3,70	3,86	3,86	3,86	3,64	3,89	3,89
	3,92	3,65	4,19	4,75	3,95	4,19	4,60	4,25	3,60	3,98	4,61	3,60	3,53	3,53	3,88	3,88	3,88	3,64	3,89	3,89
	3,97	3,66	4,23	—	—	—	—	4,22	3,47	4,12	4,36	3,47	3,47	3,47	—	—	—	—	—	—
	4,13	3,79	4,27	—	—	—	—	4,32	3,78	3,94	4,64	3,78	3,70	3,70	—	—	—	—	—	—
	0,14	0,44	0,01	0,29	0,38	0,46	2,16	7,84**	0,27	0,51	1,58	0,27	0,21	0,21	0,48	0,48	0,48	0,21	0,48	0,48
	55,59**	8,22**	21,47**	0,04	79,96**	16,48**	0,33	37,77**	35,48**	32,94**	13,58**	32,94**	6,12*	6,12*	2,27	2,27	2,27	6,12*	2,27	2,27
	2,59	6,19	0,22	2,55	0,03	0,01	0,01	0,03	0,07	1,03	0,42	0,07	0,24	0,24	2,26	2,26	2,26	0,24	2,26	2,26
	0,11	1,28	0,42	1,44	3,18*	0,52	2,10	1,01	0,44	0,79	0,66	0,44	0,30	0,30	1,52	1,52	1,52	0,30	1,52	1,52
	7,1	7,0	7,0	8,1	5,8	8,3	6,2	4,7	5,8	4,8	5,7	5,8	7,7	7,7	4,3	4,3	4,3	7,7	4,3	4,3

(¹) Especificadas no quadro 1. (²) Médias dos tratamentos adubados. (³) Tukey, a 5%, comparando adubos dentro de doses.

Como já comentado, no caso dos experimentos 4 e 12, a aplicação de uréia fez cair a concentração de S no limbo foliar a níveis relativamente baixos (0,335%), conforme quadro 3. Isso poderia reforçar, a despeito da alta adubação de base, a hipótese de deficiência de enxofre, já levantada por Silva et al. (1986). Deve-se esclarecer, no entanto, que não foram constatados sintomas de deficiência do nutriente como os relatados por Silva et al. (1981), trabalhando em área contígua ao ensaio 4.

A incorporação de ambas as fontes de N, realizada pela passagem do cultivador, não provocou alteração na produção de algodão em comparação com os resultados observados quando o N foi deixado sobre a superfície do solo (Quadro 4).

Resultados semelhantes foram obtidos por Kiehl et al. (1985) e Mello et al. (1988) com uréia aplicada às culturas do algodão e milho

respectivamente. Como a uréia está sujeita a perdas de N por volatilização de NH_3 , quando deixada na superfície do solo, esperava-se menor eficiência dessa fonte de N em relação ao sulfato de amônio, o que não aconteceu.

Uma das explicações para o fato é a provável ocorrência de chuvas nos dias subsequentes à adubação de cobertura - a qual, normalmente, coincide com o período mais chuvoso do ano - e que pode incorporar a uréia ao solo, minimizando as perdas por volatilização de NH_3 .

Cantarella et al. (1988) observaram, nos casos de ausência de chuvas após a adubação de cobertura, que a uréia aplicada na superfície do solo foi menos eficiente, para a cultura do milho, que esse mesmo adubo enterrado; nos ensaios em que houve ocorrência de chuvas até o terceiro ou quarto dia após a cobertura com uréia, as formas de aplicação mostraram resultados semelhantes.

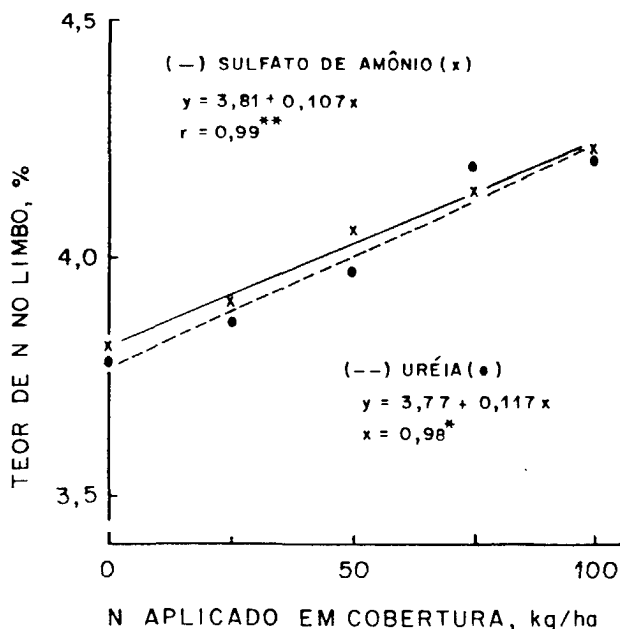


Figura 1. Efeitos de doses de adubos nitrogenados, aplicados em cobertura, sobre a concentração de N no limbo da quinta folha colhida da haste principal, durante o florescimento do algodoeiro.

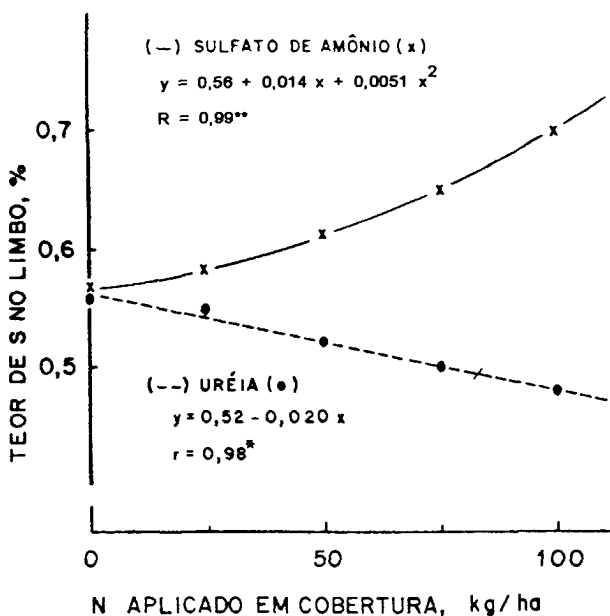


Figura 2. Efeitos de doses de adubos nitrogenados, aplicados em cobertura, sobre a concentração de S no limbo da quinta folha colhida da haste principal, durante o florescimento do algodoeiro.

Quadro 3. Concentração de S determinada na quinta folha do algodoeiro, coletada na haste principal durante o florescimento das plantas, em ensaios de adubos nitrogenados desenvolvidos entre 1984 e 1987, no Estado de São Paulo

Uréia	Localidades ⁽¹⁾															
	1	2	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16			
Sulfato de amônio																
N kg/ha	%															
	Cobertura incorporada															
0	1,140	0,410	0,357	0,693	0,518	0,647	0,468	0,545	0,431	0,415	0,636	0,579	0,331			
25	1,002	0,477	0,342b	0,680	0,489b	0,655b	0,555	0,461	0,414	0,470	0,650	0,523	0,408			
50	0,840b ⁽³⁾	0,335	0,363b	0,740b	0,483b	0,651	0,470	0,421b	0,419	0,478	0,655	0,435b	0,413			
75	0,853	0,331	0,345b	0,669b	0,515b	0,603	0,486	0,411	0,346b	0,485	0,642b	0,336b	0,446			
100	0,785b	0,360	0,335b	0,682b	0,537b	0,663b	0,464b	0,366	0,336b	0,442b	0,630b	0,295b	0,344			
Média ⁽²⁾	0,924	0,383	0,349	0,693	0,508	0,644	0,488	0,441	0,389	0,458	0,643	0,434	0,388			
0	1,056	0,429	0,372	0,682	0,532	0,613	0,590	0,567	0,389	0,507	0,651	0,612	0,355			
25	0,976	0,392	0,446a	0,692	0,671a	0,736a	0,357	0,526	0,425	0,481	0,711	0,588	0,367			
50	1,128a	0,351	0,485a	0,876a	0,756a	0,706	0,636	0,511a	0,376	0,467	0,733	0,546a	0,391			
75	0,991	0,384	0,527a	0,995a	0,890a	0,705	0,685	0,475	0,447a	0,629	0,892a	0,533a	0,387			
100	1,224a	0,367	0,613a	0,960a	0,941a	0,841a	1,014a	0,442	0,464a	0,660a	0,942a	0,557a	0,401			
Média ⁽²⁾	1,075	0,385	0,489	0,841	0,758	0,720	0,656	0,504	0,420	0,549	0,786	0,576	0,380			
	Não incorporada															
75	0,826	0,354	0,359	-	-	-	-	0,397	0,363	0,476	0,659	0,349	-			
75	1,014	0,361	0,537	-	-	-	-	0,472	0,468	0,583	0,822	0,582	-			
F-adubos	18,88**	0,01	276,30**	35,10**	83,38**	9,25**	5,27*	11,83**	6,81*	6,24*	41,18**	39,76**	0,26			
F-doses (L)	4,30**	4,16	76,22***	21,86***	32,49***	5,15**	4,51**	29,56**	1,03	4,15*	22,25***	37,40**	2,37			
F-doses (Q)	5,02*	0,63	0,01	1,26	0,01	0,31	1,62	0,45	0,03	0,09	0,06	0,68	6,79*			
F-dose/adubo	7,80	0,76	26,70**	7,40**	6,68**	1,86	2,65	0,37	8,77**	1,35	6,78**	3,97*	1,74			
CV (%)	11,0	21,8	6,4	10,3	13,6	11,7	40,4	12,4	9,4	22,8	9,9	13,4	13,3			

(¹) Especificadas no quadro 1. (²) Média dos tratamentos adubados. (³) Tukey, a 5%, comparando adubos dentro de doses. Os sinais - e + indicam regressão negativa ou positiva.

Quadro 4. Produções médias de algodão em caroço e respectivos resultados de análises da variância de dezesseis ensaios de adubos nitrogenados efetuados em regiões algodoeiras paulistas entre 1984 e 1987

Uréia	Localidades ⁽¹⁾																Média
	84/85								85/86								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Sulfato de amônio																	
N kg/ha																	
	Cobertura Incorporada																
0	2088	2325	1595	2711	4026	3706	3706	4492	1456	3408	1728	3403	2747	3653	2698	4594	3021
25	2706	2469	1860	3256	4087	3956	4028	4617	1559	3780	2281	3722	3178	3808	2863	4708	3305
50	2638b ⁽²⁾	3294a	2018	3294	4389	4659	4125	4358	1559	3418	2256	4114	3388	3832	3143	4925	3463
75	2947	2822	1913	3061	4074	4381	3919	4506	1678	3373	2431	3861b ⁽³⁾	3341	3855	3153	4694	3376
100	3281	2988	2088	3169	4103	4397	3975	4600	1459	3515	2816	4156	3281	3716	3215	4956	3482
Média ⁽²⁾	2893	2893	1970	3195	4163	4348	4012	4520	1564	3522	2446	3963	3297	3803	3094	4821	3329
	0	1697	2009	1688	3050	3739	3803	4433	1475	3478	1800	3542	2753	3629	2833	4678	3034
25	2797	2219	1888	3114	4303	3844	3869	4456	1488	3720	2200	3494	3084	4029	2893	4894	3268
50	3278a ⁽²⁾	2597b	1883	3522	4537	4344	3822	4528	1803	3703	2516	4047	3272	3774	3025	4772	3464
75	3194	2888	2080	3350	3758	4463	4113	4550	1694	3745	2703	4444a ⁽³⁾	3606	3750	3225	4872	3527
100	2994	3138	1983	3536	3705	4009	4216	4231	1669	3583	2906	4328	3484	3921	3230	4842	3486
Média ⁽²⁾	3066	2711	1959	3381	4076	4165	4005	4441	1664	3688	2581	4078	3362	3869	3093	4845	3356
	Não Incorporada																
75	3338	2747	2053	3272	-	-	-	-	-	-	2613	4031	3628	3576	3413	-	3186
75	2969	2644	1965	3072	-	-	-	-	-	-	2909	4042	3122	3918	3498	-	3127
F-adubos	0,24	2,45	0,02	6,34*	0,71	0,51	0,02	0,28	1,94	3,86	2,62	1,33	0,54	0,16	0,03	0,08	0,66
F-doses (L)	41,93**	23,69**	11,36**	10,12**	0,20	6,64*	3,44	0,04	3,03	0,01	88,87**	32,16**	39,34**	0,31	4,66*	1,25	72,26**
F-doses (Q)	10,69**	1,27	1,71	4,25*	5,39**	4,68*	0,20	0,11	4,41*	2,03	1,09	1,29	10,84**	0,65	0,15	0,16	19,19**
F-dose/adubo	2,31	1,27	0,75	1,16	0,72	0,68	0,85	0,42	1,11	1,12	0,75	1,73	1,14	0,32	0,07	0,31	0,83
CV (%)	14,1	15,8	12,7	8,5	11,7	10,7	9,1	9,9	11,6	6,6	10,1	8,4	7,1	10,1	16,8	8,5	11,0

(¹) Especificadas no quadro 1. (²) Médias dos tratamentos adubados. (³) Tukey, a 5%, comparando adubos dentro de doses.

Além disso, deve-se levar em consideração que, no presente estudo, a comparação de modos de aplicação de N em cobertura foi realizada com a dose de 75 kg/ha de N, ponto no qual a curva de resposta de produção do algodoeiro está atingindo o platô. Nessas condições, a comparação de modos de aplicação é pouco sensível.

Resultados da análise conjunta dos dados de produção, expostos na última coluna do quadro 4, revelam efeito significativo apenas para doses de N. No entanto, como a análise conduziu a valor relativamente alto de F para a interação tratamento x local (1,40**), decidiu-se por agrupar os ensaios em função da expectativa de resposta.

3.4 Relações da produção

3.4.1 Análise de solo e histórico das glebas

Estudos de correlação simples entre acréscimos médios de produção devidos a N (y) - calculados de acordo com valores expostos na última coluna do quadro 4 - e dados de análise de solo (Quadro 1), demonstraram a eficiência de alguns índices analíticos (x) como P-resina e N inorgânico, no sentido de poderem indicar eventuais respostas do algodoeiro a nitrogênio. No primeiro caso, que envolveu resultados de todos os ensaios (n = 16), a correlação foi linear e positiva ($y = 85,8 + 7,9716x$), com valor de coeficiente de correlação altamente significativo ($r = 0,72^{**}$).

Embora se tenha trabalhado com um único teor realmente alto de P-resina (ensaio 1, Quadro 1), os resultados do presente estudo mostram que a reação do algodoeiro a N tende a crescer com o acúmulo da adubação mineral. Fuzatto et al. (1970) já consideravam o teor de P do solo como índice indicativo de resposta esperada da planta à adubação nitrogenada.

A determinação de N inorgânico do solo foi efetuada apenas nos seis experimentos do último ano (Quadro 1). A correlação entre acréscimos de produção devidos a N e valores de N inorgânico mostrou-se promissora, embora não sig-

nificativa. Os coeficientes de correlação linear obtidos foram de $r = -0,67$ e $r = -0,61$, respectivamente, para determinações efetuadas em amostras de solo coletadas até 40 e até 60 cm de profundidade. Esses resultados indicam que o assunto deve ser mais explorado em pesquisas futuras.

Diante das limitações expostas, em termos de análises de solo, decidiu-se por reunir os experimentos em função de informações do histórico geral das glebas, para a realização do estudo econômico da adubação nitrogenada. Assim, no grupo considerado de baixa resposta esperada, foram reunidos os ensaios sobre solos em pousio - de antigas pastagens (nº 10), ou cultivados em esquema de rotação com leguminosa (nºs 5, 8, 14 e 16) que tenham sido pouco calcariados (nºs 5, 10 e 14) e, de modo geral, tenham apresentado valores de P-resina médio ou baixo.

No grupo intermediário, de média expectativa de resposta, estão os experimentos efetuados sobre solos continuamente cultivados, com teor médio de P-resina (nºs 3, 4, 6, 9, 13 e 15), enquanto, no grupo de alta resposta, acham-se os ensaios de glebas cultivadas porém com mais altos teores de P-resina (nºs 1, 2, 7, 11 e 12).

Análises conjuntas dos resultados de produção revelaram crescente efeito de N em função da expectativa de resposta do algodoeiro. Assim, os valores de F cresceram de $F_Q = 5,58^*$, no grupo de baixa resposta esperada, para $F_L = 44,81^{**}$, no de média e $F_L = 88,14^{**}$, no de alta. Como em nenhum caso a diferença entre adubos se destacou, foi efetuado o estudo econômico de adubação com as médias de produção obtidas para uréia e sulfato de amônio. Na figura 3 encontram-se as curvas de respostas do algodoeiro a N, expressas pela receita relativa à aplicação dos referidos produtos.

Nota-se que a curva de resposta obtida em solos pouco cultivados ajustou-se bem ao modelo da raiz quadrada ($0,98^*$), com ponto de máxima receita em torno de 17 kg/ha de N.

Nas doses maiores de cobertura, a receita líquida caiu a índices inferiores aos da própria testemunha, sem N. Fuzatto (1965), Silva et al. (1975, 1986) também constataram baixa exigência de adubação nitrogenada do algodoeiro, quando cultivado sobre solo em pousio ou após rotação com leguminosas.

Nas glebas de cultivo mais intenso, por sua vez, a rentabilidade da cultura mostrou-se menor, principalmente na ausência de N ou na presença de baixas doses. Por outro lado, a reação da planta a nitrogênio foi notória, em especial no grupo de ensaios com mais alta disponibilidade de fósforo no solo ($R = 0,99^*$).

As curvas de resposta se adaptaram ao modelo quadrático, com doses mais econômicas, situando-se em torno de 63 e 88 kg/ha de N, respectivamente, nos grupos de média e alta respostas esperadas.

A resultados semelhantes chegaram Fuzatto et al. (1970), ao analisar ensaios sobre solos ricos em fósforo. Silva et al. (1986), embora não tenham avaliado a economicidade da adubação, demonstraram também que a resposta do algodoeiro a N é destacada em condições de solos intensamente cultivados e adubados.

3.4.2 Análise foliar

Admitindo-se que os teores de N do limbo foliar determinados em amostras de parcelas testemunhas (sem N em cobertura), possam indicar a disponibilidade original de nitrogênio das glebas, procurou-se correlacioná-los com os respectivos aumentos de produção devidos à adubação nitrogenada (Quadro 4). Na figura 4, observa-se que a eficiência da aplicação de N, em termos de acréscimos na produtividade, cai significativamente com o aumento da concentração de N do limbo foliar das plantas das parcelas testemunhas (N_0).

Em análise mais detalhada dessa figura, nota-se que acréscimos de produção superiores a 300 kg/ha de algodão em caroço, correspondentes a índices inferiores a 3,8% de N no limbo foliar de N_0 , estiveram sempre associados a valores de F-doses (L) significativos, conforme dados dos ensaios n.ºs 1, 2, 4, 6, 11, 12, 13 e 15 (Quadro 4).

Ademais, as concentrações de N do limbo foliar das parcelas testemunhas nos ensaios tidos como de média e de alta respostas esperadas, os de n.ºs 1, 2, 4, 6, 7, 11, 12, 13 e 15 (Figura 3), situaram-se freqüentemente abaixo do índice 3,8% de N. No grupo tido como de baixa resposta, os ensaios n.ºs 5, 8, 14 e 16 (Figura 3), por sua vez, ocorreu exatamente o oposto, ou seja, os acréscimos de produtividade devidos à adubação nitrogenada deixaram de ser significativos, exceto para o ensaio 5 (Quadro 4).

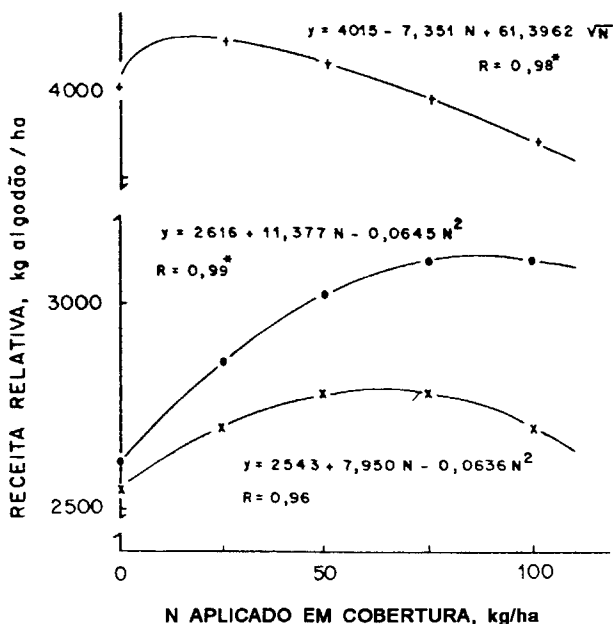


Figura 3. Receita relativa da adubação nitrogenada de algodão em caroço, calculada em função do total colhido e dos custos do N e do adicional de colheita, em ensaios com o algodoeiro reunidos por expectativa de resposta: (+) ensaios sobre solos em pousio, de baixa resposta esperada (n.ºs 5, 8, 10, 14 e 16); (x) ensaios sobre solos cultivados, com valores médios de P-resina, de média resposta esperada (n.ºs 3, 4, 6, 9, 13 e 15) e (o), ensaios sobre solos cultivados, com valores altos de P-resina, de alta resposta esperada (n.ºs 1, 2, 7, 11 e 12).

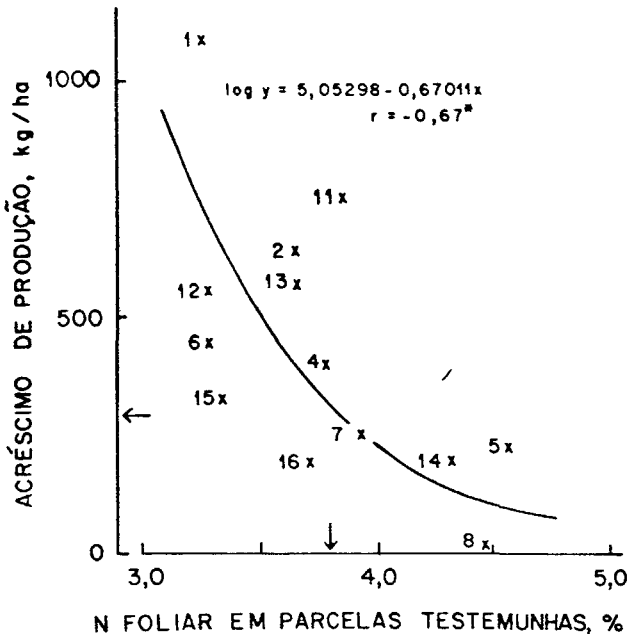


Figura 4. Relação entre a concentração de nitrogênio no limbo da quinta folha colhida durante o florescimento, em parcelas testemunhas, e o acréscimo de produção devido à adubação nitrogenada, em treze experimentos com o algodoeiro no Estado de São Paulo, entre 1984 e 1987.

Dessa forma, parece razoável considerar o teor de 3,8% N do limbo foliar como indicativo de probabilidade de resposta do algodoeiro à aplicação do nutriente, para amostras da quinta folha colhida da haste principal do algodoeiro, entre 80 e 90 dias de idade. Convém lembrar, no entanto, que a concentração de N costuma ser mais elevada em fases anteriores de desenvolvimento da planta, conforme indicam dados de Silva (1969), e que o pecíolo se mostra mais sensível à diagnose do que o próprio limbo (Joham, 1951; Hiroce et al., 1976).

4. CONCLUSÕES

1. Informações do histórico das glebas estudadas permitiram previsão razoável de reação do algodoeiro à adubação nitrogenada, que aumentou do grupo de solos em pousio para os intensamente cultivados e adubados.

2. A resposta das plantas à aplicação de nitrogênio correlacionou-se com o teor de fósforo do solo, o que permitiu discriminar os solos cultivados e adubados, na seleção dos grupos.

3. Não se detectou, de modo geral, diferença no comportamento da planta quando adubada com sulfato de amônio ou com uréia, tampouco entre modos de aplicação dos produtos, se incorporados ao solo ou não.

4. O uso de uréia, no entanto, fez deprimir significativamente a concentração de S no limbo foliar do algodoeiro.

5. É proposto o valor de 3,8% de N do limbo foliar como índice indicativo de probabilidade de resposta do algodoeiro à adubação nitrogenada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Engenheiros-Agrônomos Nicanor Carvalho e Lupércio Geraldo Lourenço Lélis a colaboração prestada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTON, M.J.; HANSON, R.G.; SIMMS, P.M. & SMITH, J.K. Sulphur fertilizer effect on cotton: II. Growth characteristics, nutrient status and yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, 13(10):835-850, 1982.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78)
- BREMNER, J.M. & KEENEY, D.R. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 30(5):577-582, 1966.
- CANTARELLA, H.; GALLO, P.B. & CAMARGO, A.P. Modos de aplicação de fertilizantes nitrogenados em milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 18., Guarapari, 1988. *Resumos*. Vitória, SEAG-ES/EMCAPA/EMATER-ES/SBCS, 1988. p.37-38.

- FUZATTO, M.G. Adubação mineral. In: CULTURA e adubação do algodoeiro. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. p.475-508.
- FUZATTO, M.G.; CAVALERI, P.A. & SILVA, N.M. da. Adubação do algodoeiro: XV. Ensaio com vários adubos nitrogenados. *Bragantia*, Campinas, 24:339-358, 1965.
- FUZATTO, M.G.; VENTURINI, W.R. & CAVALERI, P.A. *Estudo técnico-econômico da adubação do algodoeiro no Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1970. 15p. (Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1)
- GIROTTI, C.R. *Efeitos de fontes e doses de enxofre na cultura do algodão, IAC 17 (Gossypium hirsutum L.)*. Jaboticabal, 1985. 47p. Dissertação (Graduação) - FCAVJ-UNESP, 1985.
- HIROCE, R.; SILVA, N.M. da; NAGAI, V.; BATAGLIA, O.C. & GALLO, J.R. Diagnóstico da nutrição nitrogenada e potássica do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* 'IAC 13-1') pela análise química foliar. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(1):51-56, 1976.
- JOHAM, H.E. The nutritional status of the cotton plant as indicated by tissue tests. *Plant Physiology*, Lancaster, 26:76-89, 1951.
- KIEHL, J.C.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. & SILVA, M.C. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção do algodão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 9(1):39-44, 1985.
- LONGENECKER, D.E.; LYERLY, P.J. & CHRISTENSEN, P.D. *Influence of source of nitrogen fertilizer on yield of Acala cotton in the El Paso Valley*. College Station, Texas Agricultural Experiment Station, 1955. 4p. (Progress report, 1796)
- MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S.; KIEHL, J.C. & BRITO NETO, J. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12(3):269-274, 1988.
- PADEN, W.R. *Responses from various sources of nitrogen fertilizers*. Clemson, South Carolina Agricultural Experiment Station, 1937. 40p. (Bulletin, 309)
- PALERMO, L.S.T. *Efeitos de fontes e doses de enxofre na cultura do algodoeiro*. Jaboticabal, 1989. 48p. Dissertação (Graduação) - FCAVJ-UNESP, 1989.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- SABINO, J.C. *Aplicação de nitrogênio sob forma de uréia, em cobertura via foliar, na cultura do algodoeiro (Gossypium hirsutum L. var. latifolium Hutch.)*. Piracicaba, 1989. 66p. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ-USP, 1989.
- SILVA, N.M. da. Estudo comparativo da adubação foliar com a convencional do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, 28:47-64, 1969.
- SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. & BORTOLETTO, N. Parcelamento da cobertura nitrogenada do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, 45(2):211-222, 1986.
- SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATO, E.J.; SABINO, N.P. & KONDO, J.I. Competição de adubos fosfatados no algodoeiro, em ensaio de longa duração. *Bragantia*, Campinas, 46(2):233-246, 1987.
- SILVA, N.M. da; FERRAZ, C.A.M.; GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E. & RODRIGUES FILHO, F.S.O. Adubação nitrogenada e potássica do algodoeiro no Estado de São Paulo: resultados de produção no período de 1970 a 1973. *Bragantia*, Campinas, 34:177-193, 1975.
- SILVA, N.M. da; RODRIGUES FILHO, F.S.O. & HIROCE, R. Uso de misturas de adubos contendo ou não enxofre na adubação do cultivar IAC 16 de algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, 40(16):167-178, 1981.