



MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO ALGODOEIRO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO COM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, NO CERRADO DE GOIÁS

Maria da Conceição Santana Carvalho¹
Kézia de Assis Barbosa²

O nitrogênio é o nutriente extraído do solo pelo algodoeiro em maior proporção, pelo fato de ser essencial ao crescimento vegetativo da planta (Malavolta et al., 1967). A disponibilidade de nitrogênio em quantidade e época adequadas estimula o crescimento e o florescimento, aumenta a produtividade e a qualidade de fibra, porém doses elevadas promovem o excessivo crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo (Rosolem, 2001). A época de adubação nitrogenada é também um importante fator para a produtividade e sanidade do algodoeiro, pois aplicações tardias, além de não resultarem em acréscimo de produtividade podem, ainda, alongar o ciclo da cultura, tornando a planta mais susceptível a pragas e doenças. Devido à sua dinâmica, a disponibilidade de nitrogênio no solo é de difícil estimativa, fato que inviabiliza a recomendação de adubação nitrogenada com base na análise de solo.

No sistema de plantio direto com integração lavoura-pecuária, as gramíneas do gênero *Brachiaria*, usadas como pastagem, normalmente antecedem o plantio da cultura anual. Além da palhada na superfície, as braquiárias possuem um sistema radicular abundante e agressivo e, assim,

adicionam grande quantidade de resíduos orgânicos abaixo da superfície do solo. Esses resíduos, sobretudo os derivados de raízes, possuem elevada relação C/N (> 30), associada a valores relativamente altos de lignina e índice lignina:N (Carvalho et al., 2001), características que levam à imobilização do nitrogênio do solo, ou aplicado via fertilizante, pela biomassa microbiana do solo (Cadish et al., 1998; Constantinides & Fownes, 1994).

O nitrogênio imobilizado fica temporariamente indisponível às plantas, fato que justifica a maior demanda de nitrogênio e também a prática da antecipação das adubações de cobertura do algodoeiro para o período de pré-semeadura, na cultura de cobertura. Porém, essa prática necessita ser estudada pela pesquisa, visando determinar a dose máxima a ser aplicada para satisfazer o requerimento da cultura com o mínimo de risco ambiental, identificando quais os fatores que influenciam a sua eficiência. Amado et al. (2002) propuseram, para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a recomendação de adubação nitrogenada para o milho adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, no sistema plantio direto. Para o

¹ Eng. Agr., D. Sc., Embrapa Algodão, Núcleo de Goiás. C P 714, 74001-970 Goiânia, GO
E-mail: mscscarva@cnpa.embrapa.br

² Eng. Agr. Fundação GO, Rod. SH2, Km 1, Santa Helena de Goiás, GO

algodoeiro, sobretudo na região do cerrado, faltam estudos que relacionem a resposta à adubação nitrogenada com a quantidade e a qualidade da palha na superfície do solo, em sistema de plantio direto.

Na safra 2002/2003 conduziu-se um experimento com algodão em Montividiu, Goiás, com o objetivo de avaliar a eficiência de épocas e doses de adubação nitrogenada para o algodoeiro cultivado no sistema de integração lavoura-pecuária, e estabelecer a dose de N para a obtenção de produtividade máxima econômica.

O experimento foi instalado no campo na Fazenda Vargem Grande, em um Latossolo Vermelho Amarelo, cujos atributos químicos antes da instalação do experimento se encontram na Tabela 1.

A área onde o experimento foi instalado vem sendo cultivada sob o sistema de plantio direto há 12 anos, com rotação de culturas. Mais recentemente tem-se adotado o sistema Integração Lavoura-Pecuária. No ano agrícola 2000/2001 a área foi ocupada com milho (safra) e pastagem de *Brachiaria brizantha* (safrinha) e, na safra 2001/2002, com feijão (safra), seguido novamente por *B. brizantha* (safrinha). O algodoeiro foi, então, plantado na safra 2002/2003, sobre a palhada de braquiária. Em 01/08/2002 realizou-se uma operação de calagem com 500 kg ha⁻¹ de calcário magnesiano, sem incorporação. Em 19/08/2002 fez-se adubação pré-plantio de potássio com 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (84 kg ha⁻¹ de K₂O), e em 01/10/2002 foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de Agrosilício. Ambos os produtos foram distribuídos superficialmente em área total.

Foram testadas três doses de nitrogênio (80, 160 e 240 kg ha⁻¹ de N) combinadas com seis épocas de aplicação (pré-plantio, pré-plantio + sulco; pré-plantio + cobertura; pré-plantio + sulco + cobertura; sulco + cobertura), além de um tratamento testemunha (Tabela 2). A adubação pré-plantio com nitrogênio foi realizada na braquiária em 24/10/2002, 35 dias antes da dessecação; o plantio foi feito em 13/12/2002 com a variedade BRS Cedro, no espaçamento 0,90 m entre linhas e densidade 9-11 plantas por metro linear. A adubação de base foi: 90, 60 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, K₂O e FTE BR-12, respectivamente, além de nitrogênio em função dos tratamentos. As fontes de fertilizantes utilizadas foram superfosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de amônio, uréia e FTE BR 12. A adubação de cobertura com nitrogênio foi feita de acordo com os tratamentos propostos e parcelada em duas aplicações, aos 28 dias após a emergência (DAE) e no início do florescimento, aos 50 DAE. Aos 85 dias após a emergência realizou-se amostragem de folhas, coletando-se a 5ª folha a partir do ápice da haste principal, para análise química de macro e micronutrientes. A colheita foi feita em 30/06/2003 na área útil das parcelas, para se calcular a produtividade de algodão em caroço de cada tratamento. Antes da colheita avaliaram-se, na área útil de cada parcela, stand final; altura de plantas; número de capulho por planta e peso médio de capulho. Amostras compostas por 20 capulhos do terço médio das plantas foram retiradas para análise das características tecnológicas de fibra. A quantidade de palha na superfície do solo foi estimada em 6,5 Mg ha⁻¹ e a massa de raízes na camada 0-20 cm estimada em 4,0 Mg ha⁻¹, com relação C/N igual a 36/1.

Tabela 1. Resultados da análise de solo, na camada 0-20 cm, da área experimental antes da instalação do experimento.

pH	M.O.	P Mehlich	Ca	Mg	K	Al	H + Al	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%
5,1	29	10,8	2,5	0,8	0,48	0,0	3,8	7,6	50
Zn	B	Cu	Fe	Mn	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	Ca/K	Mg/K
		mg dm ⁻³			%				
8,1	0,19	3,1	61,7	16,4	32,3	10,5	6,3	5,2	1,7

Tabela 2. Tratamentos resultantes da combinação de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. Experimento conduzido em Montividiu, GO, safra 2002/2003.

Dose total de N (kg ha ⁻¹)	Épocas de aplicação			Época
	Pré-plantio (PP)	Sulco (S)	Cobertura (C)	
0	0	0	0	-
80	80	0	0	PP
80	40	40	0	PP + S
80	40	0	40	PP + C
80	40	20	20	PP + S + C
80	0	40	40	S + C
80	0	0	80	C
160	160	0	0	PP
160	120	40	0	PP + S
160	80	0	80	PP + C
160	40	40	80	PP + S + C
160	0	40	120	S + C
160	0	0	160	C
240	240	0	0	PP
240	200	40	0	PP + S
240	120	0	120	PP + C
240	80	40	120	PP + S + C
240	0	40	200	S + C
240	0	0	240	C

Os resultados de produtividade de algodão em caroço são apresentados na Tabela 3. O algodoeiro respondeu significativamente às doses e épocas de aplicação de nitrogênio, havendo efeito significativo da interação entre esses dois fatores.

Independentemente da época de aplicação, a produtividade média aumentou com a aplicação de nitrogênio (Tabela 3), porém, esta resposta não foi linear (Tabelas 3 e 4). A análise de regressão dos valores de produtividade, obtidos em função das doses de nitrogênio, permitiu o ajuste de equações para cada época de aplicação (Tabela 4). A partir das equações ajustadas, calcularam-se as doses para obtenção de produtividades máximas e produtividades máximas econômicas (Tabela 5), considerando-se o custo de 1,0 kg de nitrogênio igual a R\$ 2,30 (metade uréia e metade sulfato de amônio) com o preço do algodão em caroço igual a R\$ 1,18/kg.

Considerando-se a média de todas as épocas de aplicação, estimou-se a dose de máxima eficiência econômica em 175 kg ha⁻¹ de N para produzir 3.935 kg ha⁻¹ de algodão em caroço (Tabela 5). Com

relação às épocas de aplicação, as maiores produtividades máximas foram estimadas para as aplicações em pré-plantio + cobertura, sulco + cobertura e pré-plantio + sulco, sendo necessárias, porém doses muito elevadas de nitrogênio (Tabela 5).

Considerando-se a média de produtividade de todas as doses testadas, não houve diferença significativa entre as épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado (Tabela 3), porém na dose mais baixa (80 kg ha⁻¹ de N) o modo de aplicação mais eficiente foi em cobertura (Tabela 5), provocando um acréscimo de 12,4 kg de algodão em caroço para cada quilograma de nitrogênio adicionado (Figura 1). Já na dose mais elevada (240 kg ha⁻¹), a menor eficiência foi observada para a aplicação do total em cobertura ou em pré-plantio (Figura 1), indicando que para a aplicação de doses mais elevadas o parcelamento é essencial. Na dose intermediária (160 kg ha⁻¹), mais próxima da dose média de máxima eficiência econômica (Tabela 5), não houve diferença entre as épocas de aplicação, contudo, analisando-se a Tabela 5, observa-se que as doses

Tabela 3. Produtividade de algodão em caroço em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio no sistema de integração lavoura-pecuária, em Montividiu, GO, safra 2002/2003.

Época de aplicação	Dose de N (kg ha ⁻¹)				Média
	0	80	160	240	
Testemunha	2.878	-	-	-	2.878 B
Pré-plantio (PP)	-	3.601 ab ⁽¹⁾	4.035 a	3.460 b	3.699 A
PP + sulco	-	3.453 ab	4.086 a	4.062 a	3.867 A
PP + cobertura	-	3.190 b	4.091 a	4.266 a	3.849 A
PP+ sulco + cobertura	-	3.333 b	3.934 a	3.811 ab	3.693 A
Sulco + cobertura	-	3.139 b	4.036 a	4.202 a	3.792 A
Cobertura	-	3.897 a	3.792 a	3.762 ab	3.817 A
Média	2.878	3.435	3.996	3.927	

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan (P < 0,05).

Tabela 4. Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio aplicadas em cada época de aplicação do fertilizante (n = 16).

Época	Equação ajustada	R ²
Pré-plantio (PP)	Prod (kg ha ⁻¹) = -0,0507 N ² + 14,901 N + 2.842	0,52**
PP + Sulco	Prod (kg ha ⁻¹) = -0,000233 N ³ + 0,06033 N ² + 3,853N + 2.878	0,71**
PP + Cobertura	Prod (kg ha ⁻¹) = -0,000428 N ³ + 0,149 N ² - 5,264 N + 2.878	0,81**
PP+ Sulco + Cobertura	Prod (kg ha ⁻¹) = -0,0226 N ² + 9,683 N + 2.834	0,71**
Sulco + cobertura	Prod (kg ha ⁻¹) = -0,000445 N ³ + 0,1567 N ² - 6,419 N + 2.878	0,72**
Cobertura	Prod (kg ha ⁻¹) = -0,041 N ² + 13,023 N + 2.938	0,65**

Prod = produtividade de algodão em caroço.

** = significativo (P < 0,01).

Tabela 5. Doses de nitrogênio estimadas para a obtenção de produtividade máxima e produtividade máxima econômica, em cada época de aplicação de nitrogênio.

Época	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Dose (kg ha ⁻¹)	
	Máxima	Máxima econômica	Máxima	Máxima econômica
Pré-plantio (PP)	3.937	3.918	147	128
PP + Sulco	4.198	4.184	200	187
PP + Cobertura	4.381	4.374	213	205
PP + Sulco + Cobertura	4.025	3.865	194	185
Sulco + cobertura	4.320	4.311	212	204
Cobertura	3.972	3.949	159	135
Média	3.973	3.935	214	175

de máxima eficiência econômica para aplicação de nitrogênio apenas em pré-plantio ou apenas em cobertura foram, respectivamente, 128 kg e 135 kg ha⁻¹ de N. Estes resultados indicam que aplicações de nitrogênio em cobertura em doses acima de 140 kg ha⁻¹ podem não ser economicamente viáveis, mesmo havendo grande quantidade de palha com relação C/N acima de 30, na superfície do solo. Verifica-se, analisando-se a Figura 2, que a eficiência da adubação nitrogenada tanto em pré-plantio como em cobertura diminuiu com o aumento da dose aplicada. Assim, em condições cuja quantidade de fertilizante requerida para a adubação de cobertura do algodoeiro for superior a 120-140 kg ha⁻¹ de nitrogênio, recomenda-se o parcelamento. Neste caso, parte do nitrogênio pode ser aplicado em pré-plantio no manejo da cultura de cobertura (milheto, sorgo, braquiárias), sem que ocorra prejuízo na produtividade de algodão.

Observando-se a Figura 2, nota-se que o teor de nitrogênio na palha de braquiária aumentou e a relação C/N diminuiu com a dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio, resultando em maior disponibilidade de nitrogênio no dia de plantio do algodoeiro. Estes resultados indicam que o nitrogênio aplicado em pré-plantio foi imobilizado na braquiária e na biomassa microbiana do solo, sendo mineralizado e disponibilizado gradualmente ao longo do ciclo do algodoeiro.

Um resultado que surpreendeu neste experimento foi a boa performance da aplicação de nitrogênio todo em pré-plantio de uma única vez na cultura de cobertura, no caso a braquiária (Tabelas 3 e 5). Por tratarem-se de resultados de apenas um ano agrícola, é muito perigoso basear-se nestes

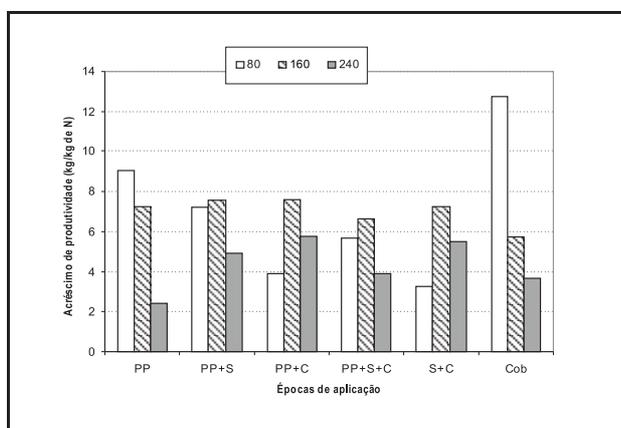


Fig 1. Acréscimo de produtividade de algodão em caroço por unidade de nitrogênio aplicado (kg kg⁻¹) por hectare.

resultados para recomendar a aplicação total em pré-plantio, principalmente porque foi um ano em que não houve problemas com falta de chuva. Porém, esta é uma prática que merece ser investigada em futuros experimentos, considerando-se também os riscos ambientais, visto que a comprovação de sua eficiência seria uma excelente opção de manejo que permitiria aumentar o rendimento de plantio, reduzir o trânsito de máquinas dentro da lavoura e, além disso, aumentar a ciclagem de nutrientes no sistema.

O teor de nitrogênio na folha do algodoeiro aumentou linearmente com a dose de nitrogênio aplicada no solo (Figura 3), sendo que as maiores produtividades de algodão em caroço e de algodão em pluma obtidas foram associadas a teores entre 42 e 43 g kg⁻¹ de nitrogênio na matéria seca. O aumento da absorção de nitrogênio resultou na redução dos teores de outros nutrientes, especialmente enxofre, cálcio e potássio, na planta (dados não mostrados). Este desequilíbrio nutricional, associado ao excesso de desenvolvimento vegetativo, explica a redução de produtividade com a aplicação de doses muito elevadas.

A produtividade foi relacionada positivamente com o peso médio e o número de capulhos. A porcentagem de fibra foi afetada pelas doses de nitrogênio, passando de 39,4% no tratamento sem adubação nitrogenada, atingindo o máximo de 40,8% na dose de 160 kg ha⁻¹ de N. As características tecnológicas de fibra (resistência, uniformidade, comprimento, índice de fibras curtas, micronaire e fiabilidade, dentre outras) não foram afetadas significativamente, e os valores permaneceram dentro dos padrões aceitáveis pela indústria.

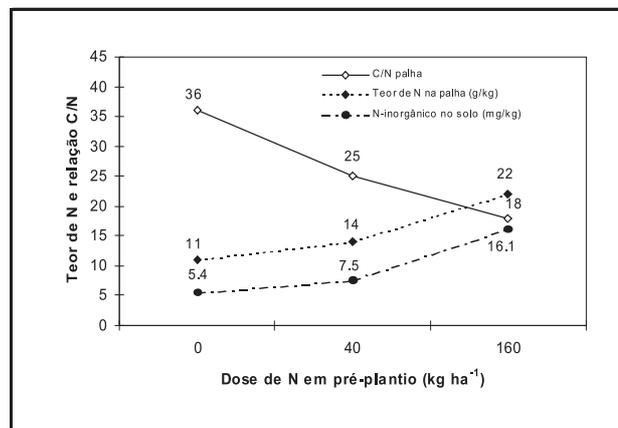


Fig 2. Relação entre teor de N e relação C/N da palha de braquiária e disponibilidade de nitrogênio no solo (medida no dia de plantio do algodoeiro) com a dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio na cultura de cobertura.

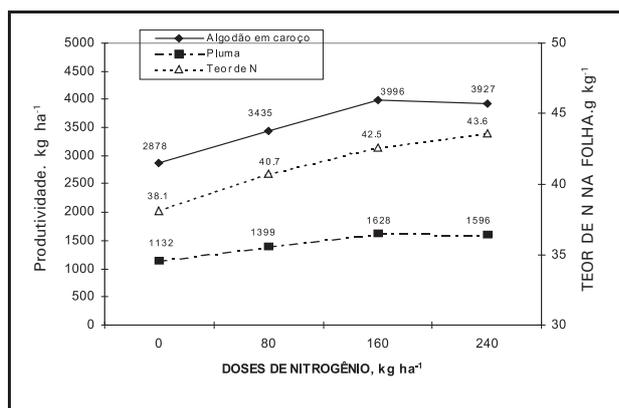


Fig 3. Produtividade de algodão em caroço, produtividade de pluma e variação do teor de nitrogênio na folha do algodoeiro, cultivado no sistema de integração lavoura-pecuária, em função de doses de nitrogênio, aplicado no solo. Montividiu, GO, safra 2002/2003.

Referências Bibliográficas

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

CADISH, G.; HANDAYANTO, E.; MALAMA, C.; SEYNI, F.; GILLER, K.E. N recovery from legumes pruning and priming effects are governed by the residue quality. **Plant and Soil**, v.205, p.125-134, 1998.

CARVALHO, M.C.S.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C.; FERNANDES, S.A.P. Qualidade de resíduos vegetais e seqüestro de carbono numa cronosequência de floresta-pastagens na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28. Londrina, 2001. **Resumos**. Londrina: SBSC/EMBRAPA /IAPAR/UEL/UEM, 2001. p.288.

CONSTANTINIDES, M. & FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p.49-55, 1994.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. Piracicaba: Pioneira, 1967. p.193-195.

ROSOLEM, C.A. **Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 2001. (Informações Agrônomicas, 95).

Comunicado Técnico, 199

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
58107-720 Campina Grande, PB
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br
1ª Edição
Tiragem: 500

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão
Secretária Executiva: Nivia M.S. Gomes
Membros: Cristina Schetino Bastos
Fábio Akiyoshi Suinaga
Francisco das Chagas Vidal Neto
José Américo Bordini do Amaral
José Wellington dos Santos
Luiz Paulo de Carvalho
Nair Helena Castro Arriel
Nelson Dias Suassuna

Expedientes: Supervisor Editorial: Nivia M.S. Gomes
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão
Tratamento das ilustrações: Oriel Santana Barbosa
Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa