



## MACRONUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR DE PLANTAS DE ALGODÃO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

Ziany Neiva Brandão<sup>1</sup>; Valdinei Sofiatti<sup>2</sup>; José Renato Cortez Bezerra<sup>3</sup>; Gilvan Barbosa Ferreira<sup>4</sup>;  
José da Cunha Medeiros<sup>5</sup>

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/ CNPA  
Caixa Postal 171 - Rua Oswaldo Cruz, 1143 – 58.428-095 – Campina Grande - PB, Brasil  
ziany@cnpa.embrapa.br; <sup>2</sup>vsofiatti@cnpa.embrapa.br; <sup>3</sup>renato@cnpa.embrapa.br; <sup>4</sup>gilvan.ferreira@cnpa.embrapa.br;  
<sup>5</sup>medeiros@cnpa.embrapa.br.

**RESUMO** – A determinação dos teores de macronutrientes nas folhas é necessária para diagnóstico do estado nutricional e obtenção de elevadas produtividades. Entretanto, para a cultura do algodoeiro a variação nos teores de macronutrientes nos diferentes estádios fenológicos da cultura ainda são pouco conhecidos. Para melhor entendimento da dinâmica de absorção de nutrientes, avaliaram-se os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S em plantas de algodoeiro irrigado nos diferentes estádios fenológicos. O experimento foi conduzido em condições de campo, no município de Apodi, RN, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, onde foram aplicados 270 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de K e verificado o efeito residual da dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P tendo sido aplicada no cultivo anterior. Os resultados indicaram que os teores de N e K são reduzidos em diferentes intensidades a partir do início do florescimento, modificando os teores e suas relações no tempo, mostrando claramente a translocação dos nutrientes foliares para as estruturas reprodutivas da planta. As concentrações de P, Ca e Mg, tendem a se recompor após a demanda excessiva durante o pico de desenvolvimento da cultura.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*, dinâmica de absorção de nutrientes, produtividade.

### INTRODUÇÃO

O algodoeiro irrigado é uma cultura que demanda grandes quantidades de nutrientes para expressar seu potencial produtivo. Estima-se que para produzir 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, são removidos do solo em média, cerca de 50 a 85 kg ha<sup>-1</sup> de N, 12 a 26 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 43 a 88 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 29 a 47 kg/ha de CaO, 22 a 35 kg/ha de MgO e 4 a 8 kg/ha de S. Para os micronutrientes são exportados cerca de 16 a 27 g de B, 6 a 9 g de Cu, 7 a 20 g de Fe, 10 a 15 g de Mn, e 11 a 44 g de Zn. Assim, o conhecimento das quantidades de nutrientes absorvidos e exportados pelo algodoeiro, associados à análise do solo, é uma ferramenta que permite estimar as doses de fertilizantes a serem aplicadas durante o ciclo da cultura (FERREIRA et al., 2004).

O algodoeiro tem um padrão de absorção onde mais de 50% da maioria dos nutrientes são absorvidos após o aparecimento do primeiro botão floral. De acordo com a literatura, o algodoeiro é

uma planta de crescimento inicial lento, passando a desenvolver-se rapidamente a partir dos 25 a 30 dias após a emergência (DAE). Rosolem (2001) cita que a marcha de absorção dos nutrientes pelo algodoeiro segue o padrão de crescimento, aumentando consideravelmente a partir dos 30 dias da sementeira, coincidindo com a emissão dos primeiros botões florais, e alcançando uma absorção máxima diária na fase de florescimento entre 60 e 90 dias após a germinação, dependendo da cultivar. Nesse período as taxas de absorção de N, P, e K são cerca de 2,5 kg/ha/dia de N, ocorrendo por ocasião do enchimento dos frutos, e de 3,6 a 4,8 kg/ha/dia de K<sub>2</sub>O, que pode ocorrer próximo ao pico do florescimento.

Estudos indicam que a absorção de N, P e K se intensifica no estágio fenológico B<sub>1</sub>, que se caracteriza pelo aparecimento do primeiro botão floral visível, e no estágio fenológico B<sub>4</sub>, que se caracteriza pela presença de botão floral na primeira posição do quarto ramo frutífero. No florescimento, todos os nutrientes, e, em especial, o potássio, devem estar disponíveis para permitir a absorção pela planta. Nesse período, as taxas de absorção de N, P e K são altas, onde cerca de 2,5 a 3,6 kg/ha/dia de N são absorvidos durante o enchimento dos frutos e de 3,6 a 4,8 kg/ha/dia de K<sub>2</sub>O no pico do florescimento (CARVALHO et al., 2007).

O conhecimento da variação dos teores de nutrientes nas folhas permite inferir sobre as exigências metabólicas da planta, fornecendo base para o entendimento dessas variações e suas implicações sobre seu comportamento no ecossistema (MARSCHNER et al., 1996).

O monitoramento da variação dos teores foliares nos diferentes estádios fenológicos da planta permite estabelecer padrões para o manejo nutricional das mesmas, visando o alcance e manutenção de alta produtividade e qualidade do produto. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os teores foliares de macronutrientes em plantas do algodoeiro irrigado, cultivar BRS 187 8H, em diferentes estádios fenológicos.

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na safra 2009/2010 em campo experimental no município de Apodi, no Rio Grande do Norte, localizado na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião da Chapada do Apodi, cujas coordenadas são 5°37'19" S e 37°49'06" W.

O clima da região é caracterizado como tropical quente e semi-árido com predominância do tipo **Bsw'h'**, da classificação climática de Köppen. A área experimental possui relevo plano, com altitude média de 130 m, e os solos da área experimental são classificados como Cambissolo eutrófico.

Os resultados da análise química do solo antes da correção e instalação do experimento são apresentados na Tabela 1.

Para correção do enxofre no solo, antes do plantio foi aplicada uma tonelada de gesso agrícola por hectare. A fertilização das plantas foi realizada aplicando-se, 270 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de K, 5,76 kg ha<sup>-1</sup> de FTE e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B. A adubação potássica e de micronutrientes foi feita a lanço por ocasião do plantio. A adubação nitrogenada foi parcelada em duas vezes, sendo 1/3 da dose aplicada na semeadura e 2/3 da dose aos 40 DAE. Não foi feita adubação fosfatada, uma vez que objetivou-se estudar o efeito residual deste nutriente, sendo feita a adubação com 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no cultivo anterior.

A cultivar utilizada foi a BRS 187 8H, semeada em 01/09/2009. As plantas foram cultivadas em regime de irrigação, utilizando-se o espaçamento de 0,9m entre linhas e 0,1m entre plantas. As parcelas ocuparam uma área de 175,5 m<sup>2</sup>, onde a unidade experimental foi composta por 13 linhas com 15 metros de comprimento. O crescimento das plantas foi avaliado aos 40, 60, 75 e 90 DAE onde foram obtidas a altura de plantas, o número de folhas e o comprimento da nervura central de todas as folhas de 10 plantas previamente selecionadas. Simultaneamente, para análise dos teores de nutrientes, foram coletadas folhas do algodoeiro, colhidas da 5ª posição do caule principal, contada a partir do ápice, em 15 plantas. As folhas foram identificadas, acondicionadas em sacos de papel perfurados e secas em estufa com circulação de ar forçada a 65°C. Posteriormente, as amostras de folhas foram moídas em moinho tipo Willey, passadas em peneira de malha de 20 mesh, acondicionadas em saquinhos de papel e enviadas ao laboratório para determinação das concentrações de P, K, Ca, Mg e S.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial, calculados os valores de máximo e/ou mínimo e comparados aos valores de referência na literatura. Nas variáveis em que se detectaram diferenças significativas entre as doses aplicadas, ajustaram-se curvas de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S variaram significativamente em função dos estádios fenológicos estudados, conforme pode ser observado na Figura 1.

O teor foliar de N variou de 35,6 a 44,93 g kg<sup>-1</sup>. A maior concentração deste elemento foi observado na no florescimento aos 62 dias após a emergência (DAE), enquanto que o menor teor ocorreu no tecido foliar das plantas aos 90 DAE, onde as plantas se encontravam no início da abertura

dos capulhos. O N é um elemento móvel na planta, que tende a se concentrar nos tecidos jovens e a diluir sua concentração com o tempo devido à estabilização do crescimento do tecido, ao aumento de carboidratos e lipídios e, especialmente, por causa da redistribuição para os frutos e partes jovens da planta ainda em crescimento (MARSCHNER, 2005; JONES JUNIOR., 1991).

O N seguiu o modelo polinomial quadrático, obtendo-se o ponto de máximo aos 62 dias. Nesse estágio os teores foliares desse nutriente encontram-se na faixa da suficiência observada por Yamada et al (1999), considerados adequados para lavouras de algodão de alta produtividade, que é de 40-45 g kg<sup>-1</sup>, favorecendo assim o crescimento e florescimento da planta, proporcionando condições ideais para obtenção de boa produtividade.

Quanto ao P, observou-se uma variação ampla dos teores foliares ao longo das épocas de avaliação, que foram de 2,42 a 3,12 g kg<sup>-1</sup>, constatando-se que o ponto de mínimo ocorreu aos 67 DAE. Nesse período, as plantas encontravam-se em pleno florescimento e formação das primeiras maçãs. Alguns autores divergem quanto aos teores adequados de P no máximo florescimento, sendo considerados para lavouras de alta produtividade teores da ordem de 2,5-4,0 (SILVA; RAIJ, 1996) e de 3,0-4,0 g kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA, 2002). Considerando os teores foliares adequados de 2,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup> conforme sugerem Silva e Raij (1996) verifica-se que a adubação fosfatada com 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no cultivo anterior é suficiente para proporcionar a nutrição adequada das plantas de algodoeiro.

O fósforo é um nutriente de alta demanda pelo algodoeiro, pois estimula o crescimento radicular, florescimento e desenvolvimento dos frutos. O fósforo é acumulado nas folhas mais jovens e tende a ter sua concentração reduzida pela redistribuição para os frutos (BRANDÃO, 2009). Seu teor também é diminuído pela menor atividade radicular durante o período de intenso crescimento dos frutos, que são drenos preferenciais de carboidratos. Após a demanda durante o pico de desenvolvimento dos frutos, os teores tendem a se recuperar, porém em níveis mais baixos do que aqueles no início do plantio, possivelmente pela continuada redistribuição para os frutos.

O potássio seguiu o modelo polinomial quadrático onde os teores foliares variaram de 15,63 a 46,90 g kg<sup>-1</sup> entre as diferentes épocas de avaliação. O algodoeiro acumulou altas concentrações de K em suas folhas antes do florescimento, onde a maior concentração desse elemento na folha foi observada aos 63 DAE, apresentando posteriormente redução, conforme pode ser observado na Figura 1c. De acordo com Yamada et al. (1999), os teores foliares para o K considerados adequados para lavouras de algodão de alta produtividade no período de máximo florescimento, varia de 20 a 25 g kg<sup>-1</sup>. Nesse caso, o algodoeiro apresentou consumo de luxo durante o florescimento, provavelmente devido às altas concentrações de potássio nos solos do semiárido. É importante destacar que a

concentração de potássio na folha é fortemente influenciada pela idade da folha amostrada e pelo estágio fisiológico da planta. Assim, as concentrações foliares de K em folhas do algodoeiro tendem a aumentar com a idade da planta até a terceira semana após o florescimento. Após essa fase o requerimento de potássio é superior a capacidade de absorção pelas raízes, de modo que o teor foliar desse nutriente tende a diminuir devido à translocação das folhas para redistribuição nos frutos, onde tende a se concentrar preferencialmente na casca das maçãs e dos capulhos (ROSOLEM, 2007).

Os teores foliares de cálcio e magnésio sofreram variações ao longo das épocas de avaliação, apresentando redução no início do florescimento, voltando a aumentar após esse estágio. Os teores de Ca variaram entre 24,68 a 53,88 g kg<sup>-1</sup>, se ajustando ao modelo quadrático. A concentração foliar aumentou rapidamente durante a fase de botões florais e após a redução do pico do crescimento, acumulou-se nos estádios fenológicos posteriores. O aumento da concentração foliar de cálcio, ao longo dos estádios estudados pode ser explicado pela pouca mobilidade desse nutriente no tecido foliar, a não redistribuição para outros órgãos da planta e sua contínua concentração na folha, para onde é transportado seguindo o fluxo transpiracional (MARSCHNER, 2005). Os teores de Ca observados encontraram-se na faixa adequada considerada quando observados no estágio de máximo florescimento que varia de 20 a 35 g kg<sup>-1</sup>, de acordo com Silva e Raij (1996), e de 25 a 35 g kg<sup>-1</sup> por Yamada et al. (1999) e Malavolta (2002).

Os teores foliares de Mg seguiram o modelo quadrático, variando de 4,90 a 6,80 g kg<sup>-1</sup>, estando dentro da faixa de suficiência, constatada no tecido foliar do algodoeiro em pleno florescimento por Silva e Raij (1996) e Malavolta (2002), que foram de 3-8 e 4-8 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Tanto o Mg quanto o Ca, apresentaram tendência de acúmulo no tecido foliar das plantas com o aumento da idade das folhas. O aumento do magnésio no tecido foliar ocorreu provavelmente devido a baixa competição pelo potássio, uma vez houve queda do K foliar durante o ciclo da cultura.

O enxofre apresentou consideráveis variações durante todo o ciclo da cultura, exibindo comportamento polinomial de terceira ordem. Esse nutriente sofreu redução até o estágio de formação de botões florais, tendo se acumulado durante todo o florescimento da cultura, voltando a ser requerido durante a formação dos frutos. Os teores de S variaram de 7,62 a 15,64 g kg<sup>-1</sup>, estando acima da faixa ótima estimada por Yamada (1999), que é de 4 a 6 g kg<sup>-1</sup> para lavouras de alta produtividade no cerrado brasileiro. Esses elevados teores de enxofre, provavelmente são decorrentes da gessagem feita antes do plantio do algodoeiro, a qual forneceu quantidade expressivas de enxofre ao solo, repercutindo na absorção desse elemento pelas plantas. De acordo com a literatura, o algodoeiro extrai pequenas quantidades de enxofre do solo, que varia de 4 a 8 kg para cada tonelada de algodão em

caroço produzida, dos quais cerca de 60% são exportados para formação da semente e da fibra (CARVALHO et al., 2007).

## CONCLUSÕES

Os teores de N e K na folha são reduzidos em diferentes intensidades a partir do início do florescimento, indicando a translocação dos nutrientes foliares para as estruturas reprodutivas da planta.

As concentrações de P, Ca e Mg, no tecido foliar tendem a se recompor após a demanda excessiva durante o pico de desenvolvimento da cultura.

A concentração de nutrientes no tecido foliar do algodoeiro pode ser usada como referência para avaliação do estado nutricional do algodoeiro em diferentes fases fenológicas, desde que padrões apropriados sejam gerados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, Z. N. **Estimativa da produtividade e estado nutricional da cultura do algodão irrigado via técnicas de sensoriamento remoto**. 2009. 152 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2009.

BRAGA, J. N.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista CERES**, Viçosa, MG, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

CARVALHO, M. C. S., FERREIRA, G. B., STAUT, L. A. Nutrição calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, D.F.: ABRAPA, 2007. 918 p.

CARVALHO, M. C. S., FERREIRA, G. B. **Calagem e Adubação do Algodoeiro no Cerrado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006 (Circular Técnica 92).

FERREIRA, G. B.; SEVERINO, L. S.; SILVA FILHO J. L.; PEDROSA, M. B. et al. Aperfeiçoamento da tecnologia de manejo e adubação do algodoeiro no sudoeste da Bahia. In: SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M.B. (Coord.). **Resultados de pesquisa com a cultura do algodão no oeste e sudoeste da Bahia, safra 2003/2004**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p. 80-106 (Embrapa Algodão. Documentos, 133).

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens/Georgia-USA, 1991. 213 p.

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes para algodão e soja**. Piracicaba: SENA: USP, 2002. 21p.

MARSCHNER, H.; KIRKBY, E. A.; CARMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 47, p. 1255-1263, 1996.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup>. ed. Londres: Academic Press, 2005. 889 p.

ROSOLEM, C. A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, D.F.: ABRAPA, 2007. 918p.

ROSOLEM, C. A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. 2001. 17p. Encarte Técnico (Informações Agrônomicas, n. 95) .

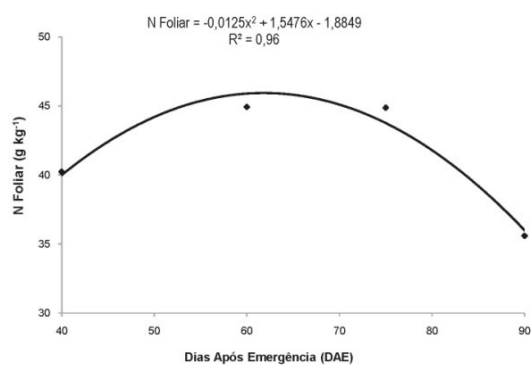
SILVA, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: 1999. p. 57-92.

SILVA, N. M., RAIJ, B.van. Fibrasas. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. N. 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. (Instituto Agrônomo, Boletim Técnico, 100).

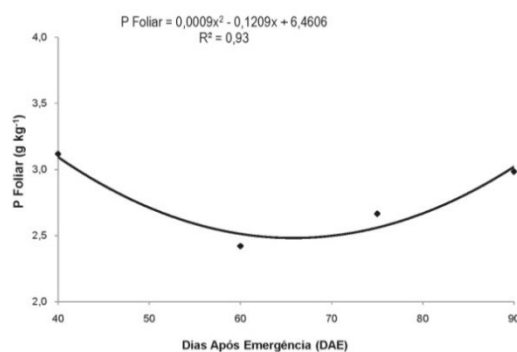
YAMADA, T.; MALAVOLTA, E.; MARTINS, O. C.; ZANCANARO, L.; CASALE, H.; BAPTISTA, I. **Teores foliares de nutrientes observados em áreas de lata produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1999.

**Tabela 1:** Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, no campo experimental, localizado em Apodi, RN.

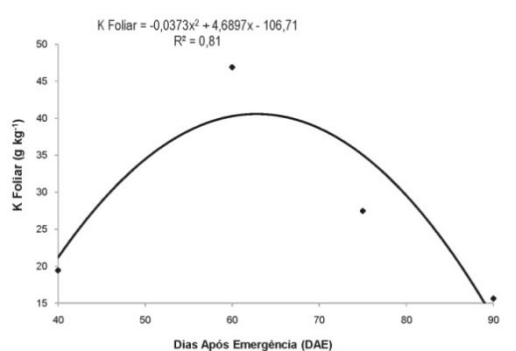
pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H+Al	T	V	Al <sup>3+</sup>	P	M.O.
	(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							%	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
5,7	28,0	5,5	0,8	4,7	39,0	17,3	56,3	69	1,5	4,4	9,0



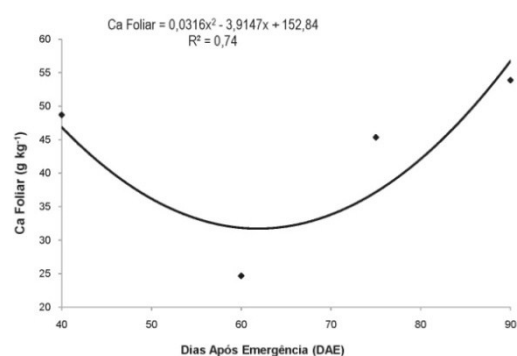
(a)



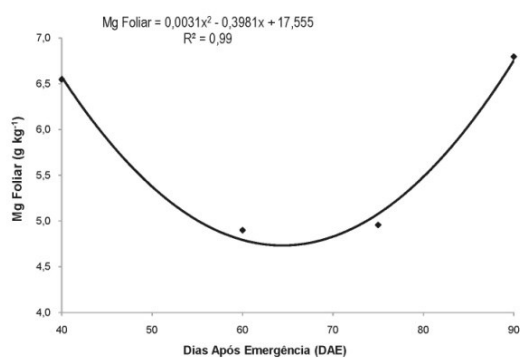
(b)



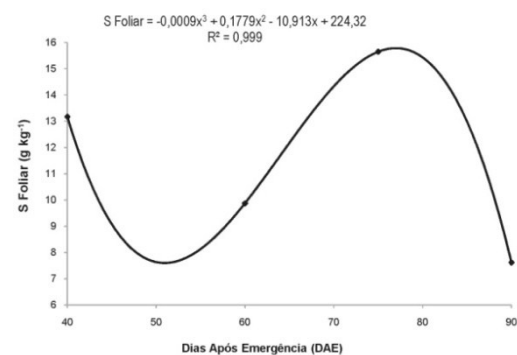
(c)



(d)



(e)



(f)

**Figura 1.** Teores de nutrientes obtidos através da análise foliar do algodoeiro irrigado em função dos Dias Após a Emergência (DAE). (a) Nitrogênio. (b) Fósforo. (c) Potássio. (d) Cálcio. (e) Magnésio. (f) Enxofre.