



Gabriel Toshiaki Shimada

**MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E ACÚMULO DE MATÉRIA
SECA NA CULTIVAR DE ALGODÃO FM 911 GLTP (*Gossypium hirsutum*
L.)**

Ilha Solteira - SP

2026

Gabriel Toshiaki Shimada

**MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E ACÚMULO DE MATÉRIA
SECA NA CULTIVAR DE ALGODÃO FM 911 GLTP (*Gossypium hirsutum*
L.).**

Orientador: Prof. Dr. Enes Furlani Junior

**Trabalho de graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira -
UNESP, como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.**

Ilha Solteira - SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S556s Shimada, Gabriel Toshiaki.
Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca na cultivar de algodão FIM 911 GLTP (*Gossypium hirsutum* L.). / Gabriel Toshiaki Shimada. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
43 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2026

Orientador: Enes Furlani Junior

Inclui bibliografia

1. Cotonicultura. 2. Cerrado brasileiro. 3. Dinâmica nutricional. 4. Desenvolvimento fenológico. 5. Manejo nutricional.

Sandra Montibeller - CRB-8/060/2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

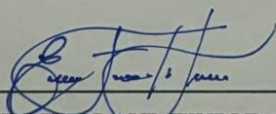
**TÍTULO: MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E ACÚMULO DE
MATÉRIA SECA NA CULTIVAR DE ALGODÃO FM 911 GLTP (*Gossypium
hirsutum* L.).**

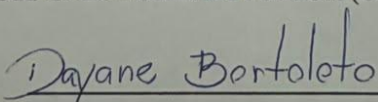
ALUNO: GABRIEL TOSHIKI SHIMADA – RA.: 202052337

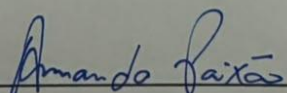
ORIENTADOR: PROF. DR. ENES FURLANI JUNIOR

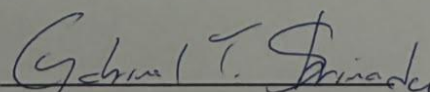
Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora. Nota: 9,0

Comissão Examinadora:


PROF. DR. ENES FURLANI JUNIOR (ORIENTADOR)


DRA. DAYANE BORTOLOTO DA SILVA


DRA. AMANDA PEREIRA PAIXÃO- DARUICHI


GABRIEL TOSHIKI SHIMADA (ALUNO)

Ilha Solteira (SP) 07 de julho de 2026.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ser a minha força, a minha rocha e o guia de todos os meus passos. A Ele toda a honra e a glória por me conceder a vida, a saúde e a sabedoria necessárias para superar cada desafio e alcançar esta vitória.

Ao meu pai, Marcelo Mamoru Shimada, e à minha mãe, Ione Dias Yabe, meu irmão Micael Shimada que são a minha base e o meu maior exemplo de integridade, dedicação e amor incondicional. Obrigado por acreditarem nos meus sonhos, por cada sacrifício silencioso e por me ensinarem que o conhecimento é o maior bem que podemos carregar. Esta conquista é, acima de tudo, de vocês.

À minha companheira, Natalya Gomes Sizilio, pelo amor, pela paciência infinita e por ser o meu porto seguro. Obrigado por compreender minhas ausências, por segurar a minha mão nos momentos de cansaço e por celebrar cada pequena vitória comigo. Seu apoio transformou a jornada muito mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Enes Furlani Junior, pela oportunidade, pela confiança depositada em mim e pela excelente condução deste trabalho. Seus ensinamentos, paciência e rigor acadêmico foram fundamentais não apenas para o desenvolvimento desta pesquisa sobre o algodoeiro, mas também para a minha formação profissional e pessoal. É uma honra ter sido seu orientando.

À República Abatedouro e aos meus grandes companheiros de caminhada: Frederico (Forguey), Heitor (Mimado), Pedro (Mickey), Pedro (Mentira), Pedro (Reduzido), Renato (Pistolinha), Pedro (Calado). Obrigado pela convivência, pelas resenhas, pelo apoio mútuo e por fazerem dos anos de faculdade uma das melhores fases da minha vida. As histórias que vivemos nessa casa levarei para sempre comigo. Vocês são mais que amigos, tornaram-se irmãos de jornada.

RESUMO

O sucesso da cultura do algodão no Cerrado tem sido impulsionado por condições climáticas favoráveis, pela presença de áreas planas, que permitem a mecanização total da lavoura, por programas de incentivo à cultura e, sobretudo, pela adoção de tecnologias modernas. A cultivar FM 911 GLTP destaca-se na cotonicultura brasileira por sua elevada precocidade, alto potencial produtivo e excelente qualidade de fibra. Amplamente utilizada em cultivos de segunda safra, apresenta ciclo entre 140 e 160 dias, favorecendo o fechamento da janela de plantio. Com base nisso, o presente experimento foi conduzido em condições de campo, com o objetivo de avaliar a dinâmica de acúmulo de macronutrientes e micronutrientes ao longo do ciclo da cultivar de algodoeiro FM 9111 GLPT, bem como a distribuição desses elementos nutricionais nas diferentes partes da planta durante seu ciclo de desenvolvimento. Os tratamentos foram constituídos por épocas de coleta, iniciadas aos 15 dias após a emergência das plântulas (DAE), em intervalos de 10 dias, até os 150 dias de ciclo. Durante o processo de coleta, as plantas foram separadas em três porções: folhas, estruturas reprodutivas e ramos. Cada porção foi submetida a análises químicas para determinação dos teores nutricionais (N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, B, Zn, Fe e Cu), além da avaliação da massa de matéria seca. Verificou-se que a fase de maior exigência nutricional para a cultivar analisada ocorreu entre 70 e 90 DAE. Conclui-se que a extração de macronutrientes pela cultivar FM 911 GLTP segue a ordem decrescente: $N > Ca > K > Mg > S > P$. Para os micronutrientes, a ordem de extração observada foi: $Fe > Zn > Mn > Cu$. O acúmulo de matéria seca para a variedade FM 911, ficou na ordem: folhas com maior acúmulo de matéria seca tendo pico de acúmulo acima de 1800 kg/ha, 113 dias após a emergência, os ramos em segundo seu pico de acúmulo de matéria seca de 1400 kg/há, já as estruturas reprodutivas que incluíam botões, flores, frutos e fibra, alcançaram valores máximos acumulados de 3848 kg/ha também aos 80 DAE.

Palavras – chaves: Cotonicultura, cerrado brasileiro, dinâmica nutricional; desenvolvimento fenológico, manejo nutricional

ABSTRACT

The success of cotton cultivation in the Cerrado has been driven by favorable climatic conditions, the presence of flat areas, which allow the total mechanization of the crop, by programs to encourage the culture and, above all, by the adoption of modern technologies. The FM 911 GLTP cultivar stands out in Brazilian cotton farming for its high precocity, high yield potential and excellent fiber quality. Widely used in second crop crops, it has a cycle between 140 and 160 days, favoring the closing of the planting window. Based on this, the present experiment was conducted under field conditions, with the objective of evaluating the dynamics of macronutrient and micronutrient accumulation throughout the cycle of the cotton cultivar FM 9111 GLPT, as well as the distribution of these nutritional elements in the different parts of the plant during its development cycle. The treatments consisted of collection times, starting at 15 days after seedling emergence (DAE), at 10-day intervals, until 150 days of cycle. During the collection process, the plants were separated into three portions: leaves, reproductive structures and branches. Each portion was submitted to chemical analysis to determine the nutritional contents (N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, B, Zn, Fe and Cu), in addition to the evaluation of the dry matter mass. It was found that the phase of greatest nutritional requirement for the cultivar analyzed occurred between 70 and 90 DAE. It was concluded that the macronutrient extraction by the cultivar FM 911 GLTP follows the descending order: $N > Ca > K > Mg > S > P$. For the micronutrients, the extraction order observed was: $Fe > Zn > Mn > Cu$. The accumulation of dry matter for the variety FM 911 was in the order: leaves with the highest accumulation of dry matter having peak accumulation above 1800 kg/ha, 113 days after emergence, the branches in second their peak accumulation of dry matter of 1400 kg/ha, and the reproductive structures that included buds, flowers, fruits and fiber, reached maximum accumulated values of 3848 kg/ha also at 80 DAE.

Keywords: Cotton farming, Brazilian cerrado, nutritional dynamics; phenological development, nutritional management

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Desenvolvimento das estruturas do algodoeiro FM 911	14
Gráfico 2: Teores foliares de macronutrientes (g/kg)	15
Gráfico 3: Teores foliares de micronutrientes (mg/kg).....	16
Gráfico 4: Teores de macronutrientes nos ramos (g/kg).....	17
Gráfico 5: Teores de micronutrientes nos ramos (mg/kg)	18
Gráfico 6: Teores de macronutrientes nos botões florais (g/kg	19
Gráfico 7: Teores de micronutrientes nos botões florais (mg/kg).....	20
Gráfico 8: Teores de macronutrientes nas flores (g/kg).....	21
Gráfico 9: Teores de micronutrientes nas flores (mg/kg)	22
Gráfico 10: Teores de macronutrientes nas maçãs (g/kg).....	23
Gráfico 11: Teores de micronutrientes nas maçãs (mg/kg)	23
Gráfico 12: Extração de macronutrientes pela variedade FM 911 GLTP (kg ha ⁻¹)	24
Gráfico 13: Extração de micronutrientes pela variedade FM 911 GLTP (g/ha).....	25
Gráfico 14: Acúmulo de matéria seca das estruturas da planta pela variedade FM 911 GLTP (kg ha ⁻¹)	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dados climáticos do ano de 2025 no local do experimento	7
Figura 2: (A) Experimento instalado, cultura em estágio vegetativo (VE); (B) foto da parcela com a cultura em estágio mais avançado	9
Figura 3: Fenologia do algodoeiro	11
Figura 4: Crescimento do algodoeiro FM 911 (altura cm)	12
Figura 5: Desenvolvimento do algodoeiro FM 911 (diâmetro em mm)	13

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	3
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
4	MATERIAL E MÉTODOS	7
4.1	Localização dos experimentos:	7
4.2	Delineamento experimental:	7
4.3	Análises de Solo	8
4.4	Instalação dos experimentos	8
4.5	Manejo fitossanitário.	9
4.6	Análises de Rotina:.....	10
4.6.1	Variáveis Analisadas	10
4.7	Colheita:	11
5	Resultados e Discussão	12
5.1	Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro – FM 911 GLTP.....	12
5.2	Nutrientes acumulados nas folhas	14
5.3	Nutrientes acumulados nos ramos.....	16
5.4	Nutrientes acumulados nas estruturas reprodutivas	18
5.4.1	Botões florais.....	18
5.4.2	Flores	20
5.4.3	Maçãs.....	22
5.5	Acúmulo total de nutrientes pela variedade FM 911 GLTP	24
5.6	Acúmulo de Matéria Seca.....	26
5.7	Produtividade	27
6	Conclusão	27
7	Referências	29

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma de savana, o segundo maior em extensão entre os ecossistemas brasileiros. Os solos do Cerrado estão entre os mais antigos da Terra. Os efeitos do intemperismo resultaram em solos empobrecidos e ácidos no Cerrado. Até a inauguração de Brasília (a capital do Brasil), no centro do país, o Cerrado era considerado inútil para a exploração agrícola (Salatino, 2023). Posteriormente, esses obstáculos foram superados pelo desenvolvimento tecnológico e pelo aprimoramento das técnicas de manejo.

O Cerrado passou de área considerada imprópria para cultivo para uma das mais importantes fronteiras agrícolas do mundo, sustentando grande parte da produção brasileira de commodities (Salatino 2023), e de acordo com Souza et al. (2023) a soja é a cultura mais emblemática do avanço agrícola no Cerrado, com forte expansão histórica e papel central nas novas fronteiras agrícolas, especialmente no MATOPIBA. A região responde por mais de 50% da produção nacional de soja, milho, café e carne bovina em alguns levantamentos, evidenciando seu papel estratégico no abastecimento e nas exportações (Vendrame 2010), no caso do algodão, sua relevância é estratégica porque a produção brasileira está concentrada majoritariamente no Cerrado, sobretudo nos estados de Mato Grosso e Bahia (ECHER et al., 2024).

As principais tecnologias que viabilizaram o cultivo de lavouras anuais no Cerrado incluíram sementes mais adaptadas (sementes desenvolvidas mais recentemente incluem organismos geneticamente modificados), combinadas com a correção da acidez do solo com calcário e fertilizantes químicos como fósforo, potássio e nitrogênio (Silva et al. 2023). Na cultura do algodão, o avanço produtivo resulta da interação entre melhoramento genético e manejo agrônômico, e não apenas de um único fator tecnológico (Liu 2013), estudos com séries históricas de cultivares mostram que materiais mais novos elevaram a produtividade, a estabilidade e a eficiência no uso de nutrientes, além de melhorar características como fração de fibra, comprimento e resistência (Rochester 2015), parte desse ganho está associada ao aumento de biomassa, ao maior índice de colheita, ao maior percentual de fibra e à melhor assimilação de carbono (Conaty 2020). Cultivares modernas produziram mais pluma por unidade de nutriente absorvido, com ganho de eficiência de 27% em comparação com materiais dos anos 1950 (Singh 2024). Em ambientes produtivos, cultivares e manejo adequados

favorecem arquitetura ideal, retenção de frutos e maiores produtividades em sequeiro no Cerrado (Echer 2024). Com a adoção de novas técnicas, como as cultivares atuais, espaçamentos para colheita mecanizada, maiores densidades populacionais e uso de reguladores de crescimento, entre outras, faz-se necessária a revisão de certos conceitos de adubação e calagem.

Diante desse contexto, a elevada exigência nutricional do algodoeiro e a variação da absorção e da utilização de nutrientes em função do cultivar, do manejo e do estágio de desenvolvimento tornam essencial compreender a dinâmica nutricional da cultura (Chen et al., 2025; Santos et al., 2021; X. Liu et al., 2025). Assim, o estudo da marcha de absorção no algodoeiro é fundamental para identificar os períodos de maior demanda por nutrientes e subsidiar estratégias mais racionais de adubação, constituindo o objetivo deste trabalho (Rochester; Constable, 2015)

2 OBJETIVO

Avaliar a dinâmica de acúmulo de macro e micronutrientes, e a distribuição de biomassa seca na cultivar FM 911 GLTP sob condições de campo em Selvíria - MS

3 REVISÃO DE LITERATURA

O algodoeiro é uma cultura anual de crescimento indeterminado, com sobreposição entre crescimento vegetativo e reprodutivo, o que torna sua dinâmica de desenvolvimento distinta da maioria das grandes culturas anuais (AHMED *et al.*, 2020). Essa característica explica sua elevada plasticidade fisiológica, porque a planta pode abortar estruturas reprodutivas sob estresse e, quando o ambiente volta a ser favorável, emitir novos ramos e novos sítios de frutificação, redistribuindo o crescimento ao longo do ciclo (BURMESTER, 2014).

A produção de matéria seca do algodão segue uma curva sigmoide, com aceleração após o florescimento. A absorção dos principais nutrientes acompanha esse padrão, atingindo o pico próximo ao início e ao pleno florescimento, quando a planta sustenta simultaneamente expansão vegetativa, formação de capulhos e enchimento de sementes e fibra (BURMESTER, 2014). Esse comportamento ocorre porque o florescimento amplia a força dos drenos reprodutivos, aumentando a competição interna por fotoassimilados e nutrientes entre folhas, ramos, maçãs, sementes e pluma (HU *et al.*, 2023).

O algodão tem grande relevância econômica mundial por ser a fibra natural mais utilizada, e no Brasil ocupa posição de destaque entre os principais produtos do agronegócio (ECHER *et al.*, 2024). O país aparece entre os maiores produtores e exportadores mundiais, registrando 1,66 milhão de hectares e 3,03 milhões de toneladas de pluma na safra 2022/2023, liderando também a produtividade de algodão em sistema de sequeiro em larga escala (DE SIQUEIRA *et al.*, 2024).

A produção brasileira se concentra no Cerrado, principalmente em Mato Grosso e Bahia, porque o bioma reúne extensas áreas planas, ambiente favorável à mecanização e regime de chuvas compatível com a produção de sequeiro (ECHER *et al.*, 2024). Em Mato Grosso, o algodão frequentemente entra como segunda safra após a soja, enquanto em outras áreas participa de sistemas de rotação, o que amplia a diversificação produtiva e favorece a qualidade biológica do solo (MROJINSKI *et al.*, 2020).

A importância do Cerrado para a cotonicultura não depende apenas da disponibilidade de área, mas da interação entre clima, manejo e qualidade do solo. Em áreas comerciais de alto rendimento no Cerrado, produtividades de pluma acima de 3000 kg ha⁻¹ foram associadas à combinação de clima favorável, solo de boa qualidade e práticas de manejo que aumentaram a

retenção de capulhos e mantiveram uma arquitetura de planta mais equilibrada, com porte baixo e alta carga de frutos (ECHER *et al.*, 2024).

Em escala regional, os maiores rendimentos em Mato Grosso ocorreram em áreas acima de 600 m e associadas a práticas conservacionistas, enquanto sistemas com diversificação de culturas e ausência de revolvimento melhoraram a qualidade física do solo e a disponibilidade de água (SANTOS *et al.*, 2020). Isso ocorre porque o algodoeiro depende fortemente da exploração radicular em profundidade, e solos com melhor estrutura física ampliam a faixa hídrica menos limitante, sustentando o crescimento (ANGHINONI *et al.*, 2019).

A nutrição do algodoeiro é central para sua produtividade porque a cultura mantém crescimento vegetativo e reprodutivo ao mesmo tempo, o que exige suprimento contínuo de nutrientes para sustentar a morfogênese e o enchimento de frutos (AHMED *et al.*, 2020). Entre os macronutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio são requeridos em maiores quantidades (QIU *et al.*, 2023). O algodão apresenta demanda particularmente alta por nitrogênio (N) porque seu florescimento e pegamento de capulhos se estendem por um longo período (PU *et al.*, 2025). A aplicação adequada de N também favorece a absorção de P, mostrando que a resposta nutricional é integrada e regulada por alterações em raízes, fotossíntese e metabolismo (CHEN *et al.*, 2025).

A deficiência de macro e micronutrientes reduz o rendimento, mas os efeitos variam conforme o nutriente e o órgão-dreno mais sensíveis. Deficiências de P, Ca, K, B, Mg e Zn afetam mais fortemente a produção de frutos do que o crescimento vegetativo, enquanto deficiências de N, S, Mo e Mn comprometem de forma semelhante os componentes vegetativos e reprodutivos (AHMED *et al.*, 2020).

Em cultivares modernas, a produtividade depende também de como os nutrientes são particionados; cultivares recentes passaram a direcionar proporções maiores de Zn e Cu para os capulhos em desenvolvimento, enquanto Fe e Mn permanecem majoritariamente nas folhas (PABUAYON *et al.*, 2021).

A resposta do algodão à adubação segue uma lógica de faixa ótima, e não de acúmulo indefinido. O excesso de N prejudica a cultura porque favorece o crescimento vegetativo exagerado, atraso na maturação, redução da qualidade da fibra e maiores perdas por lixiviação (PU *et al.*, 2025). Em contraste, sob baixo N, o algodão tende a direcionar mais carboidratos

para as raízes, promovendo o alongamento radicular para aumentar a eficiência de absorção em ambientes limitantes (CHEN *et al.*, 2025). Esse ajuste é coerente com estudos de cinética, nos quais cultivares mais eficientes sob restrição de N apresentaram maior afinidade por nitrato e melhor morfologia radicular (MAHBOOB *et al.*, 2025).

A marcha de absorção de nutrientes no algodoeiro aumenta progressivamente da fase de plântula até o período reprodutivo, atingindo taxas máximas próximas ao florescimento e à formação de capulhos (AHMED *et al.*, 2020). Em sistemas de semeadura direta, a maior absorção de N ocorre entre o pico de florescimento e o pico de frutificação, enquanto P e K atingem maiores taxas entre a formação de botões e o florescimento (HU *et al.*, 2023). Práticas de recomendação baseadas em metas de produtividade elevam a absorção de N, P e K ao longo do ciclo, refletindo-se em maior produtividade porque o fornecimento balanceado eleva a área foliar e a translocação de fotoassimilados da fonte para os drenos (ARUNA *et al.*, 2020).

A exigência por nitrogênio é a mais alta em termos de remoção do solo, com grande parte sendo direcionada para as sementes (UNRUH *et al.*, 1994). O potássio também é absorvido em grandes quantidades e apresenta expressivo particionamento para as cascas do fruto (*burs*) e pluma, enquanto o fósforo é acumulado em menor volume absoluto (BURMESTER, 2014). Esse padrão explica por que sementes e estruturas reprodutivas funcionam como drenos dominantes durante o enchimento, reduzindo o conteúdo de nutrientes em folhas e caules por mobilização interna (UNRUH *et al.*, 1994). Além disso, a eficiência de uso e a partição de nutrientes mudam principalmente na fase de diferenciação reprodutiva, reforçando que a marcha de absorção depende tanto do estágio fenológico quanto do arranjo de produção (HE *et al.*, 2025).

A literatura converge para o fato de que a produtividade do algodoeiro resulta da interação entre a plasticidade de crescimento, o ambiente do Cerrado e o manejo nutricional balanceado. Nesse contexto, compreender a marcha de absorção permite identificar exatamente quando os drenos reprodutivos passam a dominar a demanda metabólica da planta, orientando intervenções de manejo mais eficientes (ECHER *et al.*, 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização dos experimentos:

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia, UNESP/Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, em um latossolo vermelho distrófico, utilizando a cultivar FiberMax 911 GLTP. O clima da região é Aw (tropical úmido), com temperatura média anual de 25°C e precipitação entre 1.200 e 1.500 mm (INMET,2014).

Figura 1: Dados climáticos do ano de 2025 no local do experimento

Valores médios mensais																			
Dia	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA DO AR %			Pressão Atm	Rad. Global	Rad. Líquida	Flx de calor	PAR	Ev-TCA	ET _o -PN-M	ET _o -TCA	Velocidade do vento (m/s)		Direção vento	Chuva	Insolação
-	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	kPa	MJ/m ² .dia			μmoles /m ²	mm/dia		Máxima	média	*	mm	h/dia	
JAN/2025	27.6	35.0	22.7	82.5	98.5	55.2	97.1	14.5	-	-	312.3	-	3.6	-	4.8	0.7	170.6	118.4	1.4
FEV/2025	27.2	34.2	22.5	84.9	99.9	58.1	97.3	13.3	-	-	286.3	-	3.3	-	5.7	0.7	92.8	203.2	1.5
MAR/2025	28.1	35.1	22.7	76.2	96.8	50.1	97.4	12.4	-	-	275.2	-	3.2	-	4.3	0.8	143.8	99.3	2.4
ABR/2025	25.2	31.8	20.9	85.9	98.1	62.8	97.4	9.3	-	-	196.6	-	2.3	-	4.7	0.7	140.0	219.2	1.8
MAI/2025	23.6	30.6	17.8	76.8	96.2	52.3	97.8	10.1	-	-	206.7	-	2.4	-	4.7	1.0	104.1	29.7	3.3
JUN/2025	21.6	28.9	15.7	79.6	97.9	53.8	97.8	8.6	-	-	180.2	-	2.1	-	5.3	1.1	134.0	35.6	3.3
JUL/2025	20.8	29.1	13.9	69.8	94.6	42.9	98.0	9.8	-	-	201.1	-	2.6	-	5.3	1.2	132.0	11.9	2.7
AGO/2025	22.6	31.2	15.4	61.1	87.8	36.1	97.8	10.1	-	-	214.9	-	3.3	-	5.8	1.6	150.4	1.8	2.5
SET/2025	27.4	35.9	19.7	53.0	79.7	30.7	97.6	11.4	-	-	255.0	-	4.6	-	7.4	2.0	112.4	2.5	2.4
OUT/2025	26.2	32.9	20.6	68.8	89.4	47.2	97.4	10.5	-	-	236.6	-	3.9	-	7.5	2.0	110.4	101.3	1.6
NOV/2025	26.4	33.4	20.1	72.0	92.7	48.0	97.2	13.0	-	-	285.9	-	3.8	-	6.7	1.5	137.7	92.4	2.8
DEZ/2025	27.1	32.8	23.2	83.2	96.9	62.8	97.0	8.9	0.0	-	210.8	-	2.6	-	5.9	1.1	163.3	183.4	0.8
MEDIA	25.3	32.6	19.6	74.5	94.0	50.0	97.5	11.0	0.0	-	238.5	-	3.1	-	5.7	1.2	132.6	91.6	2.2

N = Número de horas de brilho do sol; Et_o-TCA e Et_o-PN-M = Evapotranspiração por Tanque Classe A e por Penman_Monteith

Correio eletrônico irria.feis@unesp.br

Fonte: Canal clima Feis

4.2 Delineamento experimental:

O delineamento experimental utilizado no presente trabalho para a cultivar avaliada foi o de blocos casualizados (DBC) é amplamente utilizado na pesquisa agrônômica por controlar a heterogeneidade ambiental do campo através do princípio do controle local (STORCK et al., 2016). O arranjo consiste em dividir a área experimental em blocos homogêneos dispostos perpendicularmente ao gradiente de variação (como declividade ou fertilidade do solo), onde cada bloco recebe todos os tratamentos de forma totalmente aleatória (OLIVEIRA et al., 2021). O experimento contou com quatro repetições, sendo que os blocos foram constituídos por faixas com dezesseis linhas espaçadas de 0,90 m, com cinquenta metros de comprimento. Os tratamentos foram constituídos por épocas de coleta, iniciadas aos 15 dias após a emergência das plântulas, em intervalos de 10 dias, até os 150 dias do ciclo.

A coleta das plantas foi efetuada por meio do arranquio manual, com plantas coletadas ao acaso em cada uma das repetições. Após essa operação, ocorreu a lavagem das plantas em água destilada e posterior secagem em estufa, mantida a 60 °C até atingir massa constante. Por ocasião do florescimento, foi efetuada a separação dos ramos, folhas e estruturas reprodutivas para a quantificação dos nutrientes em cada parte da planta. As estruturas secas foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, onde foram moídas e submetidas às análises químicas para a determinação do teor de nutrientes em cada uma das coletas, segundo a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

4.3 Análises de Solo

Com a devida antecedência ao plantio, foi efetuada a amostragem de solo, com o intuito principal de verificar a necessidade de adubação. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de análise de solos da FEIS/Unesp/Ilha Solteira, onde foram submetidas a uma secagem ao ar, destorroamento e peneiramento (TFSA). Utilizaram as seguintes rotinas analíticas: A avaliação da matéria orgânica foi efetuada pela oxidação dela por íons dicromato em meio fortemente ácido e determinada por colorimetria. O pH determinado em Cloreto de Cálcio 0,01 mol L⁻¹, a acidez total com solução SMP, O fósforo extraído pela resina trocadora de íons (leitura em espectrofotômetro), Ca (leitura em Espectrofotômetro de Absorção atômica), Mg (leitura em Espectrofotômetro de Absorção atômica) e K (leitura em fotômetro de chama) também extraídos pela resina trocadora de íons. O alumínio extraído com cloreto de potássio e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹. O enxofre extraído com solução de fosfato monocálcico e determinado por colorimetria. Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn extraídos com solução DTPA pH 7,3 e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. As análises utilizarão a metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983, 1987), Raij et al (2001) e Embrapa (1999).

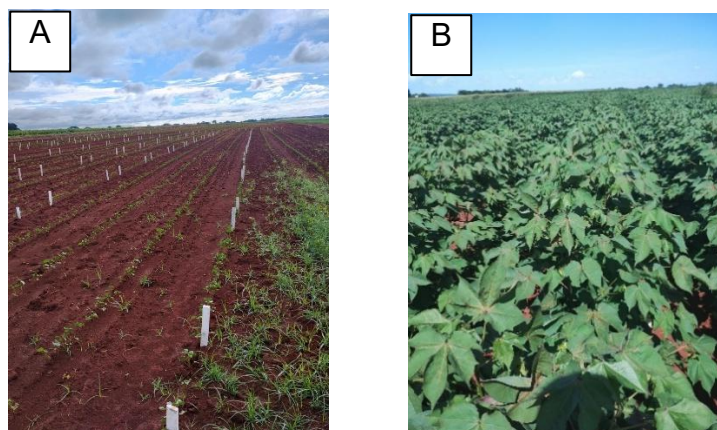
4.3.1 Instalação dos experimentos

As áreas experimentais foram preparadas no mês de novembro de 2024 através de aração e gradagens. O experimento foi instalado em janeiro de 2025, com uma condição de umidade de adequada, solo estava friável sendo ideal para a germinação das sementes.

A adubação básica de plantio foi efetuada de acordo com a análise de solo, utilizando 300 kg h⁻¹ da fórmula 8-28-16. A semeadura foi realizada por uma semeadora adubadora de

precisão, em sistema convencional, com 28 linhas de 50 m, espaçadas a 0,90 m, com população aproximada de 9 plantas por metro (100.000 plantas por hectare).

Figura 2: (A) Experimento instalado, cultura em estágio vegetativo (VE); (B) foto da parcela com a cultura em estágio mais avançado



Fonte: Autor 2026

4.3.2 Manejo fitossanitário.

Foi feito controle de plantas daninhas primeiramente em uma aplicação de pré- emergência no dia trinta e um de dezembro, a partir daí realizou-se o controle de plantas daninhas, da área experimental através de capinas, na medida em que elas emergirem. Já o controle de pragas e doenças teve carácter preventivo, os inseticidas e fungicidas usados foram: isocicloseram (isoxazolina); metoxifenoza (Diacilhidrazina) + espinetoram (espinosinas), clorantianiliprole (antranilamida), acefato (organofosforado), etiprole (fenilpirazol), malationa (organofosforado), diafentiurom (feniltioureia), mancozebe (ditilcarbamato), bixafen (pirazol carboxamida) + proticonazol (triazolintiona) + trifloxistrobina (estrobirulina).

As periódicas aplicações de inseticidas e fungicidas recomendados para a cultura foram usadas em alternância visando controle total na área, usando as doses recomendadas e sempre em alternância de produtos com moléculas e métodos de atividade diferentes, a fim de se evitar a resistência aos produtos. Foi utilizado um regulador de crescimento, cloreto de mepiquat (amônio quaternário). onde parcelou-se as aplicações em 110 DAE quando a cultura já estava perto da altura desejável e 130 DAE para fazer a capação, já apresentava a altura desejável. Para proceder

com a colheita do experimento, usou-se um dessecante dibrometo de diquate (bipiridílio) em um prazo de quinze dias antes dela.

4.3.3 Análises de Rotina

As coletas para as mensurações biométricas foram feitas em diferentes dias após a emergência (DAE) onde o volume de massa por planta era diferente, devido a isso nas primeiras coletas o número de plantas era maior e com o desenvolvimento da cultura foi diminuindo: 20 plantas por parcela aos 11 e 22 DAE; 10 plantas por parcela aos 31 DAE; 5 plantas por parcela aos 43, 53 e 65 DAE; 3 plantas por parcela aos 77, 87, 107, 113 e 122 DAE; e 2 plantas por parcela aos 134, 144 e 154 DAE.

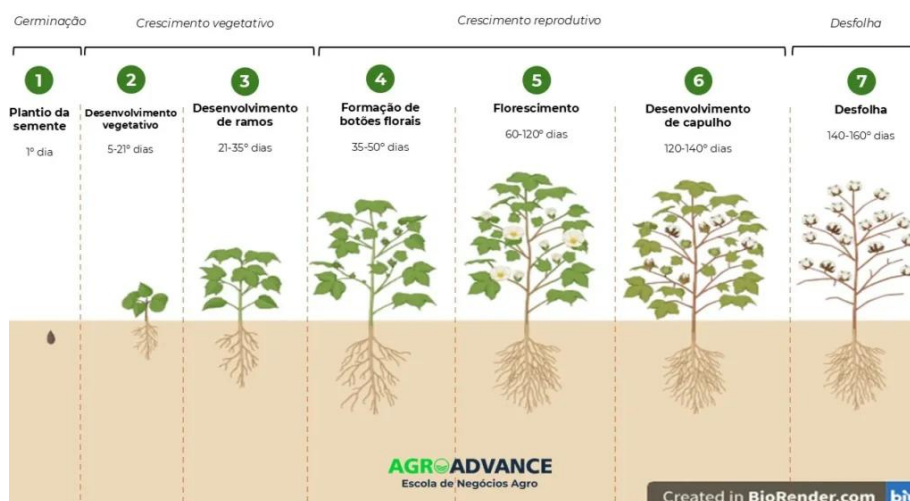
As coletas foram feitas durante todo o ciclo da cultura, desde a fase de desenvolvimento vegetativo até o aparecimento dos capulhos (figura 2), através de um arranquio manual das plantas, tomadas ao acaso em cada uma das repetições.

4.3.3.1 Variáveis Analisadas

- Altura de plantas (centímetros)
- Diâmetro de caule (milímetros)
- Quantidade de botões florais
- Quantidade de flores
- Quantidade de maçãs
- Quantidade de capulhos

Foram avaliadas altura de plantas (cm), com régua graduada, e diâmetro do caule (mm), com paquímetro digital.

Figura 3: Fenologia do algodoeiro



Fonte: Aparecido et al. (2021).

Após arrancar as plantas inteiras, foi feita a separação delas em três partes distintas, ramos, folhas e estruturas reprodutivas (botões flores e maçãs). Assim foi feita lavagem de cada uma das porções destas estruturas em água destilada e posteriormente a secagem em estufa de circulação forçada de ar, mantida a 65°C até atingir massa em equilíbrio. Após possuir cada porção seca pesada e identificada foi feita a moagem destas amostras, para posteriormente serem encaminhadas ao laboratório de análise de solo e tecido vegetal, onde foram submetidas as análises químicas para determinação do teor de nutrientes em cada uma das coletas segundo a metodologia de Malavolta (1997), digestão sulfúrica (para determinação de nitrogênio) e nítrico-perclórica para a determinação de fósforo (P) e enxofre (S) por colorimetria, potássio (K) por fotometria de chama, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por Espectrofotometria de absorção atômica.

4.3.4 Colheita

A colheita foi feita no mês de agosto, efetuada de forma manual em duas linhas centrais de cada parcela com dez metros de comprimento e após a colheita foi feita a destruição das soqueiras de algodão.

Para a análise dos dados foi utilizado a regressão polinomial.

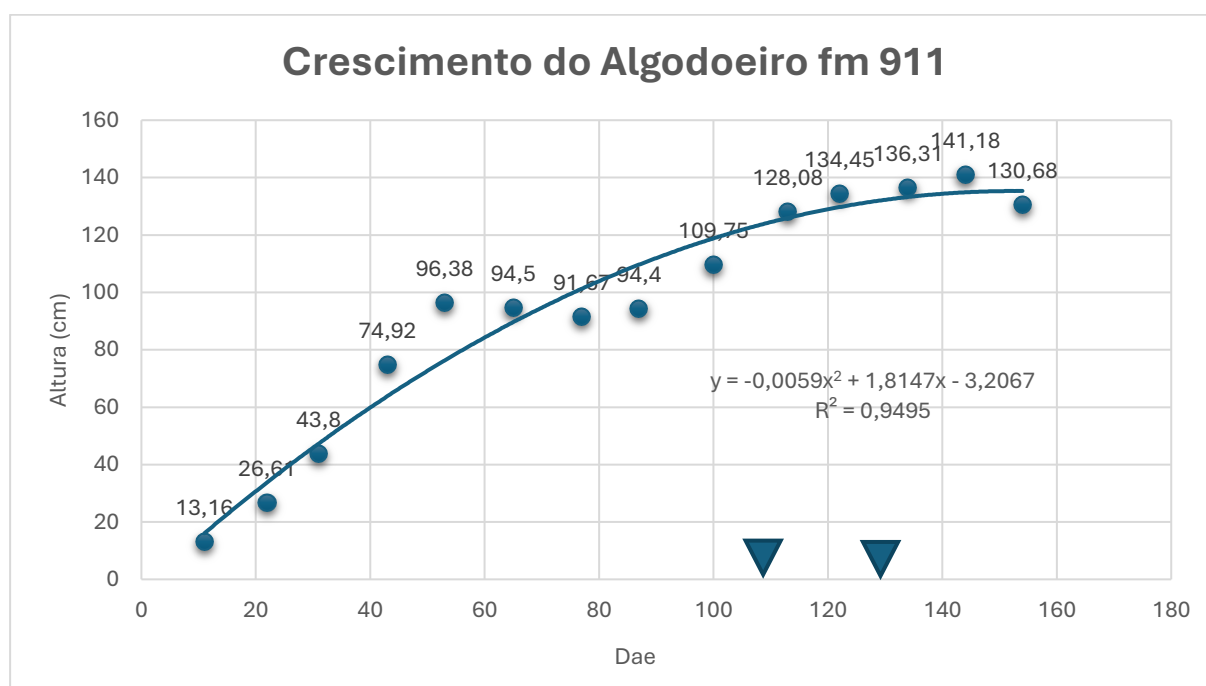
5 Resultados e Discussão

5.1.1 Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro – FM 911 GLTP

A figura 03 contém os resultados da curva de crescimento do algodoeiro FM 911, podendo-se verificar que atingiu o valor máximo de altura próximo a 1,4 m, tendo sido necessária a efetivação de duas aplicações de regulador de crescimento aos 110 e 130 dias após a emergência, devido ao período com grande intensidade de chuvas. atingindo cerca de 43 cm de altura e aos 42 dias após a emergência cresceu mais de 30 cm, sendo esse período considerado muito importante, pois indica uma mudança do crescimento lento da parte aérea para um crescimento vigoroso e formação das estruturas reprodutivas. No período de 43 até 83 DAE não teve alterações no seu crescimento em altura, o que pode ser devido à migração de fotoassimilados para a produção de estruturas reprodutivas, confirmando o pico de florescimento na faixa dos 100 dias após a emergência.

Deve-se ressaltar uma importante observação no crescimento dessa variedade que até 35 dias após a emergência manteve um crescimento lento, de acordo com Chen *et al.* (2025), nos primeiros estágios, a demanda total de nutrientes ainda é baixa, a planta depende em parte das reservas da semente e dos nutrientes residuais do solo, devido a isso se tem priorização do sistema radicular para aquisição futura de água e nutrientes.

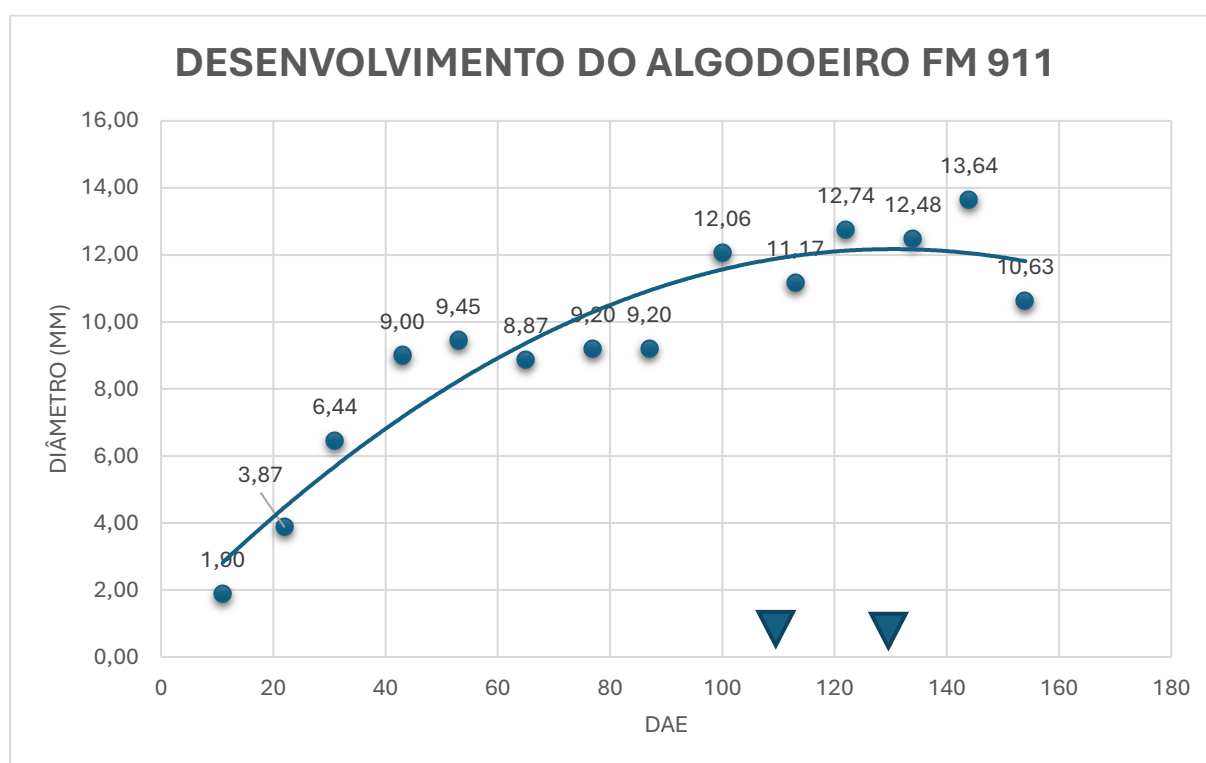
Figura 4: Crescimento do algodoeiro FM 911 (altura cm)



Fonte: Autor 2026

A figura 04 contém os valores médios de diâmetro do caule podendo-se verificar que ao contrário da altura da planta, o diâmetro tem um desenvolvimento mais vigoroso, aumentando os valores de 1,9 mm para 3,87 mm e de 6,4 mm para 9 mm DAE e estabilizando o seu crescimento no período de 43 até 85 DAE, por conta do pico de florescimento do algodoeiro.

Figura 5: Desenvolvimento do algodoeiro FM 911 (diâmetro em mm)

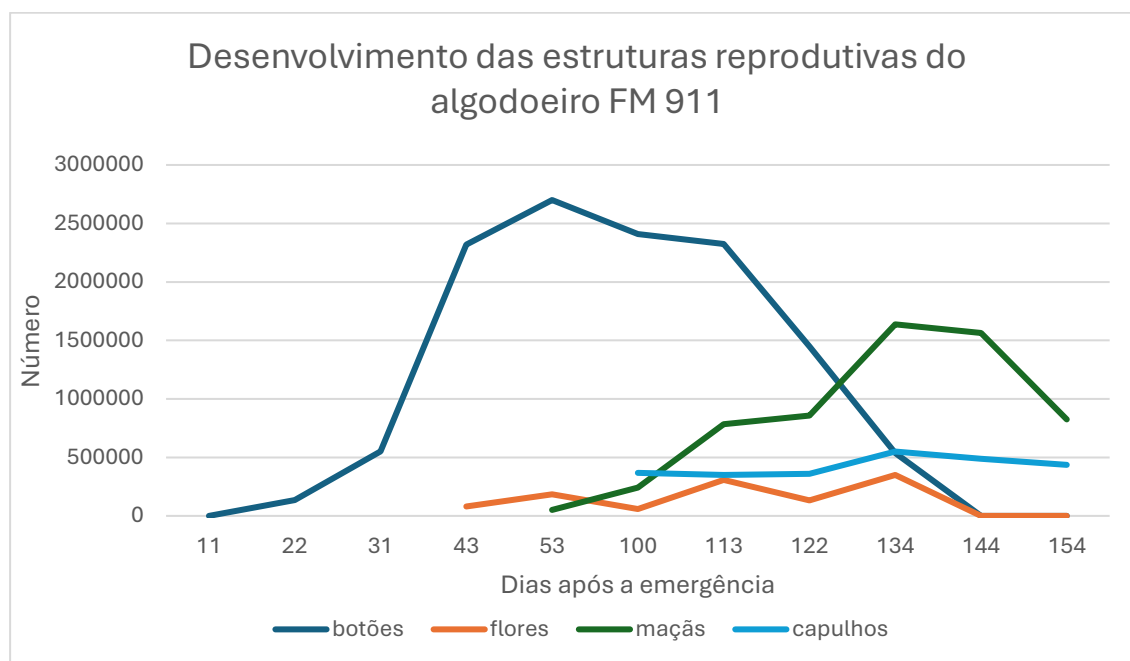


Fonte: Autor 2026

Os primeiros botões florais foram observados aos 18 DAE, o que evidencia uma grande precocidade, devido ao fato de que normalmente o início do aparecimento dos botões florais ocorre a partir dos 30 DAE. Pode-se observar no gráfico 01 que o pico de produção de botões florais ocorreu aos 53 DAE sendo que ocorreu uma grande queda de flores em função das altas temperaturas que ocorreram no período. O trabalho de Tariq, (2017) confirma a alta taxa abortamento de estruturas reprodutivas no algodoeiro e, em grande parte, de caráter fisiológico, visto que a planta produz mais sítios reprodutivos do que sua capacidade de sustentação por meio de carboidratos, água e nutrientes em condições de campo. As estimativas convergem para taxas sazonais de queda de botões florais (*quadrados*), flores e maçãs jovens entre 40% e

70%, fazendo com que muitos sistemas comerciais colham efetivamente apenas 25% a 30% dos frutos potencialmente formados (TARIQ, 2017).

Gráfico 1: Desenvolvimento das estruturas do algodoeiro FM 911



Fonte: Autor 2026

5.1.2 Nutrientes acumulados nas folhas

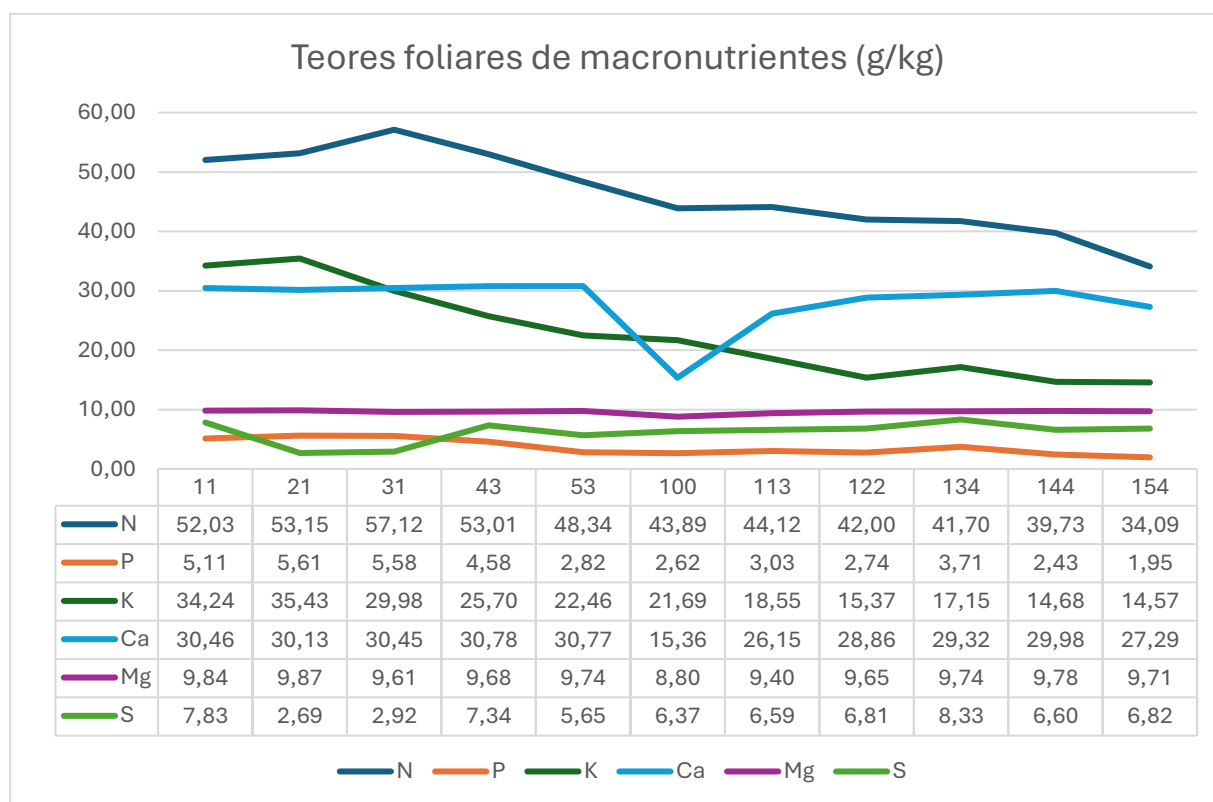
O gráfico 02 contém os dados referentes aos teores foliares de macronutrientes, podendo-se verificar que os maiores teores foliares de N foram observados no período entre 10 e 40 dias após a emergência, o que pode ser explicado pela necessidade desse nutriente, tanto para o crescimento inicial do sistema radicular como para o intenso crescimento da parte aérea que se inicia a partir dos 30 dias até os 50 dias após a emergência.

Em trabalho realizado por Furlani et al. (2001), encontrou-se picos de absorção foliar deste nutriente no período correspondente a 98 DAE. Em trabalhos mais antigos, como o de Olson & Bledsoe (1942) foi detectado um pico de absorção do mesmo nutriente ainda mais tardiamente, entre os 110 e 130 DAE. Nestes dois casos, os autores correlacionam este evento ao início de abertura das maçãs. Evidenciando que a cultivar de ciclo precoce estudada produziram maçãs mais precocemente e os picos de absorção ocorreram em um período anterior aqueles citados pelos autores. Novamente o aspecto observado por Furlani et al. (2001) é

confirmado, onde os períodos observados com os picos de absorção de N são identificados aos 31 DAE. (gráfico 02) neste trabalho. Mas ao observar graficamente o N percebe-se que após seu período de pico há uma certa estabilidade dos valores e a partir do decréscimo de seus valores pode-se identificar a fase de abertura das maçãs, em torno de 90 DAE.

Os maiores teores de fósforo e potássio foram observados até os 30 dias após a emergência em uma faixa que variou de 5,11 até 5,61 g/kg (fósforo) e de 34,24 até 29,98 g/kg (potássio), evidenciando que esses elementos são principalmente importantes na fase inicial de crescimento do algodoeiro. Os valores de cálcio foram superiores a 30 g/kg até 53 dias após a emergência, o que pode indicar uma intensa divisão celular, o que implicou em uma grande absorção desse elemento e concentração nas folhas. Os valores de magnésio foram verificados na faixa de 9,5 g/kg durante todas as avaliações realizadas, mantendo sempre uma razão Ca/Mg na faixa de 3 para 1 no tecido foliar. Nesse caso, pode-se constatar que o magnésio foi o elemento que apresentou a maior regularidade de valores durante todo o ciclo do algodoeiro.

Gráfico 2: Teores foliares de macronutrientes (g/kg)

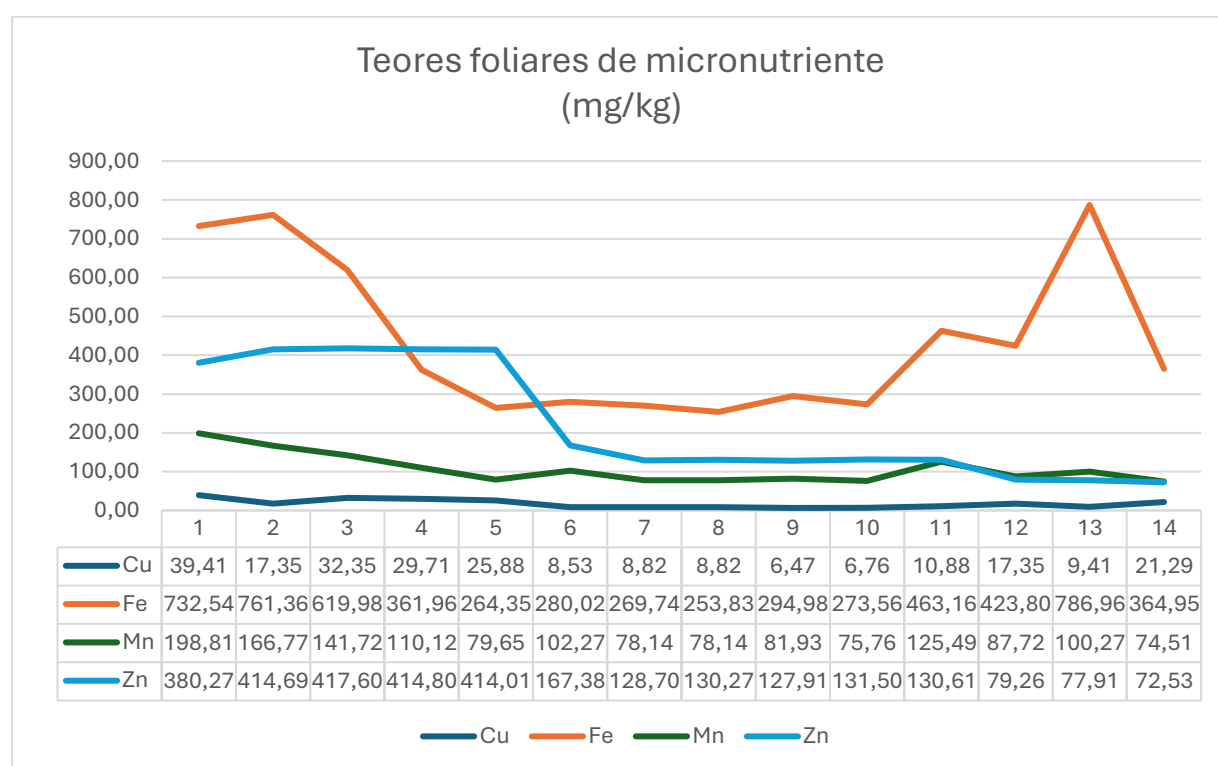


Fonte: Autor 2026

Os teores foliares de Cu (gráfico 03) apresentaram os menores valores do início do crescimento do algodoeiro. No Brasil, não se tem notícia de reposta do algodoeiro ao cobre.

Em experimento conduzido em Campo Novo do Parecis-MT, em solo com 0,8 mg dm⁻³ de Cu, não foi observada resposta do algodoeiro ao cobre aplicado (Zancanaro, 2005). Dessa forma, para os solos brasileiros com teores médios de cobre é pouco provável que o algodoeiro apresente deficiência desse nutriente. O ferro e o zinco apresentaram uma variação grande de teores durante o ciclo, com destaque até os 33 dias após a emergência. No caso do zinco os teores foram crescentes até os 53 dias após a emergência (médias na faixa de 410 mg/kg), sendo que no período de 63 até 113 dias após a emergência esses valores foram reduzidos para uma faixa de 128 até 160 mg/kg e no final do ciclo para valores não superiores a 79,2 mg/kg.

Gráfico 3: Teores foliares de micronutrientes (mg/kg)



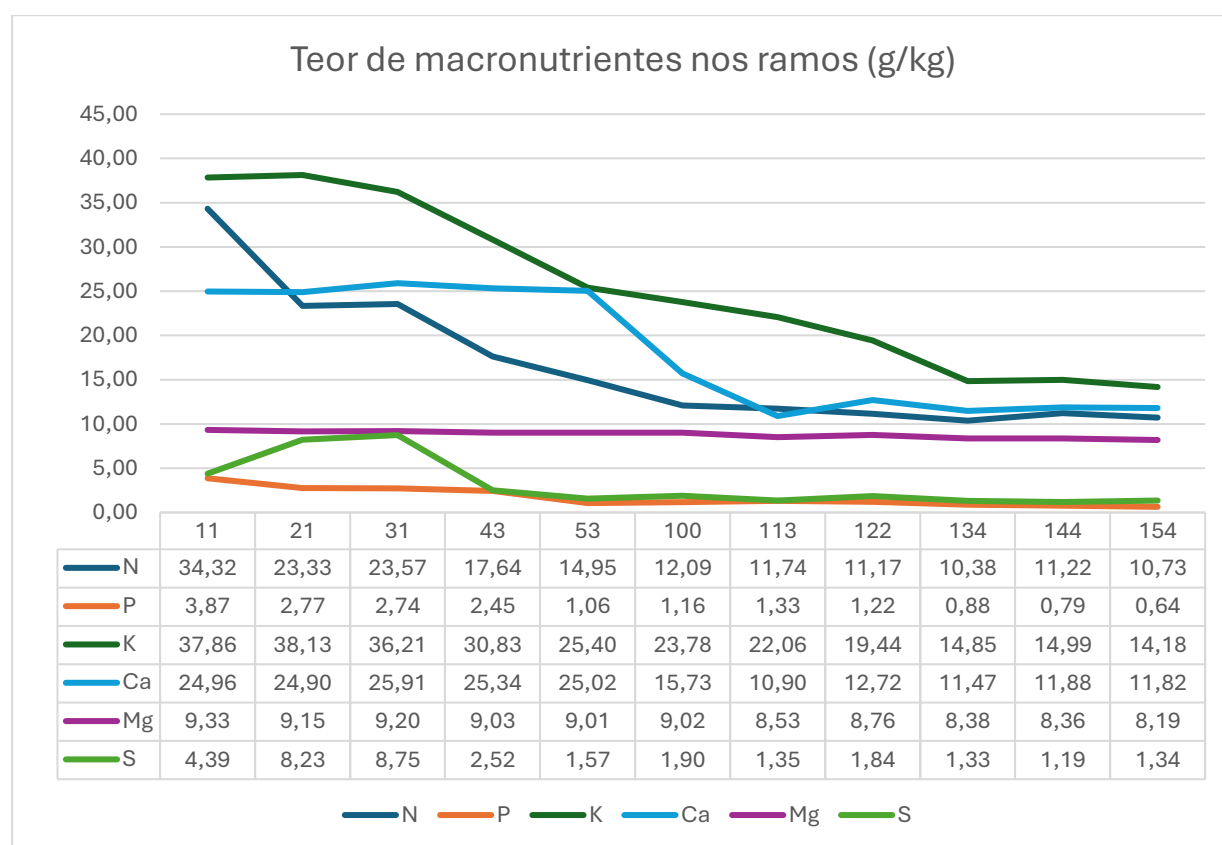
Fonte: Autor 2026

5.1.3 Nutrientes acumulados nos ramos

Os teores de macronutrientes nos ramos estão contidos no gráfico 06, podendo-se verificar que o nitrogênio apresentou os maiores valores até 33 dias após a emergência, podendo-se inferir que é muito importante para essa variedade que o solo esteja com teores adequados de nitrogênio para um bom desenvolvimento inicial da planta. Da mesma forma, o fósforo também apresentou teores iniciais maiores (2,45 até 3,87 g/kg) e depois ocorreu uma redução significativa nos seus valores, é essencial para esse arranque inicial sendo componente

central da molécula de ATP. No caso do potássio, os valores variam de 37,86 até 25,40 g/kg no período de 13 até 53 dias após a emergência, indicando alta demanda, assim como Unruh *et al.*, (1994) afirma que nos ramos e caules, o principal macronutriente tende a ser K na fase inicial, porque folhas e caules são grandes drenos de K antes de a frutificação dominar; sua função central é sustentar vigor, alongamento celular e transporte de carboidratos. A relação Ca/Mg no período de 13 até 53 dias após a emergência manteve um índice próximo a 3 para 1, decrescendo para um valor próximo a 2 para 1 no período 63 até 93 dias após a emergência e posteriormente quase atingindo um índice próximo a 1/1. Tal fato não foi observado nos teores foliares, mantendo no mínimo um índice de Ca/Mg de 2/1 (somente aos 93 dias) essa relação mostra um equilíbrio químico no solo e a importância do magnésio para o desenvolvimento e estrutura da parte aérea.

Gráfico 4: Teores de macronutrientes nos ramos (g/kg)

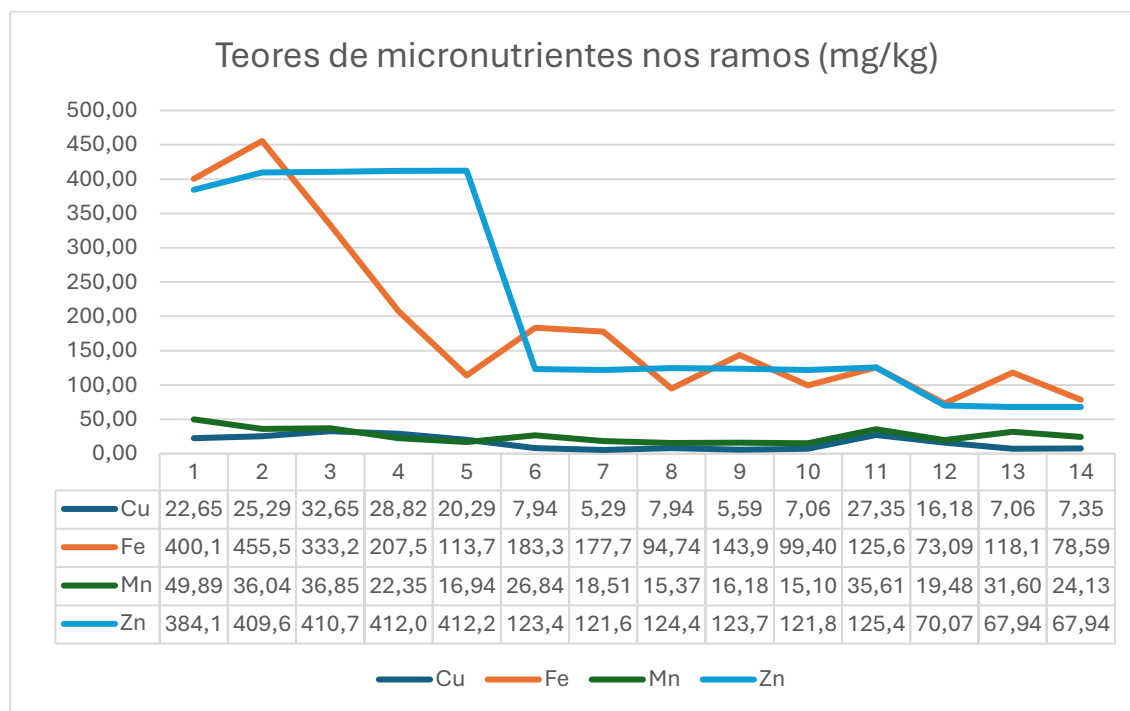


Fonte: Autor 2026

O Ferro e o Zinco são os principais micronutrientes dos ramos, sendo muito importantes na fase inicial de crescimento (gráfico 05). Pode-se verificar que o zinco apresentou valores semelhantes àqueles verificados no tecido foliar, o que indica uma grande importância desse

elemento tanto para o crescimento das folhas como para o crescimento dos ramos. Assim sendo, é preciso levar em consideração os teores adequados desse nutriente para um crescimento adequado da planta e inclusive adicionando-se à fórmula NPK o zinco.

Gráfico 5: Teores de micronutrientes nos ramos (mg/kg)

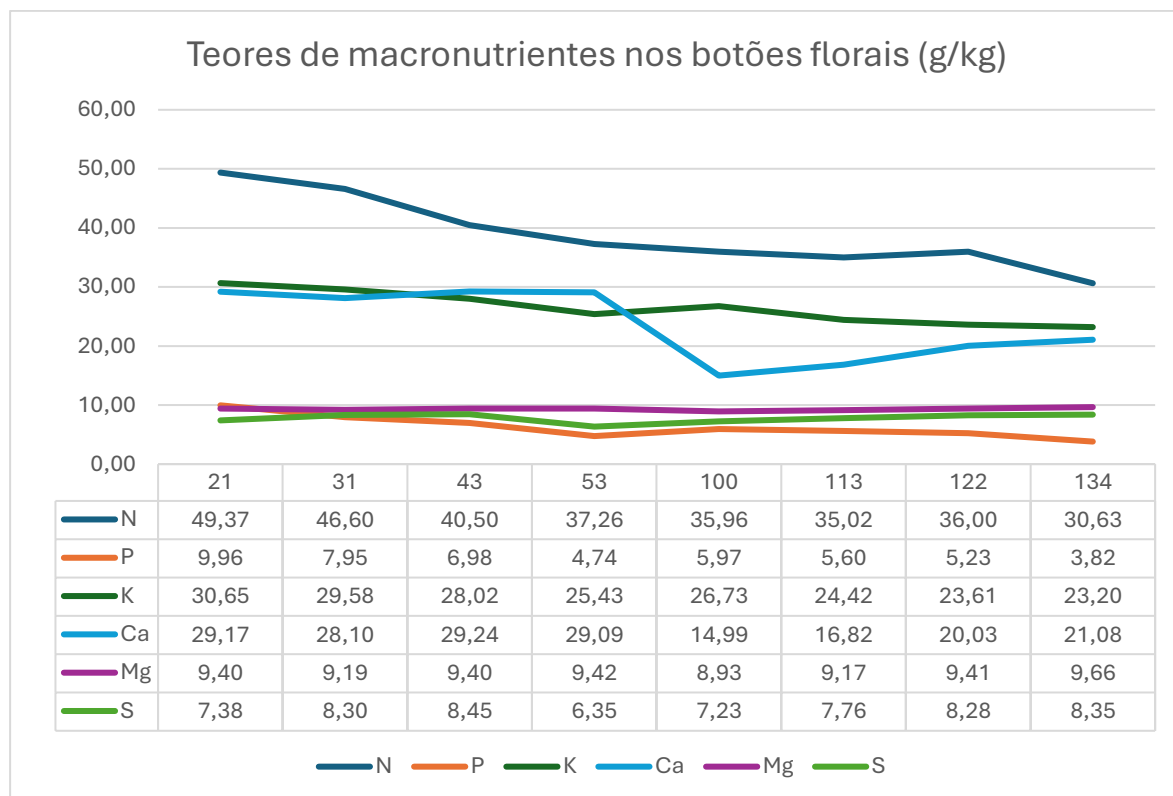


Fonte: Autor 2026

5.1.4 Nutrientes acumulados nas estruturas reprodutivas

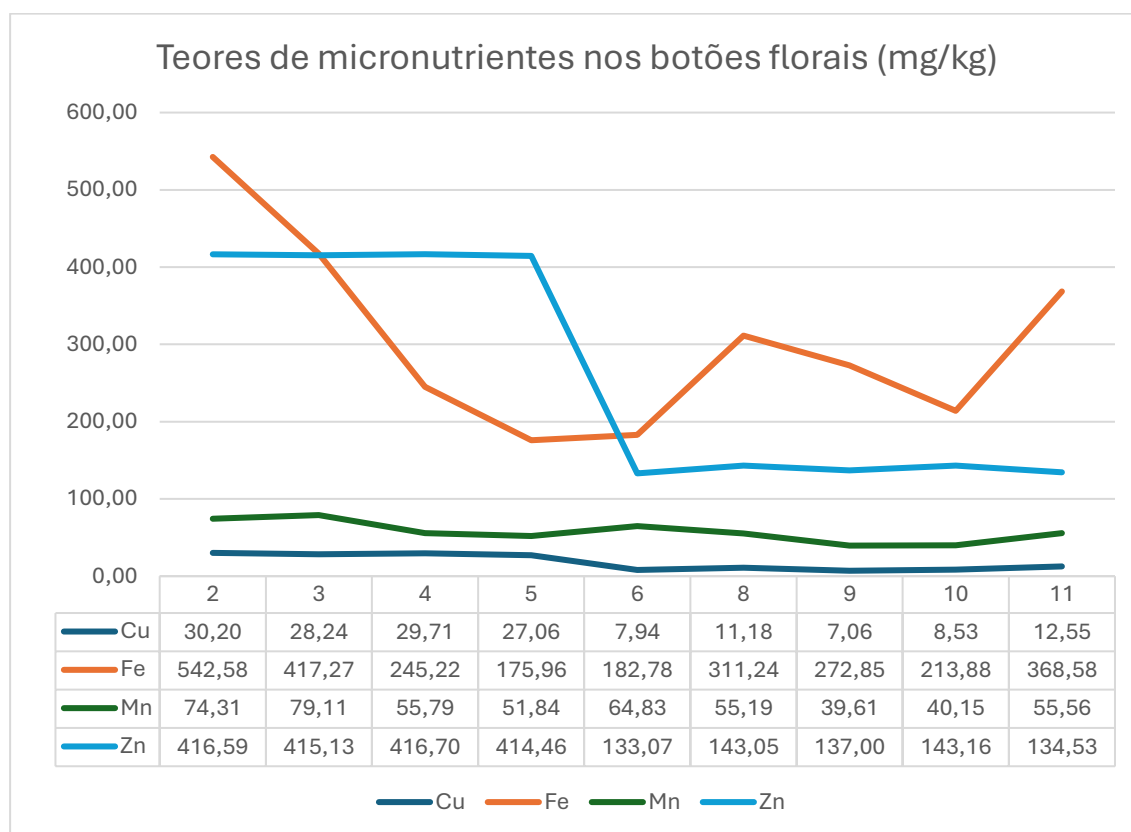
5.1.4.1 Botões florais

Os botões florais são as primeiras estruturas reprodutivas que aparecem no algodoeiro e foram observados aos 21 dias após emergência, o que indica uma grande precocidade desse material genético. A análise da marcha do nitrogênio (gráfico 06) permite inferir que os valores de nitrogênio nas folhas estiveram na faixa de 50 g/kg até 53 dias após a emergência sendo que nos botões florais esses valores estiveram na faixa de 40 até 49 g/kg de N até 40 dias, diminuindo após essa fase, o que coincide com o aumento da absorção de N nas flores sendo vital sustentando o crescimento simultâneo de folhas e frutos, mantendo a fotossíntese ativa ao compor a clorofila e evita o abortamento de flores e maçãs jovens. A relação Ca/Mg manteve uma faixa de 3/1 até 63 dias após a emergência e foi reduzida para uma faixa de 2/1 após esse período. O conteúdo de enxofre nos botões florais manteve-se praticamente constante durante o ciclo de formação dos botões florais.

Gráfico 6: Teores de macronutrientes nos botões florais (g/kg)

Fonte: Autor 2026

O gráfico 07 contém os resultados dos teores de micronutrientes nos botões florais, podendo-se constatar que os teores de cobre começaram a diminuir após os 53 dias após a emergência. Os teores de Ferro foram incrementados após os 83 dias da emergência, o que pode explicar a redução na absorção pelas folhas e uma segunda frutificação compondo enzimas antioxidantes que protegem os botões florais. O manganês apresentou os maiores valores até os 33 dias após a emergência e depois teve uma redução de quase 30% do seu valor até o final do ciclo.

Gráfico 7: Teores de micronutrientes nos botões florais (mg/kg)

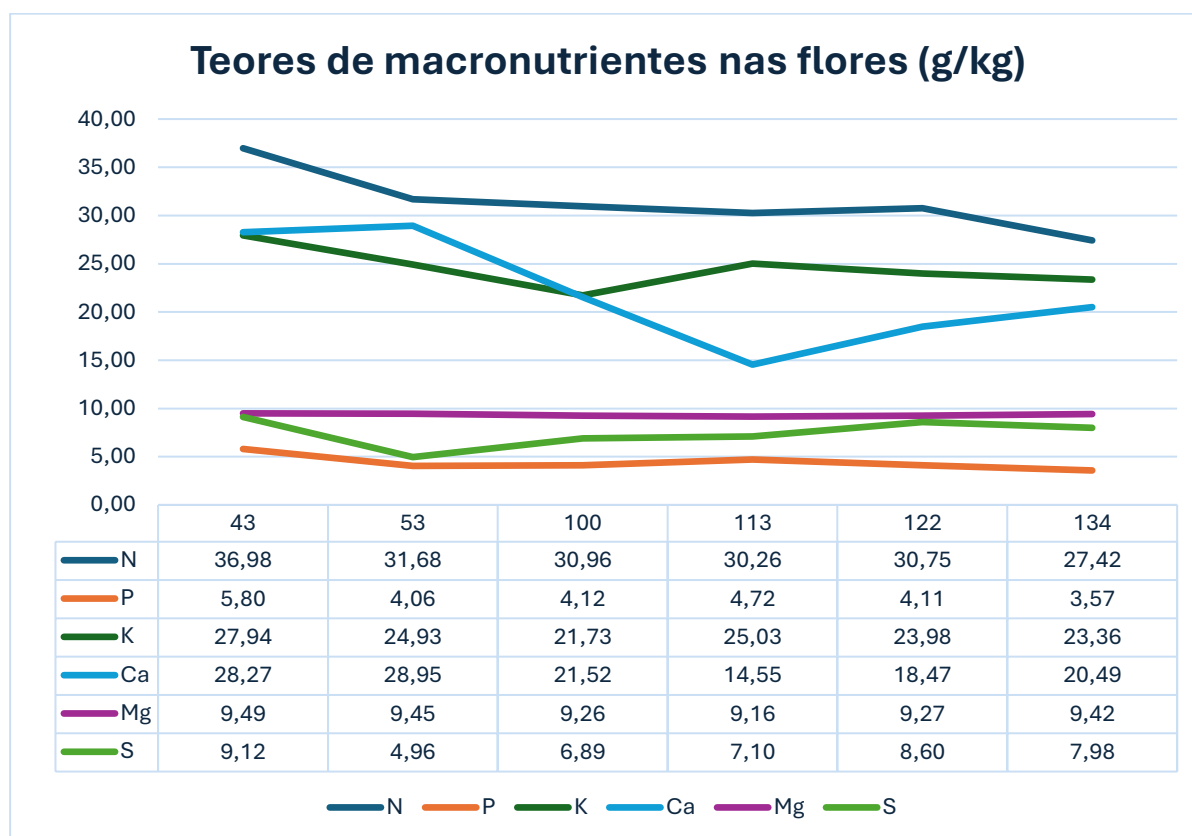
Fonte: Autor 2026

5.1.4.2 Flores

Pubayon et al. (2021) mostra no seu trabalho que a fase de florescimento aumenta a demanda nutricional, que vários nutrientes afetam fortemente a frutificação, o que foi observado neste trabalho, no qual o teor de N nas flores se manteve em teores alto ao longo do ciclo.

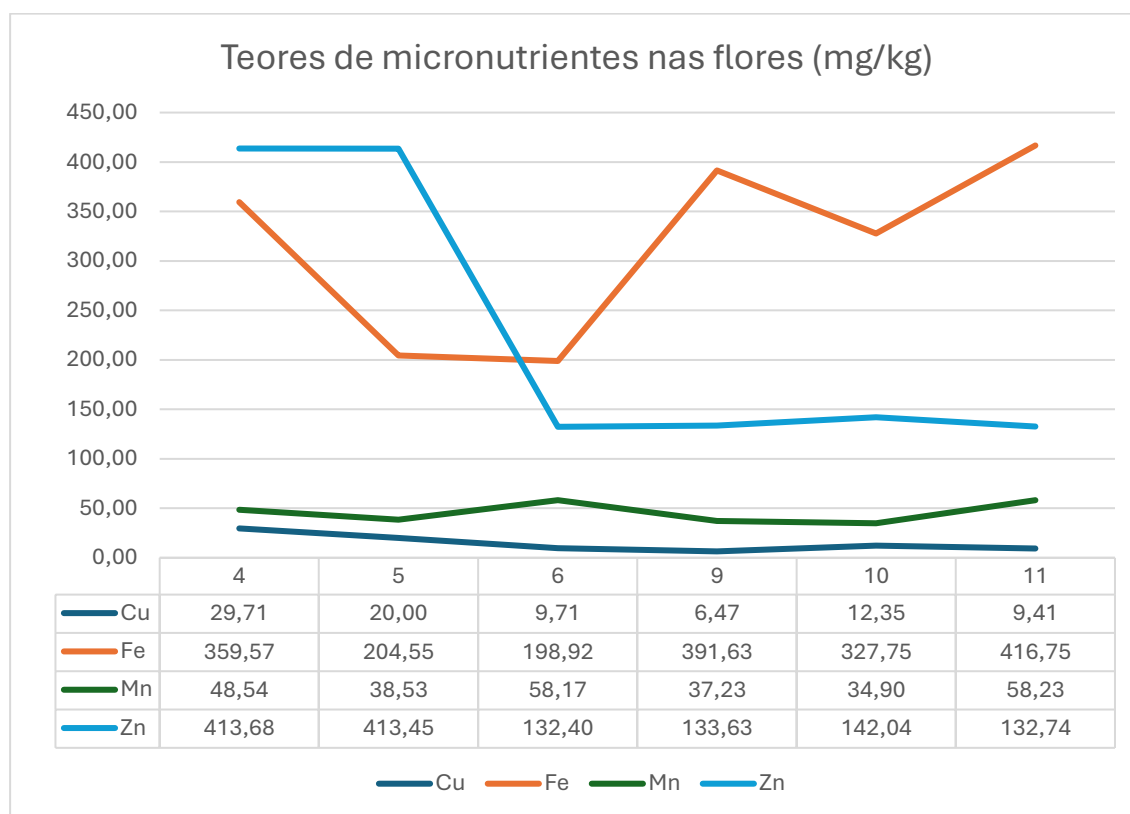
Os teores de macronutrientes nas flores estão contidos no gráfico 08, sendo que os valores máximos de N, P, K e Mg foram respectivamente de 36,98; 5,80; 27,94 e 9,55 g/kg, não ocorrendo grandes variações nesses valores no período de 43 até 123 dias após a emergência, o que indica que pode ter ocorrido uma diminuição na absorção desses nutrientes por parte das flores ao longo do desenvolvimento.

Deve-se destacar que segundo Fuentes-laura (2019) o Enxofre garante a formação e viabilidade do pólen sendo essencial para fertilização das flores, ocorreu um aumento dos teores desse nutriente após os 90 dias da emergência, o que indicando a formação e maturação das flores no pico do florescimento.

Gráfico 8: Teores de macronutrientes nas flores (g/kg)

Fonte: Autor 2026

Os teores de micronutrientes nas flores estão citados no gráfico 09, podendo-se observar que o zinco é muito requerido no período de 43 até 53 DAE, Pubayon et al. (2021) descreve que em cultivares modernos, Fe e Mn tendem a permanecer majoritariamente nas folhas ao longo do ciclo, enquanto Zn e Cu são mais direcionados para maçãs em desenvolvimento, reforçando que o perfil mineral das flores provavelmente difere bastante do das folhas, tendo os seus valores reduzidos após essa fase, indicando menor absorção pelas flores e concentrando a absorção desse nutriente para a formação dos frutos. Esse processo está muito bem estabelecido quando a análise do conteúdo de Zn nas folhas que é reduzido significativamente a partir da formação das flores e frutos do algodoeiro. Os micronutrientes Fe e Mn mantêm valores muito próximos durante o florescimento.

Gráfico 9: Teores de micronutrientes nas flores (mg/kg)

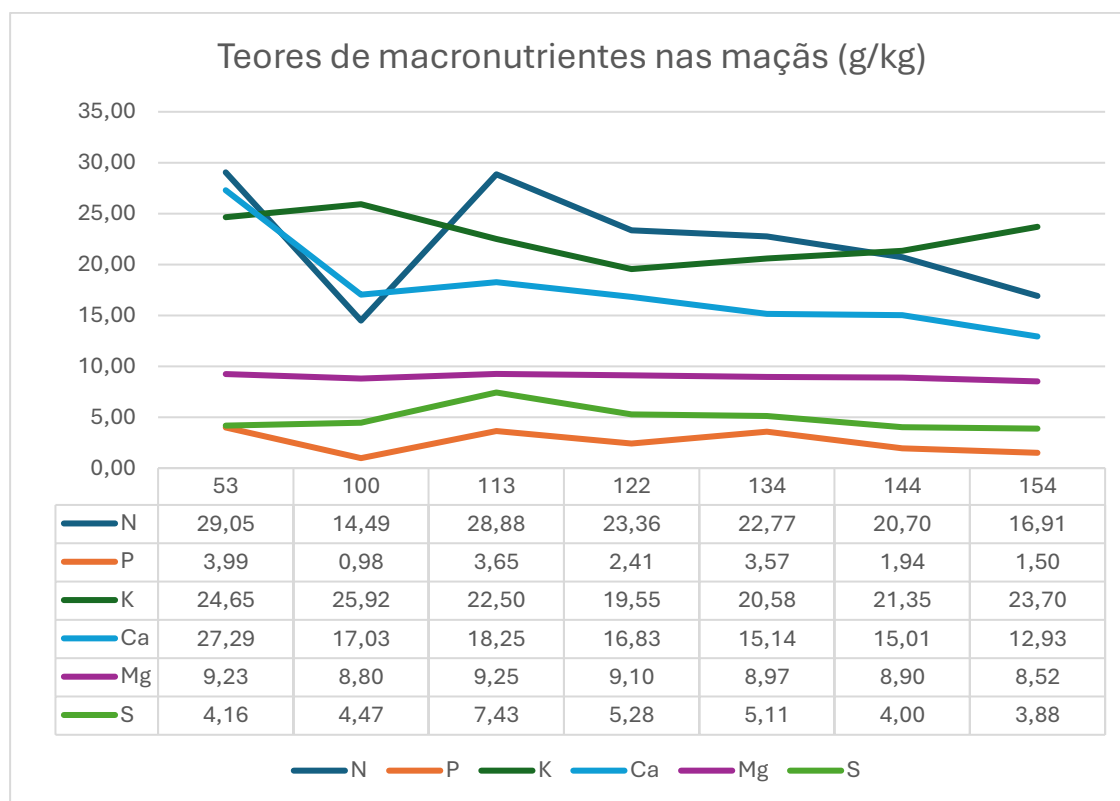
Fonte: Autor 2026

5.1.4.3 Maças

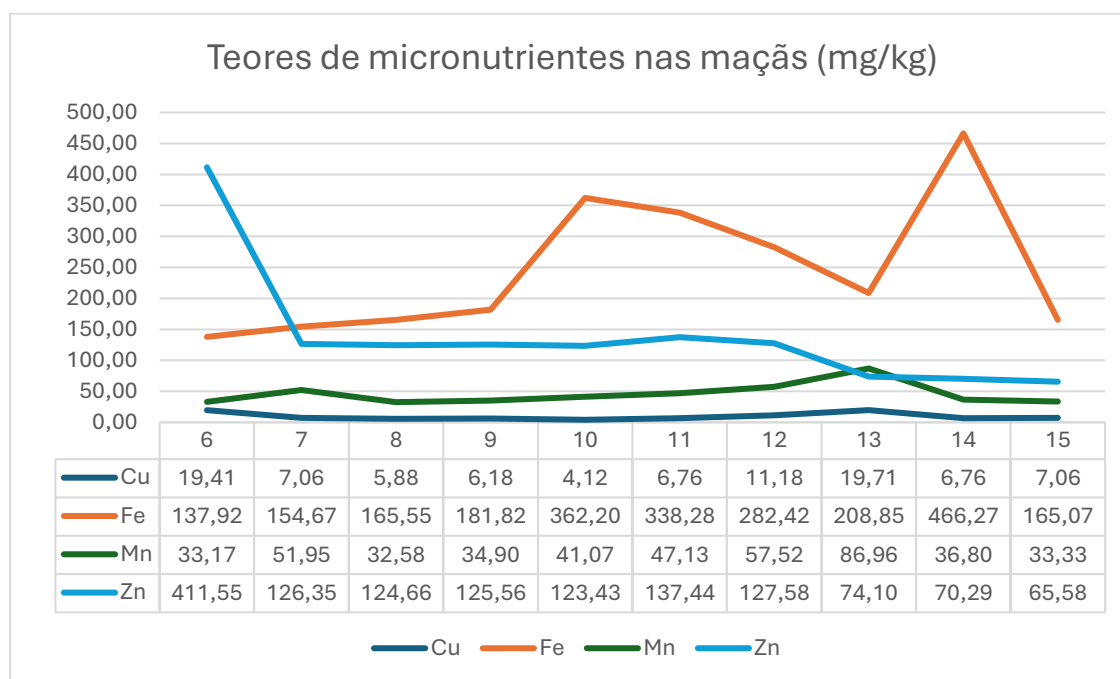
Os valores de macronutrientes nas maçãs no período de 63 até 153 DAE (gráfico 10) permitem inferir que não ocorreram variações significativas de teores nesse período, tendo resultados parecidos com Tariq et al.(2020) que observou nas maçãs, medindo durante 10 dias após a florada até o amadurecimento que o fruto continua recebendo e redistribuindo nutrientes ao longo do desenvolvimento o que implica dizer que uma vez que os frutos estão formados, o padrão nutricional poderá ser alterado, ocorrendo uma variação na absorção de nutrientes.

Para micronutrientes, a evidência é mais de particionamento do que de teor absoluto na maçã: cultivares modernos direcionam mais Zn e Cu para maçãs em desenvolvimento, enquanto Fe e Mn ficam mais retidos nas folhas (Pabuyan et al. 2021). Analisando os teores de micronutrientes nas maçãs (gráfico 11), pode-se verificar nos 63 DAE se tem um teor maior de Zn e Cu, mostrando que foram mais direcionados para as maçãs em desenvolvimento.

Depois que a maçã do algodoeiro começa a se formar, há sim aumento de nutrientes, sobretudo no acúmulo total e em tecidos específicos como casca, semente e fibra, mas o teor/concentração pode subir, cair ou ser redistribuído conforme o nutriente e a fase do fruto.

Gráfico 10: Teores de macronutrientes nas maçãs (g/kg)

Fonte: Autor 2026

Gráfico 11: Teores de micronutrientes nas maçãs (mg/kg)

Fonte: Autor 2026

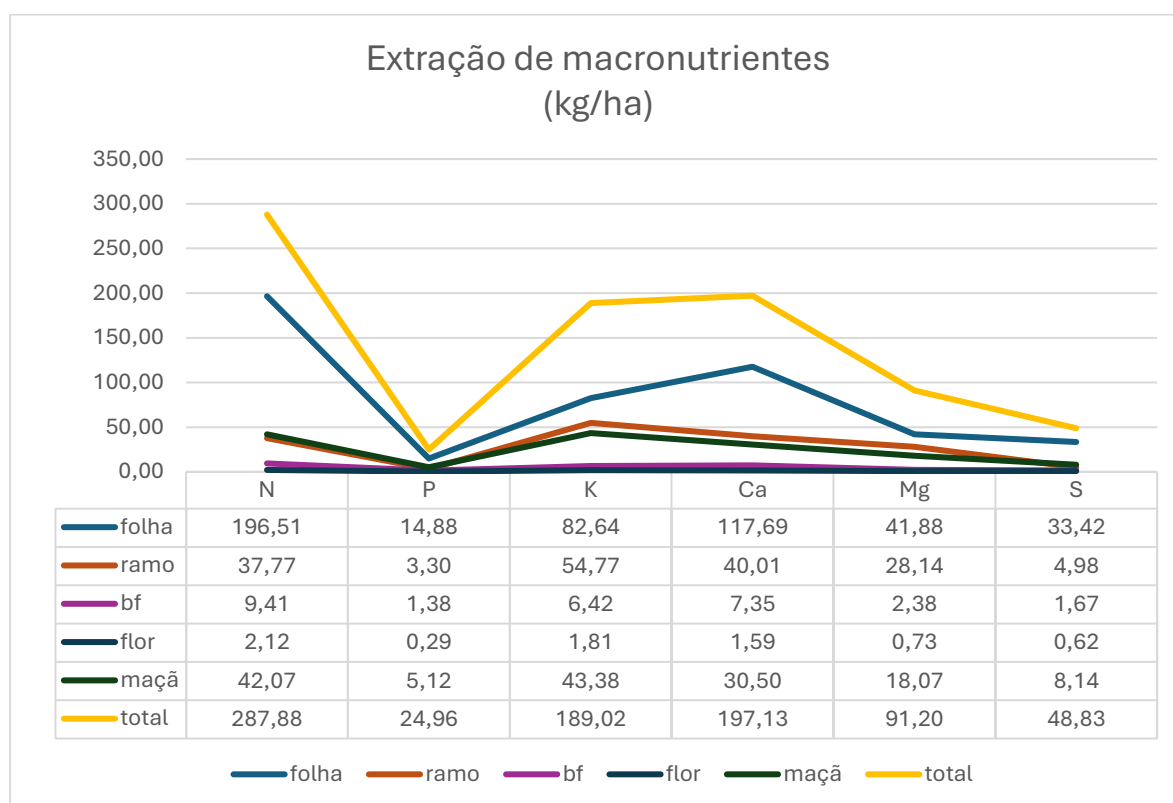
5.2 Acúmulo total de nutrientes pela variedade FM 911 GLTP

Os valores referentes ao acúmulo de macronutrientes pela variedade de algodão FM 911 estão contidos no gráfico 14, podendo-se verificar que a extração total de N, P, K, Ca, Mg e S foi respectivamente de 287,88; 24,96; 189,02; 197,13; 91,20 e 48,83 kg ha⁻¹, sendo importante destacar os valores absorvidos de Ca, numa faixa de quase 200 kg ha⁻¹, o que implica na necessidade de avaliar as quantidades aplicadas de calcário e até mesmo gesso como fornecedores desse nutriente mas sempre levando em consideração a análise de solo, saturação por base, teor de CA, Mg, Al e a necessidade de correção em profundidade.

Essa ordem de extração diverge de Yibati et al. (2022) que em quantidade total, nitrogênio e potássio são os nutrientes mais acumulados, enquanto o fósforo fica bem abaixo; a média de absorção total foi 132,4 kg ha⁻¹ de N, 28,8 de P e 142,3 de K

Outro aspecto importante é a partição de nutrientes na planta, com destaque para o K e Mg que tem uma participação muito importante na absorção total, principalmente no processo de formação das maçãs (mais de 25% do nutriente está presente nas maçãs).

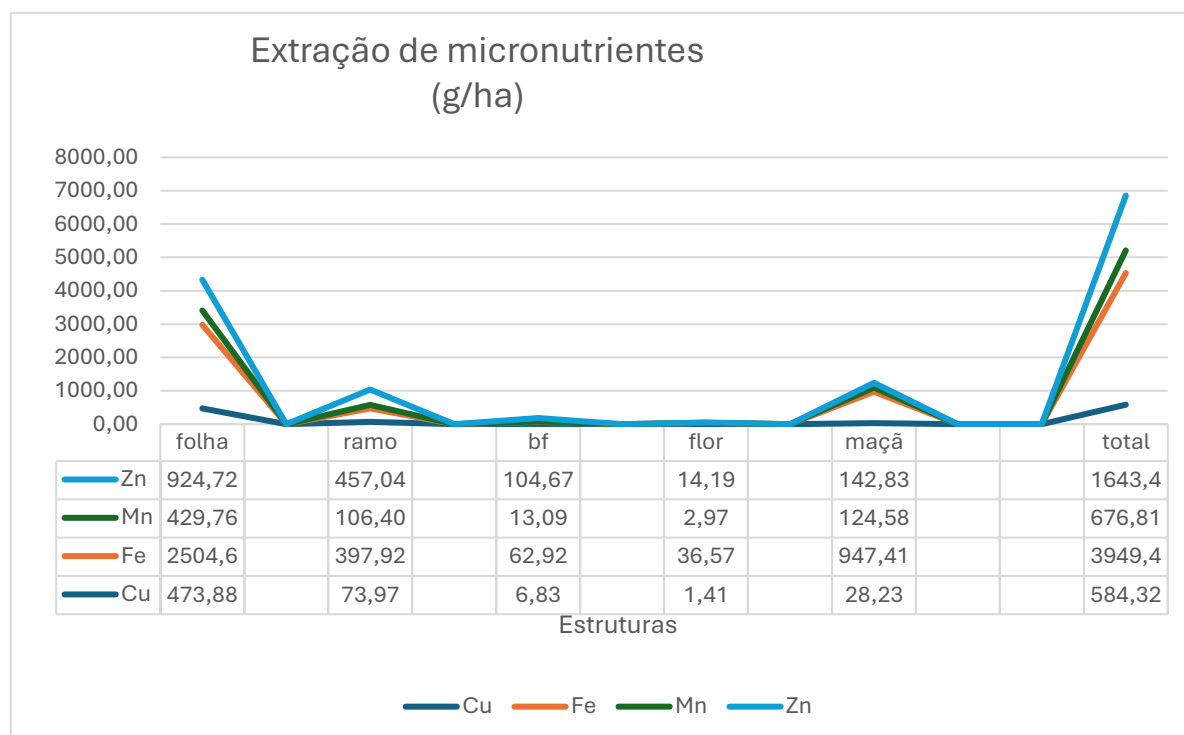
Gráfico 12: Extração de macronutrientes pela variedade FM 911 GLTP (kg ha⁻¹)



Fonte: Autor 2026

Os dados obtidos para a extração de micronutrientes (gráfico 13) demonstram que o Ferro (Fe) foi o elemento mais exigido pela cultura do algodoeiro, porque é tão exigido pela planta de algodão porque está no centro do metabolismo energético, da proteção redox e da formação de fibras e maçãs. A necessidade prática fica ainda maior porque o Fe frequentemente está pouco disponível no solo, então o algodoeiro precisa captar, redistribuir e manter esse micronutriente com muita eficiência ao longo de todo o ciclo (Tripathi et al. 2018). Atingindo um acúmulo total de 3949 g/ha, seguido em ordem decrescente pelo Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cobre (Cu). Ao analisar a partição entre as estruturas vegetativas e reprodutivas, constata-se que a folha atuou como o principal dreno desses elementos, concentrando a maior fração do total extraído, com destaque para o Fe 2504 g/ha e o Zn 924 g/ha. Por outro lado, entre os componentes reprodutivos, a estrutura denominada maçã apresentou uma exportação expressiva de nutrientes, superando os valores observados nos botões florais (bf) e nas flores, o que evidencia o redirecionamento e a alta demanda energética e nutricional durante a fase de enchimento e desenvolvimento dos frutos.

Gráfico 13: Extração de micronutrientes pela variedade FM 911 GLTP (g/ha)



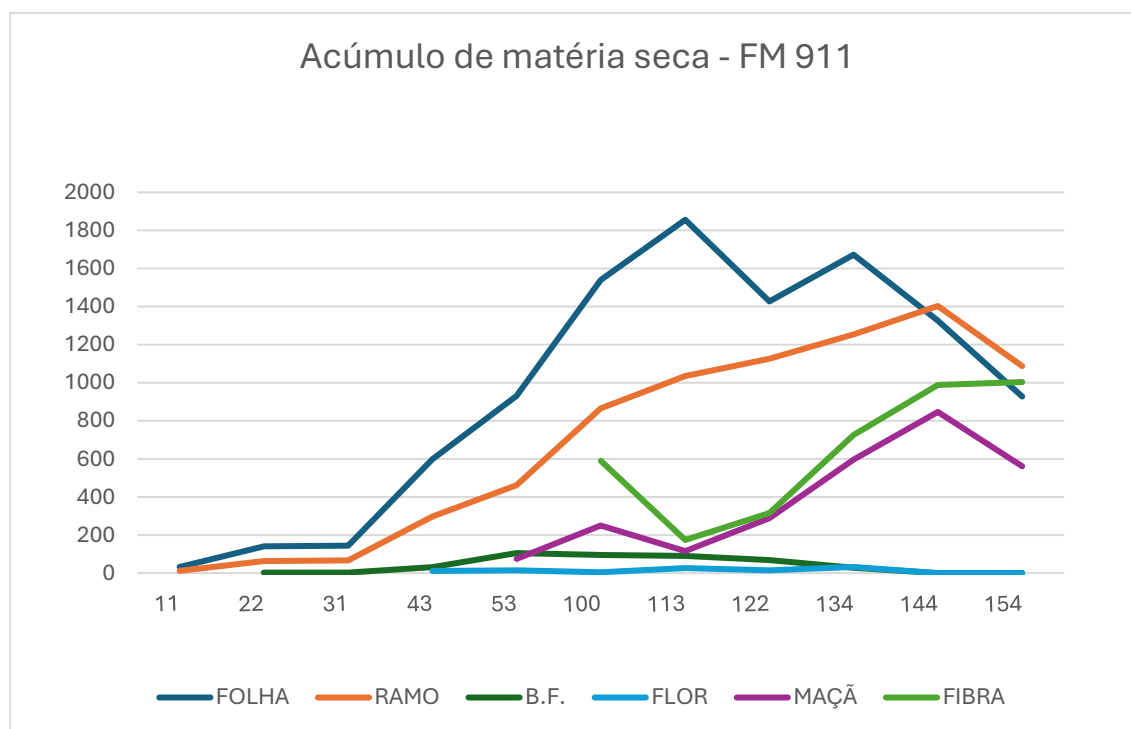
Fonte: Autor 2026

5.3 Acúmulo de Matéria Seca

O acúmulo de matéria seca para a variedade FM 911 está contido no gráfico 16, podendo-se verificar que as folhas representam o maior acúmulo de matéria seca registrado, atingindo acima de 1800 kg/há de matéria seca aos 113 dias após a emergência e reduzindo após essa fase, o que indica o período de senescência que se inicia. Por outro lado, o crescimento dos ramos atinge o seu pico de acúmulo de matéria seca aos 144 dias após a emergência, o que pode ter ocorrido pelo intenso crescimento vegetativo por altas temperaturas e período intenso de chuvas. Já as estruturas reprodutivas que incluíam botões, flores, frutos e fibra, alcançaram valores máximos acumulados de 3848 kg/ha também aos 80 DAE.

Os dados que representam os valores de massa de matéria seca por hectare, divergem dos resultados apresentados por Santos (2005), este fato pode estar relacionado aos fatores temporais, climáticos e fitotécnicos, os quais são diferentes dos apresentados pelo autor.

Gráfico 14: Acúmulo de matéria seca das estruturas da planta pela variedade FM 911 GLTP (kg ha⁻¹)



Fonte: Autor 2026

5.4 Produtividade

Podemos observar na tabela 1, que a produtividade da cultivar FM 911 GLTP foi de 185,86 arrobas por hectare, valor inferior ao observado para as cultivares. Entretanto, a FM 911 destacou-se pela precocidade, vigor vegetativo e elevada capacidade de absorção de nutrientes ao longo do ciclo. Cultivares precoces podem perder rendimento quando o encurtamento do ciclo reduz o tempo útil para formar e encher maçãs, especialmente sob calor elevado ou semeadura tardia (El -ashmouny, 2026). A baixa produtividade pode estar relacionada às condições ambientais durante o experimento, como altas temperaturas, elevada precipitação (figura 01), fatores que podem ter reduzido o número de estruturas reprodutivas e afetado o rendimento final da cultura.

6 Conclusão

A cultivar FM 911 GLTP apresentou elevada precocidade e expressiva capacidade de acúmulo de matéria seca e nutrientes ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

O acúmulo de matéria seca foi maior nas estruturas reprodutivas, demonstrando a forte demanda por fotoassimilados durante a fase de enchimento e maturação dos frutos. A fase de maior exigência nutricional ocorreu entre 70 e 90 dias após a emergência, período que coincidiu com o florescimento e a formação das maçãs, caracterizando-se como o momento mais crítico para o suprimento adequado de nutrientes.

Entre os macronutrientes, o N foi o elemento mais absorvido pela cultura, seguido por Ca, K, Mg, S e P. Entre os micronutrientes, a ordem de extração observada foi $Zn > Fe > Mn > Cu$, destacando a relevância desses elementos para o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

7 Referências

AHMED, Niaz et al. Papel dos macronutrientes na produção de algodão. In: Produção e usos do algodão: Agronomia, proteção de cultivos e tecnologias pós-colheita. Singapura: Springer Singapore, 2020. p. 81-104.

ANGHINONI, Guilherme et al. Melhoria da qualidade física do solo e da produtividade do algodão por meio da diversificação das práticas agrícolas no centro do Brasil. **Land Degradation & Development** , v. 30, n. 7, p. 788-798, 2019.

ARINAITWE, Unius et al. Advances in Boron, Iron, Manganese, and Zinc Signaling, Transport, and Functional Integration for Enhancing Cotton Nutrient Efficiency and Yield—A Review. **International Journal of Plant Biology**, v. 17, n. 1, p. 7, 2026.

ARUNA, B. *et al.* Padrão de absorção de nutrientes e rendimento do algodão Bt influenciados por diferentes práticas de manejo de nutrientes em um vertissolo. **Revista Internacional de Estudos Químicos**, v. 8, n. 1, p. 2854-2858, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1aq.8702>.

BATAGLIA, O. C. *et al.* **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BURMESTER, C. **Absorção de Nutrientes do Algodão em Vários Estágios Fisiológicos**. Memphis: Cotton Incorporated, 2014.

CANAL CLIMA DA UNESP ILHA SOLTEIRA. **Portal CLIMA da UNESP Ilha Solteira**: dados agrometeorológicos em tempo real e para pesquisa. Ilha Solteira: UNESP, 2025. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/>.

CHEN, Dandan et al. Efeitos do nível de nitrogênio no crescimento, absorção de nutrientes e eficiência do uso de nitrogênio em mudas de algodão. **Functional Plant Biology** , v. 52, n. 9, p. FP25145, 2025.

CONATY, Warren C.; CONSTABLE, Greg A. Fatores responsáveis pela melhoria do rendimento em novas cultivares de algodão *Gossypium hirsutum* L. **Field Crops Research** , v. 250, p. 107780, 2020.

DE SIQUEIRA, Daniel AB et al. Estimativa da produtividade do algodão no Cerrado brasileiro utilizando modelos de regressão linear a partir de séries temporais do índice de vegetação MODIS. **AgriEngineering** , v. 6, n. 2, p. 947-961, 2024.

ECHER, Fábio R. et al. Componentes do algodão de alto rendimento cultivado em condições de sequeiro no Cerrado brasileiro. **Agronomia**, v. 14, n. 12, p. 2920, 2024.

FUENTES-LARA, Laura Olivia et al. Do enxofre elementar ao sulfeto de hidrogênio em solos agrícolas e plantas. **Molecules** , v. 24, n. 12, p. 2282, 2019.

HE, Lirong et al. Efeito do modo de plantio composto na distribuição de nutrientes no algodão. **Plants** , v. 14, n. 7, p. 1051, 2025.

HU, Tianran et al. Efeitos do regulador de crescimento e da densidade de plantio na produtividade do algodão e no acúmulo de N, P e K em algodão semeado diretamente. **Agronomy** , v. 13, n. 2, p. 501, 2023.

LIU, SM et al. A interação entre melhoramento genético e manejo da cultura no aumento da produtividade do algodão. **Field Crops Research** , v. 148, p. 49-60, 2013.

LIU, X. *et al.* Respostas específicas de cultivares à fertirrigação com nitrogênio reduzido e atrasado otimizam o desenvolvimento do dossel do algodão e melhoram a formação do rendimento. **Culturas e Produtos Industriais**, v. 225, 2025.

MAHBOOB, Wajid et al. Cinética de absorção de nitrogênio em relação à morfologia da raiz do algodoeiro submetida a diferentes fontes de nitrogênio. **Journal of Plant Nutrition** , v. 48, n. 18, p. 3219-3232, 2025.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

SILVA, VL. Manejo nutricional da cultura do algodão em solos do Cerrado do Mato Grosso. **SCIENTIFIC ELECTRONIC ARCHIVES Учредители: Scientific Electronic Archives** , v. 13, n. 9, p. 137, 2020.

PABUAYON, Irish Lorraine B.; LEWIS, Katie L.; RITCHIE, Glen L. Frações ocultas: um novo olhar sobre a partição de micronutrientes e sódio em cultivares modernas de algodão. **Crop Science** , v. 61, n. 5, p. 3623-3636, 2021.

PU, Yuanchun et al. Insights from model plants to improve cotton's use of nitrogen and phosphorus. **Journal of Cotton Research** , v. 8, n. 1, p. 16, 2025.

QIU, Yurong et al. Ligação direta da nutrição de N, P e K das plantas à produção de biomassa em sistemas de consórcio com algodão. **European Journal of Agronomy** , v. 151, p. 126960, 2023.

ROCHESTER, I. J.; CONSTABLE, G. A. Melhorias na absorção de nutrientes e na eficiência do uso de nutrientes em cultivares de algodão lançadas entre 1973 e 2006. **Field Crops Research**, v. 173, p. 14-21, 2015.

SALATINO, A.; SALATINO, M. L. F. Agricultura no cerrado: um gigante adormecido despertou. **Tecnologia e Processamento de Alimentos da MOJ**, v. 11, n. 1, p. 22-27, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2023.11.00288>. Acesso em: 7 jun. 2026.

DOS SANTOS, Aline et al. Sistemas de produção de algodão no Cerrado brasileiro: o impacto dos atributos do solo na produtividade em escala de campo. **European Journal of Agronomy** , v. 118, p. 126090, 2020.

SANTOS, Elcio Ferreira et al. Desvendando os efeitos homeostáticos da nutrição com fósforo e zinco por meio da fotoquímica foliar e do ajuste metabólico em plantas de algodão. **Scientific reports** , v. 11, n. 1, p. 13746, 2021.

SANTOS, Marcio Lustosa. Manejo da fitomassa de milho, doses e fontes de adubos nitrogenados no algodoeiro em sistema de semeadura direta. 2009.

SILVA, Daniel S. et al. Efeito da temperatura na produtividade da soja brasileira e respostas dos agricultores. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 21, n. 1, p. 2173370, 2023.

SINGH, Jagdeep et al. Explorando 65 anos de progresso na absorção, eficiência e partição de nutrientes do algodão nos EUA. **Field Crops Research** , v. 305, p. 109189, 2024.

SOUZA, A. B. *et al.* Métodos estatísticos e delineamentos experimentais na pesquisa agrônômica contemporânea. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 41, n. 2, p. 143-158, 2023.

SOUZA, Victória Santos et al. Diversidade de culturas de cobertura para agricultura sustentável: insights do bioma Cerrado. **Soil Use and Management**, v. 40, n. 1, p. e13014, 2024.

TARIQ, M., et al. "Descarte de Estruturas de Frutificação no Algodão: Fatores, Compensação e Prevenção." **Agroecossistemas Tropicais e Subtropicais**, 2017, <https://doi.org/10.56369/tsaes.2286> .

TARIQ, Muhammad et al. Ontogenia do algodão. In: **Produção e usos do algodão: agronomia, proteção de cultivos e tecnologias pós-colheita**. Singapura: Springer Singapore, 2020. p. 485-494.

TRIPATHI, Durgesh K. et al. Aquisição e homeostase de ferro em plantas superiores e seu provável papel na tolerância ao estresse abiótico. **Frontiers in Environmental Science**, v. 5, p. 86, 2018.

UNRUH, B. L. *et al.* Absorção de nitrogênio, fósforo e potássio pelo algodão Upland e Pima. **Revista de Agronomia**, v. 86, n. 5, p. 860-866, 1994.

YAMADA, Tsuioshi. O Cerrado brasileiro: uma história de sucesso da produção em solos ácidos. **Soil Science & Plant Nutrition** , v. 51, n. 5, p. 617-620, 2005.

ZANCANARO, L. Manejo da adubação do algodoeiro no Estado do Mato Grosso. In: **5º Congresso Brasileiro do Algodão, Salvador. Anais, Embrapa Algodão. CD-ROM.** 2005.