



Crescimento, matéria seca e componentes de produção do algodoeiro sob estratégias de parcelamento do fósforo

Aureliano de Albuquerque Ribeiro¹, Evandro Fabio da Silva², Célia Maria da Silva³,
Mayana Garcias da Silva⁴, Cira Belém Gonçalves Correia⁵

¹ Faculdade de Tecnologia Centec (Fatec Cariri), Docente, aureliano@centec.org.br

² Faculdade de Tecnologia Centec (Fatec Cariri), Discente, 202010102685.evandro@centec.org.br

³ Faculdade de Tecnologia Centec (Fatec Cariri), Discente, 202010102804.celia@centec.org.br

⁴ Faculdade de Tecnologia Centec (Fatec Cariri), Discente, 202010102686.mayana@centec.org.br

⁵ Faculdade de Tecnologia Centec (Fatec Cariri), Docente, cira.correia@centec.org.br

Recebido em: 07/01/2024

Aceito em: 26/03/2024

Resumo

O parcelamento do fósforo na semeadura pode aumentar a eficiência da adubação fosfatada em comparação à aplicação única. Diante disso, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes parcelamentos do fósforo no crescimento, matéria seca e componentes de produção do algodoeiro. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico Cariri (Fatec Cariri), situada no município de Juazeiro do Norte, Ceará. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação de diferentes parcelamentos do fósforo: T_1 = sem aplicação de fósforo; T_2 = aplicação de 100 % do fósforo na semeadura (maneira convencional); T_3 = aplicação de 50 % do fósforo na semeadura e 50 % aos 35 dias após a semeadura; T_4 = aplicação de 70 % do fósforo na semeadura e 30 % aos 35 dias após a semeadura; e T_5 = aplicação de 30 % do fósforo na semeadura e 70 % aos 35 dias após a semeadura. Avaliou-se altura de plantas, taxa de crescimento absoluto, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da raiz, matéria seca total e número de botões florais e maçãs. Os tratamentos aplicados influenciaram significativamente todas as variáveis analisadas. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que o parcelamento do fósforo na semeadura não melhorou o crescimento, matéria seca e os componentes de produção do algodoeiro em comparação à aplicação única.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. Fertilidade do solo. Superfosfato simples.

Introdução

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) está entre as mais importantes culturas de fibras do mundo. Todos os anos, uma média de 35 milhões de hectares de algodão é plantada em todo o planeta. O comércio mundial de algodão movimentava anualmente cerca de US\$ 12 bilhões e envolve mais de 350 milhões de pessoas em sua produção. A produção mundial de algodão é liderada pelo continente asiático, com a Índia em primeiro lugar e a China em segundo, seguidas pelos Estados Unidos em terceiro e o Brasil em quarto (ABRAPA, 2023). No Brasil, a produção da cultura está concentrada nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste (IBGE, 2023). Na safra de 2021/22, a área cultivada no país com algodão totalizou 1.600,5 mil hectares,

com produção de 6.273,5 mil toneladas (CONAB, 2023).

Desde a safra de 2015/16, o Ceará tem evoluído na produção de algodão, o que representa, para além dos aspectos de crescimento de volumes, uma característica de retomada da cultura do algodão. Essa evolução é resultado de ações de agricultores, empresas e órgãos governamentais, consolidadas e oficializadas a partir de 2017, com o lançamento do Programa de Modernização da Cultura do Algodão, criado com o objetivo de reerguer a cotonicultura cearense (EMBRAPA, 2017).

Para que a cultura do algodoeiro alcance adequado estabelecimento no campo, a principal técnica de manejo necessária é a adubação com

macro e micronutrientes (AGUILAR et al., 2021). Dentre os nutrientes mais importantes para a cultura, destaca-se o fósforo (P), macronutriente essencial para a formação e desenvolvimento das raízes, flores e frutos (LAMBERS, 2022; KONÉ et al., 2022). Contudo, embora o teor natural de fósforo total nos solos possa atingir valores tão altos quanto 1.800 mg kg⁻¹ em solos tropicais (PAVINATO et al., 2021), apenas uma quantidade muito pequena desse P está prontamente disponível para as plantas, devido à forte adsorção de fósforo por minerais de argila 1:1 (por exemplo, caulinita), óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) (FINK et al., 2016). Nesses solos, a única forma de atender a demanda da cultura é com a adição de fertilizantes fosfatados (MUMBACH et al., 2021).

De todo o fósforo aplicado ao solo via adubação, a planta só aproveita de 15 a 25 %, sendo o restante fixado às partículas minerais do solo, principalmente em solos ácidos (AQUINO et al., 2014). Nas cultivares modernas de algodoeiro, a absorção de fósforo precisa aumentar até 83 kg ha⁻¹ para que seu potencial máximo de rendimento (5000 kg fibra ha⁻¹) seja atingido (CONSTABLE; BANGE, 2015). Desse modo, o uso de estratégias para melhorar a eficiência da adubação fosfatada é essencial para aumentar a eficiência do uso do P, assim evitando sua deficiência (AQUINO et al., 2021).

Uma forma de aumentar a eficiência do fósforo aplicado, particularmente nos solos com maior poder de fixação desse nutriente, é o parcelamento de sua dose (AQUINO et al., 2014; MAROUELLI et al., 2015). Assim, a hipótese testada nesta pesquisa é que o parcelamento do fósforo na sementeira aumenta a eficiência da adubação fosfatada em comparação à aplicação única, melhorando o crescimento, matéria seca e componentes de produção da cultura. Nesse contexto, buscou-se avaliar o efeito de diferentes parcelamentos do fósforo sobre esses fatores, visando a maior eficiência da adubação fosfatada, em comparação com a aplicação única, em sementeira.

Material e métodos

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no período de abril a julho de 2023, em casa de vegetação da Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (Fatec Cariri), situada em Juazeiro do Norte, Ceará, com as coordenadas geográficas 07 °12'47" S, 39 °18'55" W. O município está localizado a 377 m de altitude, possui clima entre Tropical Semiárido à Tropical Semiárido Brando, com temperatura média de 24 a 26 °C, tendo o período chuvoso de janeiro a maio. A média pluviométrica anual é de 925 mm. O primeiro trimestre do ano é considerado o mais chuvoso (LIMA; RIBEIRO, 2012).

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram compostos a partir da combinação de diferentes parcelamentos do fósforo: T₁ = sem aplicação de fósforo; T₂ = aplicação de 100 % do fósforo na sementeira (maneira convencional); T₃ = aplicação de 50 % do fósforo na sementeira e 50 % aos 35 dias após a sementeira; T₄ = aplicação de 70 % do fósforo na sementeira e 30 % aos 35 dias após a sementeira; e T₅ = aplicação de 30 % do fósforo na sementeira e 70 % aos 35 dias após a sementeira. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico de 8 L contendo uma planta e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

A dose de fósforo recomendada para a cultura correspondeu a 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, conforme o Manual de Recomendação da Adubação e Calagem do Estado do Ceará (UFC, 1993). A fonte de P utilizada na sementeira e em cobertura foi o superfosfato simples granulado, com 20 % de P₂O₅, contendo 16 % de cálcio (Ca) e de 10 % a 12 % de enxofre (S).

Caracterização do solo utilizado

O solo utilizado nesta pesquisa foi coletado em área experimental da Fatec Cariri, na profundidade de zero a 20 cm, sendo peneirado e posteriormente utilizado para preencher os vasos. Uma camada de 2 cm de brita foi colocada na extremidade inferior de cada vaso. A caracterização química e física do solo utilizado encontra-se na Tabela 1.

Cultura utilizada

A cultura utilizada foi o algodão cultivar BRS 433FL B2RF. As sementes foram adquiridas no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Algodão, localizada em Barbalha, Ceará.

Desenvolvimento do experimento

A semeadura foi realizada colocando quatro sementes por vaso, a 2 cm de profundidade. O desbaste foi realizado 12 dias após a semeadura, deixando uma planta por vaso.

As adubações nitrogenadas (120 kg ha^{-1} de N) e potássica (50 kg ha^{-1} de K_2O) foram parceladas, sendo aplicado 25 % no desbaste e o restante em duas parcelas iguais aos 15 e 30 dias após o desbaste. A adubação fosfatada foi feita de acordo com os tratamentos estabelecidos. As fontes de nitrogênio e potássio utilizadas foram

ureia (45 % de N) e cloreto de potássio (60 % de K_2O), respectivamente.

A irrigação foi feita diariamente de forma manual, sendo realizada de maneira lenta até se observar a drenagem da água no vaso, atingindo assim a capacidade de campo em todos os vasos.

Análises realizadas

A contagem do número de botões florais foi realizada 50 dias após a semeadura (DAS). Aos 70 DAS, as plantas foram coletadas para realização das amostragens destrutivas. Foram realizadas medidas da altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas e número de maçãs. A mensuração da altura da planta foi determinada a partir de uma régua graduada expressa em centímetros, e o diâmetro do caule com o auxílio de um paquímetro digital. Para a obtenção do número de folhas, foram consideradas apenas as folhas que se encontravam fotossinteticamente ativas.

A partir dos dados de altura das plantas, obteve-se a taxa de crescimento absoluto (TCA), mediante utilização dos dados que foram coletados e aplicados na Equação 1, proposta por Benincasa (2003):

$$TCA = \frac{AP_2 - AP_1}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

Tabela 1. Caracterização química e física do solo utilizado no experimento. Juazeiro do Norte (CE), 2024.

Características químicas													
CEes	pH	C	MO	P	V	Ca	Mg	K	Na	SB	T	H+Al	
dS m ⁻¹	-----	--- g kg ⁻¹	--- mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	%	-----	-----	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	
0,16	7,2	2,3	3,9	4,0	80	2,48	0,49	0,2	0,02	3,17	3,97	0,80	
Características físicas													
Ds	Dp	PT	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe textural					
--- kg dm ⁻³	---	%	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
1,4	2,8	48	850,60	499,20	351,40	8,65	140,7	Areia Franca					

CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação; pH – potencial hidrogeniônico; C – carbono; MO – matéria orgânica; P – fósforo; V – saturação por bases; Ca – cálcio; Mg – magnésio; K – potássio; Na – sódio; SB – soma de bases trocáveis; T – capacidade de troca catiônica; H+Al – hidrogênio + alumínio; Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; P_T – porosidade total.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em que:

- TCA – taxa de crescimento absoluto em relação à altura (cm dia⁻¹);
- AP₂ e AP₁ – variação de crescimento da planta em altura entre duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2 (dias); e
- T₁ e T₂ – intervalo de tempo entre as avaliações, em dias, sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação.

As diferentes partes das plantas (raízes, caule, folhas, flores, botões florais e maçãs) foram separadas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, mantendo-se a temperatura na faixa de 65 a 70 °C. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança analítica, permitindo a obtenção da matéria seca das raízes (MSR) e da matéria seca total (MST).

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anova). Quando significativas pelo teste F, as aplicações parceladas de fósforo foram comparadas às respectivas doses aplicadas apenas na semeadura e à dose zero, pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR®, versão 5.3 (FERREIRA, 2011) e a geração dos gráficos por meio do MS Excel.

Resultados e discussão

Os tratamentos aplicados influenciaram de maneira significativa a altura das plantas ($p < 0,01$), a taxa de crescimento absoluto ($p < 0,01$), o diâmetro do caule ($p < 0,01$), o número de folhas ($p < 0,01$), a MSR ($p < 0,01$), a MST ($p < 0,01$) e o número de botões florais ($p < 0,01$) e de maçãs ($p < 0,01$) do algodoeiro (Tabela 2).

Crescimento

As plantas cultivadas no solo sem adubação fosfatada (T₁) obtiveram valores médios de altura, taxa de crescimento absoluto, diâmetro do caule e número de folhas iguais a 46,25 cm, 0,59 cm dia⁻¹, 6,50 mm e 16,25 respectivamente. Esses valores foram inferiores em 47 %, 54 %, 40 % e 67 %, respectivamente, aos obtidos quando se aplicou o fósforo de modo convencional, ou seja, todo de uma vez no momento da semeadura (T₂) (Tabela 3), mostrando que o solo utilizado neste estudo possuía baixo teor de fósforo (Tabela 1). O algodoeiro é considerado sensível à deficiência de fósforo de solo (TEWOLDE et al., 2018; AWALE; HORNBUCKLE; QUAYLE, 2022), logo a falta deste nutriente no solo afeta negativamente o crescimento da cultura (SUN et al., 2023; SADIQ et al., 2023; KHALEEQ; FARYAD; QARLUQ,

Tabela 2. Resumo da análise da variância para as variáveis analisadas de plantas de algodoeiro em resposta a diferentes parcelamentos do fósforo. Juazeiro do Norte (CE), 2024.

FV	Quadrado médio								
	GL	AP	TCA	DC	NF	MSR	MST	NBF	NM
Tratamentos	4	2176,5**	0,57**	21,5**	830,8**	102,2**	6309,3**	97,4**	126,6**
Resíduo	15	176,2	0,051	0,58	24,16	11,51	222,6	5,16	6,90
Total	19	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		15,3	18,08	7,24	11,73	33,48	18,47	23,19	24,55

AP – altura de plantas; TCA – taxa de crescimento absoluto; DC – diâmetro do caule; NF – número de folhas; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; NBF – número de botões florais; NM – número de maçãs (NM); FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; **, * – significativo a 1 % e 5 %, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

2023), devido à diminuição de divisões celulares (JIANG et al., 2019).

A altura das plantas, a taxa de crescimento absoluto, o diâmetro do caule e o número de folhas obtidos nos diferentes parcelamentos do fósforo testados (T_3 , T_4 e T_5) não diferiram estatisticamente dos valores médios encontrados quando se aplicou o fósforo de maneira única na sementeira (T_2) (Tabela 3). De modo similar, Aquino et al. (2011) e Pereira et al. (2020), em experimentos de campo no norte de Minas Gerais e no Cerrado Piauiense, respectivamente, também observaram ausência do efeito das aplicações parceladas de fósforo nos parâmetros de crescimento do algodoeiro.

Matéria seca

A MSR e a MST obtidas nos diferentes parcelamentos do fósforo testados (T_3 , T_4 e T_5) não diferiram estatisticamente dos valores médios encontrados quando se aplicou o fósforo de maneira única na sementeira (T_2) (Tabela 4). Do mesmo modo, Aquino et al. (2014) constataram que a matéria seca das folhas, caules e estruturas reprodutivas do algodoeiro não foram influenciados pelas formas

de aplicação do fósforo. Enquanto isso, em um experimento desenvolvido durante dois anos com a mesma cultura, mas em condições de campo, em um solo franco-argiloso e em região árida no Paquistão, Din et al. (2014) observaram que a aplicação do fósforo de maneira parcelada foi mais adequada, causando aumento significativo na produção de matéria seca.

O parcelamento das doses de fósforo pode resultar em respostas divergentes nas plantas de algodoeiro conforme as condições do solo (PEREIRA et al., 2020) e de clima. Foram observados valores médios de MSR e MST iguais a 1,19 e 10,25 g, respectivamente, nas plantas cultivadas no solo sem adubação fosfatada (T_1). Esses valores foram 89,4 % e 88,8 % inferiores aos obtidos quando se aplicou o fósforo todo de uma vez no momento da sementeira (T_2) (Tabela 4). Essa é uma consequência do baixo teor de fósforo no solo do experimento (Tabela 1). A deficiência de fósforo no solo pode afetar o acúmulo de matéria seca pela planta (AQUINO et al., 2012; SANTOS et al., 2018). Singh et al. (2013), Li et al. (2019) e Sadiq et al. (2023) observaram que a deficiência de fósforo no solo diminuiu o crescimento e matéria seca do algodoeiro.

Tabela 3. Variações no crescimento do algodoeiro cultivado sob diferentes parcelamentos do fósforo. Juazeiro do Norte (CE), 2024.

Tratamentos	AP	TCA	DC	NF
T_1	46,25 b	0,59 b	6,50 b	16,25 b
T_2	87,75 a	1,27 a	10,75 a	48,75 a
T_3	99,75 a	1,45 a	12,00 a	48,50 a
T_4	97,25 a	1,42 a	12,00 a	50,00 a
T_5	102,75 a	1,51 a	11,50 a	46,00 a
Média	86,75	1,25	10,55	41,40
DMS _{5%}	28,99	0,49	1,66	10,73

AP – altura de plantas; TCA – taxa de crescimento absoluto; DC – diâmetro do caule; NF – número de folhas; T_1 – sem aplicação de fósforo; T_2 – aplicação de 100 % do fósforo na sementeira (maneira convencional); T_3 – aplicação de 50 % do fósforo na sementeira e 50 % aos 35 dias após a sementeira; T_4 – aplicação de 70 % do fósforo na sementeira e 30 % aos 35 dias após a sementeira; e T_5 – aplicação de 30 % do fósforo na sementeira e 70 % aos 35 dias após a sementeira.

Dados seguidos por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5 % de significância.

Fonte: Elaborada pelos autores

Componentes de produção

A aplicação parcelada do fósforo (T_3 , T_4 e T_5) não influenciou de maneira significativa o número de botões florais e de maçãs, que alcançaram valores médios estatisticamente iguais aos obtidos na aplicação única na semeadura (T_2) (Tabela 5). Em um solo com disponibilidade de fósforo classificada como média no norte de Minas Gerais, Aquino et al. (2011) e Aquino et al. (2012) também observaram que o parcelamento da adubação fosfatada não aumentou o número de estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs), em comparação à aplicação total na semeadura.

As plantas cultivadas no solo sem adubação fosfatada (T_1) acumularam valores médios de número de botões florais e de maçãs iguais a 1,50 e um, respectivamente. Esses valores foram 84 e 91 % inferiores aos obtidos quando se aplicou o fósforo de modo convencional, ou seja, todo de uma vez no momento da semeadura (Tabela 5).

Tabela 4. MSR e MST do algodoeiro cultivado sob diferentes parcelamentos do fósforo. Juazeiro do Norte (CE), 2024.

Tratamentos	MSR	MST
T_1	1,19 b	10,25 b
T_2	11,24 a	91,75 a
T_3	12,12 a	103,75 a
T_4	13,10 a	101,75 a
T_5	13,01 a	96,50 a
Média	10,13	80,80
DMS _{5%}	7,41	32,59

T_1 – sem aplicação de fósforo; T_2 – aplicação de 100 % do fósforo na semeadura (maneira convencional); T_3 – aplicação de 50 % do fósforo na semeadura e 50 % aos 35 dias após a semeadura; T_4 – aplicação de 70 % do fósforo na semeadura e 30 % aos 35 dias após a semeadura; e T_5 – aplicação de 30 % do fósforo na semeadura e 70 % aos 35 dias após a semeadura.

Dados seguidos por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5 % de significância.

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 5. Número de botões florais (NBF) e de maçãs (NM) do algodoeiro cultivado sob diferentes parcelamentos do fósforo. Juazeiro do Norte (CE), 2024.

Tratamentos	NBF	NM
T_1	1,50 b	1,00 b
T_2	9,50 a	11,00 a
T_3	14,25 a	15,25 a
T_4	11,75 a	13,00 a
T_5	12,00 a	13,25 a
Média	9,80	10,70
DMS _{5%}	4,96	5,73

T_1 – sem aplicação de fósforo; T_2 – aplicação de 100 % do fósforo na semeadura (maneira convencional); T_3 – aplicação de 50 % do fósforo na semeadura e 50 % aos 35 dias após a semeadura; T_4 – aplicação de 70 % do fósforo na semeadura e 30 % aos 35 dias após a semeadura; e T_5 – aplicação de 30 % do fósforo na semeadura e 70 % aos 35 dias após a semeadura.

Dados seguidos por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5 % de significância.

Fonte: Elaborada pelos autores

Tal resultado está associado ao baixo teor desse nutriente no solo deste estudo (Tabela 1). A deficiência de fósforo no solo pode ocasionar queda de botões florais e baixa na retenção das maçãs no algodoeiro (CARVALHO et al., 2008).

Conclusões

O parcelamento do fósforo na semeadura não melhorou o crescimento, matéria seca e os componentes de produção do algodoeiro em comparação à aplicação única.

Agradecimentos

Agradece-se à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento e Tecnológico (Funcap) pela concessão da bolsa de iniciação científica ao segundo, terceiro e quarto autores deste manuscrito.

Referências

- ABRAPA. Associação Brasileira de Produtores de Algodão. **Algodão no mundo**. 2023. Disponível em: <https://abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx>. Acesso em: 01 dez. 2023.
- AGUILAR, J. V.; MARCOS, A. M.; SANCHES, C. V.; YOSHIDA, C. H. P.; CAMARGOS, L. S.; FURLANI-JÚNIOR, E. Application of 2,4-D hormetic dose associated with the supply of nitrogen and nickel on cotton plants. **Journal of Environmental Science and Health. Part b: pesticides, food contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 56, n. 9, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601234.2021.1966280>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- AQUINO, L. A. de; BERGER, P. O.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C.; AQUINO, R. F. B. A. de. Parcelamento de fósforo em algodoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/13152/10378>. Acesso em: 17 dez. 2023.
- AQUINO, L. A.; BERGER, P.G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C.L.; LIMA, T. C.; BATISTA, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 463-470, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Phf9rtYsvvkB3Sn6VtXXZQ/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 16 dez. 2023.
- AQUINO, L.A.; BERGER, P.G.; NEVES, J.C.L.; AQUINO, R.F.B.A. Acúmulo e exportação de nutrientes pelo algodoeiro com a aplicação parcelada de fósforo. **Bioscience Journal**, v. 30, Suplemento 1, p. 12-21, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13949/14473>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- AQUINO, R. F. B. A.; CAVALCANTE, A. G.; CLEMENTE, J. F.; MACEDO, W. R.; NOVAIS, R. F.; AQUINO, L. A. Split fertilization of phosphate in onion as strategy to improve the phosphorus use efficiency. **Scientia Horticulturae**, v. 290, n. 15, p. 110494, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821006014>. Acesso em: 17 dez. 2023.
- AWALE, R.; HORNBUCKLE, J. W.; QUAYLE, W. C. Using poultry litter for cotton phosphorus nutrition in Australia. **Agronomy Journal**, v. 115, n. 2, p. 909-931, 2022. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agj2.21199>. Acesso em: 21 nov. 2023.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Unesp, 2003. 41p.
- CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, R. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. da C. Nutrição, calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Eds.). **O Agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. v. 2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 677-790.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 28 dez. 2023.
- CONSTABLE, G. A.; BANGE, M. P. The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), **Field Crops Research**, v. 182, p. 98-106, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429015300204>. Acesso em: 26 dez. 2023.
- DIN, S.; AHMAD, F.; AKHTAR, M. N.; MANAN, M. Phosphorus application strategies to improve cotton productivity under arid climatic

conditions. **The Pakistan Cotton**, v. 56, n. 1-4, p. 14-23, 2014. Disponível em: <https://ccri.gov.pk/publications/phorphorus%20application.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2023.

EMBRAPA. **Programa busca retomada da produção de algodão no Ceará**, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30248953/programa-busca-retomada-da-producao-de-algodao-no-ceara>. Acesso em: 25 dez. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh>. Acesso em: 01 dez. 2023.

FINK, J. R.; INDA, A.V.; TIECHER, T.; BARRÓN, V. Iron oxides and organic matter on soil phosphorus availability, **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 369-379, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/LSkxx83fPT5pLnf6MmK9vnn/?lang=en>. Acesso em: 17 nov. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 28 dez. 2023.

JIANG, M.; CALDARARU, S.; ZAEHLE, S.; ELLSWORTH, D.S.; MEDLYN BE. Towards a more physiological representation of vegetation phosphorus processes in land surface models. **New Phytologist**, v. 222, n. 3, p. 1223-1229, 2019. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.15688>. Acesso em: 21 dez. 2023.

KHALEEQ, K.; FARYAD, A. H.; QARLUQ, A. G. Response of cotton varieties to phosphorus fertilizer on growth, yield and economic efficiency

in northeast of Afghanistan, **Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology**, v. 2, n. 6, p. 32-36, 2023. Disponível em: <https://jrasb.com/index.php/jrasb/article/view/361/298>. Acesso em: 20 dez. 2023.

KONÉ, I.; KOUADIO, K.; KOUADIO, E. N.; AGYARE, W. A.; AMPONSAH, W.; GAISER, T. Assessment of soil fertility status in cotton-based cropping systems in cote d'Ivoire. **Frontiers in Soil Science**, v. 2, 959325, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsoil.2022.959325/full>. Acesso em: 27 nov. 2023.

LAMBERS, H. Phosphorus acquisition and utilization in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 20, n. 1, p. 17-42, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34910587/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

LI, J. H.; WANG, Y. Y.; LI, N.N.; ZHAO, R. H.; KHAN, A.; WANG, J.; LUO, H. H. Cotton leaf photosynthetic characteristics, biomass production, and their correlation analysis under different irrigation and phosphorus application, **Photosynthetica**, v. 57, n. 4, p. 1066 - 1075, 2019. Disponível em: <https://ps.ueb.cas.cz/pdfs/phs/2019/04/17.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2023.

LIMA, G. G.; RIBEIRO, S. C. Geomorfologia e paisagem do município de Juazeiro do Norte/CE: relações entre a natureza semiárida e os impactos antrópicos. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 520-530, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2104/1981>. Acesso em: 01 dez. 2023.

MAROUELLI, W. A.; GUIMARAES, T. G.; BRAGA, M. B.; SILVA, W. L.C. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015. Disponível em: <https://>

www.scielo.br/j/pab/a/LPmGWyWxtLnmnj7t3MYFHpH/?lang=pt. Acesso em: 10 dez. 2023.

MUMBACH, G. L.; GATIBONI, L. C.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; SCHMITT, D. E.; GRANDO, D. L.; JÚNIOR, A. A. S.; BRIGNOLI, F. M.; LOCHIMS, D. A. Refining phosphorus fertilizer recommendations based on buffering capacity of soils from southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 45, e0200113, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Q7HPp3hpFy8ncs6bmZbGJLs/>. Acesso em: 11 dez. 2023.

PAVINATO, P. S.; ROCHA, G. C.; CHERUBIN, M. R.; HARRIS, I.; JONES, D. L.; WITHERS, P. J. A. Map of total phosphorus content in native soils of Brazil. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 6, e20200077, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/F3Hnmskz9WjkZQPcHwDZm6d/>. Acesso em: 17 nov. 2023.

PEREIRA, F. F.; RATKE, R. F.; ZUFFO, A. M.; SOUSA, P. W.; ALMEIDA, F. A.; PETTER, F. A. Características agronômicas do algodão submetido a épocas e doses de aplicação de fósforo no Cerrado Piauiense, **Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 1, p. 11-21, 2020. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2020v29n1p11-21/pdf>. Acesso em: 24 dez. 2023.

SADIQ, G. A.; AZIZI, F.; KHALEEQ, K.; FARKHARI, Z.; AMINI, A. M. Effect of different seeding rates on growth and yield of Common Bean. **Journal of Environmental and Agricultural Studies**, v. 4, n. 3, p. 41-45, 2023. Disponível em: <https://www.al-kindipublisher.com/index.php/jeas/article/view/6252>. Acesso em: 22 dez. 2023.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. M. P.; ALBUQUERQUE, J. R. T.; LINS, H. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVEIRA, L. M.; SOARES, E. B.; SOUZA, A. R. E. Production performance of sesame cultivars under different

nitrogen rates in two crops in the Brazilian semiarid region. **Industrial Crops and Products**, v. 124, n. 15, p. 1-8, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018306150>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SINGH, S. K.; BADGUJAR, G. B.; REDDY, V. R.; FLEISHER, D. H.; TIMLIN, D. J. Effect of phosphorus nutrition on growth and physiology of cotton under ambient and elevated carbon dioxide. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 199, n. 6, p. 436-448, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jac.12033>. Acesso em: 23 dez. 2023.

SUN, M.; ZHENG, C.; FENG, W.; SHAO, J.; PANG, C.; LI, P.; DONG, H. Low soil available phosphorus level reduces cotton fiber length via osmoregulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 1254103, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2023.1254103/full>. Acesso em: 21 dez. 2023.

TEWOLDE, H.; SHANKLE, M. W.; WAY, T. R.; POTE, D. H.; SISTANI, K. R.; HE, Z. Poultry litter band placement affects accessibility and conservation of nutrients and cotton yield. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 2, p. 675-684, 2018. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2017.07.0387>. Acesso em: 20 dez. 2023.

UFC, Universidade Federal do Ceará. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247p.