



Crescimento, desenvolvimento e nutrição nitrogenada do algodoeiro colorido cv. BRS Topázio sob solo sustentavelmente construído

Magna Maria Macedo Nunes Costa¹, Fabio Aquino de Albuquerque², José Aderaldo Trajano dos Santos³

¹ Embrapa Algodão, Pesquisadora A. e-mail: magna.ferreira@embrapa.br

² Embrapa Algodão, Pesquisador A. e-mail: fabio.albuquerque@embrapa.br

³ Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Rural. e-mail: aderaldotrajano@hotmail.com

Recebido em: 28/03/2022

Aceito em: 25/10/2022

Resumo

Práticas agroecológicas como inoculação de sementes com bactérias diazotróficas e uso de biofertilizantes têm contribuído para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o efeito dos biofertilizantes e da bactéria *Azospirillum brasilense* sobre o crescimento, o desenvolvimento e a nutrição mineral do algodoeiro colorido cv. BRS Topázio. Para isso foi conduzido um experimento com os seguintes tratamentos: 1) testemunha; 2) inoculação das sementes de algodão com a bactéria fixadora de nitrogênio *A. brasilense* (N_{fixado}); 3) tratamento das sementes com biofertilizante (Bio) + aplicações posteriores; 4) (N_{fixado}) + aplicações posteriores de Bio; e 5) adubação mineral. Notou-se que: as práticas agroecológicas aumentam o crescimento das plantas; a relação raiz:parte aérea aumenta com práticas da agricultura convencional, como a adubação mineral, que também proporciona menor relação massa reprodutiva:massa vegetativa da parte aérea; as plantas adubadas com fontes minerais concentram mais nitrogênio (N), proteína bruta, magnésio (Mg) e enxofre (S) nos seus tecidos; as plantas advindas de sementes inoculadas com o *A. brasilense* acumularam mais S quando receberam aplicação de biofertilizante anaeróbico, em relação às que não receberam; e as práticas agroecológicas melhoram a fertilidade do solo.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Nitrogênio. Biofertilizantes. Bactérias diazotróficas. *Azospirillum*.

Introdução

BRS Topázio é uma cultivar de algodão colorido que possui fibra marrom claro, uniforme, resistente e macia, lançada pela Embrapa Algodão em 2005 devido à demanda das pequenas indústrias que trabalham com algodão colorido. Essa cultivar ainda apresenta a vantagem de possuir alto rendimento de fibra (43,5%, em média). Junto com as outras cultivares de algodão colorido já lançadas (BRS Marrom, BRS Verde, BRS Safira e BRS Rubi), a BRS Topázio vem favorecendo a criatividade das indústrias na confecção de novas coleções de roupas e artesanatos (VIDAL NETO *et al.*, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2012; TELES; FUCK, 2016).

Entre as práticas sustentáveis utilizadas na cultura do algodão está a utilização de biofertilizantes (CAVALCANTE *et al.*, 2019; MAHAPATRA *et al.*, 2022). De acordo com

Guazzelli *et al.* (2012), os biofertilizantes são adubos orgânicos líquidos que passam por um processo de fermentação. Eles podem ser feitos com qualquer tipo de matéria orgânica fresca e são usados em adubação de plantio e/ou de cobertura. Existem inúmeras formas de se fazer biofertilizantes; na maioria das vezes, utiliza-se água com esterco, mas também é possível empregar outros produtos, como sobras de vegetais ainda frescos.

Outro uso que se pode fazer dos biofertilizantes é no tratamento de sementes antes da semeadura (KHALEQUZZAMAN, 2015; KALITA *et al.*, 2019). Segundo Ferreira *et al.* (2007), os biofertilizantes podem fornecer às sementes, durante a germinação, nutrientes, fitorreguladores, aminoácidos e vitaminas. Segundo os autores, também são complexos que promovem o equilíbrio metabólico das plântulas,

favorecendo a expressão do seu potencial genético e estimulando o desenvolvimento de raízes.

Vários pesquisadores têm estudado o efeito de biofertilizantes sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de várias culturas. Dan *et al.* (2014), estudando o efeito da aplicação do bioestimulante Stimulate em sementes de milho, observaram melhoria na qualidade fisiológica destas, com consequente aumento no índice de germinação. Albrecht *et al.* (2014) observaram resultados positivos da aplicação de bioestimulante sobre a germinação, a emergência, o vigor e o comprimento de plântulas de ervilha. Rampim *et al.* (2012) encontraram que bioestimulantes melhoraram significativamente o desenvolvimento inicial de plântulas de trigo.

Outra prática que faz parte das agriculturas de base ecológica é a utilização de bactérias livres no solo ou associadas às raízes das plantas, que fazem a fixação do nitrogênio atmosférico (N_2), transformando-o em uma forma utilizável pelas plantas (aminoácidos). As mais utilizadas na agricultura são as dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que fazem simbiose com as raízes das leguminosas, suprindo-as com nitrogênio (N), não carecendo, portanto, de adubos nitrogenados (BARROS-CARVALHO *et al.*, 2019; ARACHCHIGE *et al.*, 2020).

Outros gêneros têm sido pesquisados para o suprimento de N das plantas cultivadas. As bactérias do gênero *Azospirillum* têm a capacidade de fixar N_2 quando em associação com gramíneas (FUKAMI *et al.*, 2018). Sua eficiência no suprimento de N e no aumento da produtividade já foi demonstrada em plantas como milho, trigo e milheto (HUNGRIA, 2011). A utilização de todos esses gêneros de bactérias fixadoras de N consiste em umedecer as sementes e inoculá-las com as bactérias antes da semeadura, deixando-as, durante o processo de germinação, à disposição para fazer simbiose com as radículas recém-formadas (FELIX *et al.*,

2021). Em algodoeiro, Fayez e Daw (1987) inocularam as sementes antes do plantio com *Azospirillum brasilense*, nas condições subtropicais do Egito, e constataram incremento na produção de matéria seca e na absorção de N.

Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o efeito dos biofertilizantes e da bactéria fixadora de N_2 *A. brasilense* sobre o crescimento, o desenvolvimento e a nutrição nitrogenada do algodoeiro colorido cv. BRS Topázio.

Material e métodos

O experimento foi realizado ao ar livre no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, município de Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 7°13'50"S de latitude e 35°52'52"W de longitude, com 600 m de altitude e clima Aw (tropical chuvoso), segundo a classificação de Köppen, no período compreendido entre 12 de maio e 26 de agosto de 2015.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições, perfazendo um total de 25 parcelas experimentais. Cada parcela foi representada por um tubo de policloreto de vinila (PVC) com diâmetro de 20 cm, altura de 50 cm e volume de 16 dm³, ou 16 L, enchido com o substrato (o qual variava conforme o tratamento), e contendo duas plantas.

Os tratamentos utilizados encontram-se na Tabela 1. O substrato padrão utilizado nos experimentos da Embrapa Algodão consiste em três partes de solo para uma de matéria orgânica. O solo utilizado foi proveniente da Estação Experimental da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (Emepa-PB), Lagoa Seca/PB, cujas características químicas são: pH (em H₂O) = 5,9; fósforo (P) = 10,6 mg dm⁻³; potássio (K) = 18,4 mg dm⁻³; alumínio (Al⁺³) = 0,00 cmol_c dm⁻³; cálcio

(Ca⁺²) = 2,08 cmol_c dm⁻³; magnésio (Mg⁺²) = 1,22 cmol_c dm⁻³; e matéria orgânica (MO) = 12,87 g kg⁻¹. Já a matéria orgânica usada na confecção do substrato constituiu-se de esterco bovino curtido e peneirado.

O biofertilizante utilizado nos tratamentos 3 (t₃) e 4 (t₄) foi confeccionado no Assentamento Queimadas, município de Remígio, estado da Paraíba, a partir de uma mistura de 200 L de água; 10 kg de esterco fresco puro; 5 L de leite; 5 tijolos esfarelados de rapadura preta; pó de rolha; pó de osso; e sobras de frutas, hortaliças, mato capinado e alimentos preparados, tudo isso submetido a fermentação anaeróbica em tambor plástico devidamente vedado por 45 dias.

A adubação mineral com fertilizante de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) no tratamento 5 (t₅) foi realizada conforme análise do solo (CARVALHO et al., 2007). Foram aplicados 15 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 60 kg ha⁻¹ 30 dias após a germinação (DAG); e o P e o K, 90 e 40 kg ha⁻¹, respectivamente, na semeadura. As fontes de N, pentóxido de difósforo (P₂O₅) e óxido de potássio (K₂O) foram, respectivamente: sulfato de amônio (SA, 21% de N), superfosfato simples (SSP, 18% de P₂O₅) e cloreto de potássio (KCl, 60% de K₂O).

Antes da semeadura, o solo foi irrigado até atingir o ponto de capacidade de campo, com o excesso de água sendo devidamente drenado.

Depois, foram semeadas oito sementes da cv. de algodão colorido BRS Topázio por tubo de PVC. A germinação ocorreu cerca de quatro dias depois. O primeiro desbaste foi realizado aos 9 DAG, deixando-se três plântulas por tubo (as que se estabeleceram com mais vigor). Aos 18 DAG, foi realizado um segundo desbaste, deixando-se as duas plântulas que estavam mais vigorosas nos tubos.

Antes da semeadura, as sementes dos tratamentos 2 (t₂) e 4 (t₄) foram inoculadas com a bactéria fixadora de N₂ *A. brasilense*. Já as sementes utilizadas no t₃ foram tratadas com biofertilizante. Para a inoculação das sementes com a bactéria fixadora de N, foi utilizado *A. brasilense*, estirpes Abv5 e Abv6, e a inoculação foi realizada em laboratório utilizando-se frascos esterilizados com uma solução de bactérias de 2 × 10⁸ células viáveis mL⁻¹ diluída em 30 mL de água destilada, devidamente homogeneizada. Essa solução foi aspergida nas sementes de forma a obter-se uma aplicação uniforme. Já as sementes tratadas com biofertilizante foram imersas no produto e deixadas por aproximadamente 5 min antes de proceder-se à semeadura. A aplicação do biofertilizante nos t₃ e t₄ foi realizada aos 20, 41, 61 e 82 DAG, aplicando-se 175 mL por tubo de PVC.

A irrigação das parcelas foi feita sempre que necessário, procurando-se manter o solo sempre na capacidade de campo, com o excesso de água

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento crescimento, desenvolvimento e nutrição nitrogenada do algodoeiro colorido cv. BRS Topázio sob solo sustentavelmente construído. Campina Grande, PB, 2015.

	Tratamentos				
	1*	2	3	4	5
Substrato convencional utilizado em experimentos da Embrapa Algodão: solo + esterco na proporção 3:1	X	X	X	X	
Inoculação das sementes de algodão com a bactéria fixadora de N ₂ <i>Azospirillum brasilense</i>		X		X	
Tratamento das sementes de algodão com biofertilizante			X		
Aplicações posteriores de extrato desse mesmo biofertilizante			X	X	
Adubação com fertilizantes NPK conforme análise do solo					X

*Testemunha; N: nitrogênio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio.

sendo devidamente drenado. Para o controle do pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*), foi feita pulverização com calda de fumo em todas as parcelas aos 30 e 32 DAG, aplicando-se 175 mL por tubo de PVC.

Aos 78 DAG (aproximadamente no início da floração), foram coletadas folhas para serem levadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) da Embrapa Algodão para a determinação dos teores de macronutrientes. As folhas coletadas foram as primeiras completamente expandidas a partir do ápice. Em seguida foram acondicionadas em sacos de papel identificados e postas para secar em estufa com circulação de ar a 65 °C por 48 horas, ou até a obtenção de massa constante. Posteriormente foram moídas em moinho tipo Wiley, sendo o material guardado em vidros devidamente fechados e identificados para as determinações analíticas.

No LSNP, as amostras foram submetidas às digestões sulfúrica (para a determinação de N, P e K) e nitroperclórica (para as determinações de Ca, Mg e enxofre – S). Os teores de N e P foram determinados por espectrofotometria UV-visível; os de K, por fotometria de chama; os de Ca e Mg, por titulação; e os de S, por turbidimetria. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido por $N \times 6,25$.

Aos 96 DAG, foram tomadas as seguintes variáveis: altura da planta (Alt), diâmetro do caule (\emptyset), teor de N nas folhas *in situ* e teores de clorofila *a*, *b* e total. A altura da planta foi determinada com uma régua. O \emptyset foi medido a 10 cm acima do colo da planta, com a ajuda de um paquímetro digital. Os teores de N *in situ* foram determinados com a utilização do N-Pen N100, um aparelho portátil que mede, em nível de campo, o teor deste nutriente nas folhas de forma rápida e não destrutiva por meio de reflectância. Como existe uma estreita relação entre N e clorofila, esse aparelho também pode ser utilizado para a estimativa desta última. Os teores de clorofila *a* e *b* foram determinados com

um medidor portátil de clorofila, o ClorofiLOG CFL 1030 (Falker). Tal medidor possui um sensor com habilidade para medir o índice de clorofila presente nas folhas a partir da absorvância de energia nos comprimentos de onda de 650 e 940 nm. As leituras foram realizadas na quinta folha completamente expandida a partir do ápice. Pela soma dos teores de clorofila *a* e *b*, obteve-se o teor de clorofila total.

O experimento foi encerrado aos 102 DAG, ocasião em que foram tomadas as variáveis comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR), e as plantas foram separadas em parte aérea e raiz, sendo a primeira separada em vegetativa e reprodutiva. As três partes da mesma planta foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados quanto à parcela e à parte. Em seguida, esses sacos foram levados a uma estufa de circulação de ar a 65 °C por 48 horas, ou até a obtenção de massa constante. Depois, foram pesadas para a obtenção das seguintes variáveis: matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da parte aérea vegetativa (MSPAv), matéria seca da parte aérea reprodutiva (MSPAr), matéria seca total (MST), relação raiz:parte aérea (R:PA) e relação parte reprodutiva:parte vegetativa (R:Ve) da parte aérea.

Em seguida, foram coletadas amostras do solo que estavam nos tubos de PVC, sendo essas amostras enviadas ao LSNP da Embrapa Algodão para análise de rotina: pH, Ca, Mg, Na, S (soma de bases), hidrogênio (H) + Al, capacidade de troca de cátions (T), percentagem de saturação por bases (V), Al, P e MO.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o software Statistical Analysis System (SAS) versão 9.2. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância e, quando significativas pelo teste F em 5% de probabilidade, testados os seguintes contrastes usando o mesmo nível: t_1 vs. t_2 ; t_1 vs. t_5 ; t_3 vs. t_4 ; (t_1, t_2, t_3, t_4) vs. t_5 ; t_1 vs. (t_2, t_3, t_4); e t_2 vs. t_4 . Todos os contrastes foram adotados com um

grau de liberdade, sendo escolhidos a priori por serem de interesse prático.

Resultados e discussão

Na Tabela 2 estão apresentados a média dos tratamentos e os contrastes de interesse prático, escolhidos a priori, que foram significativos pelo teste F. A análise de variância resultou em teste F significativo para Alt, Ø, comprimento de raiz, MSPAv, MSPAr, MSR, MST, relação R:PA e relação R:Ve da parte aérea (Tabela 2).

Conforme observa-se na Tabela 2, dos contrastes de interesse prático escolhidos à priori, apenas t_1 vs. t_5 e (t_1, t_2, t_3, t_4) vs. t_5 foram significativos pela ANOVA. Ou seja, apenas houve diferença significativa entre a testemunha e a adubação mineral e entre a média dos tratamentos de 1 (t_1) a 4 e a adubação mineral.

Quaisquer dos materiais feitos à base de produtos biológicos, utilizados nesse experimento,

promoveram melhores resultados nas variáveis de crescimento em relação à adubação mineral. Recursos naturais como esterco, biofertilizantes e bactérias diazotróficas, com os biofertilizantes e as bactérias fixadoras de N sendo utilizados no tratamento das sementes antes da semeadura ou via aspersão no decorrer do crescimento da planta, são importantes ferramentas na construção de uma fertilidade sustentável do solo, sendo, por isso amplamente aceitos nas agriculturas de base agroecológica (SENEVIRATNE, 2008; VARGAS *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014).

Em um estudo conduzido por Annadurai e Nelson (2018), testou-se uma mistura de adubos orgânicos – vermicomposto, esterco bovino e torta de nim – isolada ou combinada com aplicações de biofertilizantes. A mistura de adubos combinada com o biofertilizante proporcionou melhores germinação, crescimento, produção e teores de proteínas, aminoácidos, açúcares totais e amido nas plantas de algodoeiro, provavelmente pelo

Tabela 2. Média e resumo da ANOVA dos contrastes escolhidos a priori referentes ao efeito do biofertilizante, da bactéria fixadora de nitrogênio atmosférico *Azospirillum brasilense* e da adubação mineral sobre as variáveis relacionadas ao crescimento do algodoeiro colorido cv. BRS Topázio. Campina Grande, PB, maio a agosto de 2015.

Tratamento	Alt	Ø	CR	MSPAv	MSPAr	MSR	MST	R:PA	R:Ve
(Unidade)	cm	mm	cm	$g\ planta^{-1}$	$g\ planta^{-1}$	$g\ planta^{-1}$	$g\ planta^{-1}$	-	-
1	69,85	7,78	31,75	48,16	15,31	12,32	75,81	0,19	0,33
2	66,40	7,76	25,15	41,82	8,48	13,10	63,40	0,26	0,20
3	76,25	8,98	35,16	61,41	8,91	20,59	90,92	0,29	0,15
4	72,35	8,29	34,99	54,75	15,23	15,93	85,91	0,22	0,30
5	31,03	4,66	6,60	8,03	0,35	3,67	11,81	0,49	0,03
Contrastes	Alt	Ø	CR	MSPAv	MSPAr	MSR	MST	R:PA	R:Ve
t_1 vs. t_2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t_1 vs. t_5	3767,9** ⁽¹⁾	24,36**	1580,55**	4024,84*	320,83**	187,06*	10230,40**	0,22**	0,22**
t_3 vs. t_4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
(t_1, t_2, t_3, t_4) vs. t_5	6459,5**	50,27**	2531,90**	7570,22**	246,30*	558,85**	18047,50**	0,25**	0,18**
t_1 vs. (t_2, t_3, t_4)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t_2 vs. t_4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Alt: Altura da planta, Ø: Diâmetro do caule, CR: Comprimento da raiz, MSPAv: Matéria seca da parte aérea vegetativa, MSPAr: Matéria seca da parte aérea reprodutiva, MSR: Matéria seca da raiz, MST: Matéria seca total, R:PA: Relação raiz:parte aérea, R:Ve: Relação parte reprodutiva:parte vegetativa da parte aérea

**,*Significativos a nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

⁽¹⁾Quadrados médios dos contrastes

efeito de potencialização dos materiais orgânicos pelo biocomposto.

Arif *et al.* (2018), estudando o efeito de biofertilizante enriquecido com pó-de-rocha em comparação com o uso de SSP na cultura do algodoeiro, constataram que o primeiro superou significativamente o segundo em relação ao crescimento da planta, à produção de algodão em caroço e à eficiência no uso de P. Os autores atribuíram esses resultados às bactérias solubilizadoras de fosfato natural existentes no biofertilizante.

A maior relação R:PA foi obtida no t_5 (adubação mineral, Tabela 2). Um maior valor dessa variável significa um substrato menos favorável tanto ao desenvolvimento das raízes como da parte aérea, fazendo com que as plantas realoquem maior proporção de fotoassimilados para o desenvolvimento radicular como forma de explorar melhor o solo limitante, ao mesmo tempo em que diminui o desenvolvimento da parte vegetativa, economizando em fotoassimilados

(IDSO *et al.*, 1988; MIN *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2020).

Por outro lado, a menor relação R:Ve, a qual também foi obtida no tratamento com adubação mineral, demonstra que os substratos em que foram usados materiais agroecológicos desenvolveram melhor suas estruturas florais, o que pode refletir diretamente na produção de algodão colorido cv. BRS Topázio (Tabela 2). Wang *et al.* (2004), trabalhando com 11 cultivares de algodão, concluíram que a razão R:Ve tem correlação direta com a taxa líquida de assimilação de dióxido de carbono (CO_2), a massa média e a produção de capulhos.

A análise de variância obteve F significativo para N, PB, Mg e S (Tabela 3). Os demais nutrientes analisados em laboratório, o teor de N *in situ* e os teores de clorofila *a*, *b* e total não foram diferentes entre os tratamentos. Os contrastes de interesse prático, escolhidos a priori, que foram significativos ao teste F são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da ANOVA dos contrastes escolhidos a priori do efeito do biofertilizante, da bactéria fixadora de nitrogênio atmosférico *Azospirillum brasilense* e da adubação mineral sobre a nutrição mineral do algodoeiro colorido cv. BRS Topázio. Campina Grande, PB, maio a agosto de 2015.

Tratamento	N %	PB %	Mg %	S %
1	0,550	3,454	0,214	0,466
2	0,644	0,022	0,286	0,504
3	0,600	3,766	0,246	0,400
4	0,580	3,654	0,310	0,388
5	1,034	6,478	0,492	0,528
Contrastes	N %	PB %	Mg %	S %
t_1 vs. t_2	0,022 ^{*(1)}	0,807*	ns	ns
t_1 vs. t_5	0,585**	22,861**	0,193**	ns
t_3 vs. t_4	ns	ns	ns	ns
(t_1, t_2, t_3, t_4) vs. t_5	0,776**	30,34**	0,208**	ns
t_1 vs. (t_2, t_3, t_4)	ns	ns	ns	ns
t_2 vs. t_4	ns	ns	ns	0,034*

N; nitrogênio, PB: proteína bruta, Mg: magnésio, S: enxofre

**,*Significativos a nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

⁽¹⁾Quadrados médios dos contrastes

Conforme observa-se na Tabela 3, dos contrastes de interesse prático escolhidos a priori, t_1 vs. t_2 e t_1 vs. t_5 foram significativos, pela ANOVA, para N e PB; t_1 vs. t_2 ; t_1 vs. t_5 e (t_1, t_2, t_3, t_4) vs. t_5 foram significativos para N, PB e Mg; e, t_2 vs. t_4 , para S.

Houve diferenças significativas entre os substratos apenas para os nutrientes N, Mg e S, e para a PB (Tabela 3). A inoculação das sementes de algodão com a bactéria fixadora de N_2 *A. brasilense* e a sua utilização no substrato convencional causou aumento significativo nos teores de N e, conseqüentemente, de PB nas folhas, demonstrando claramente a vantagem nutricional em relação ao elemento N das plantas inoculadas (Tabela 3). Guerrero-Molina *et al.* (2014) constataram em plantas de morango que a bactéria diazotrófica *A. brasilense* torna as raízes mais aptas à absorção de nutrientes minerais essenciais. Já Brusamarello-Santos *et al.* (2017), estudando o perfil metabólico de duas linhagens de milho inoculadas com *A. brasilense*, concluíram que a inoculação aumentou os níveis de manitol, trealose, isocitrato e asparagina, metabólitos indicadores da atividade da nitrogenase, enzima que faz a redução do N_2 , podendo ser usados como marcadores genéticos da interação planta-bactérias diazotróficas.

Na Tabela 3, nota-se que o t_5 (adubação mineral) teve maior concentração foliar de N, PB e Mg em relação à média de todos os outros tratamentos (substratos agroecológicos). Esse fato se dá por efeito de concentração do nutriente. Com o maior crescimento das plantas dos tratamentos t_1 a t_4 (Tabela 2), esses fatores ficaram diluídos, concentrando-se mais nas plantas adubadas quimicamente (t_5). Por conta do efeito de diluição, que faz com que plantas de melhor desempenho em termos de crescimento e produção tenham menor teor de nutrientes essenciais, Krüger *et al.* (2021) recomendam trocar essa variável pelo conteúdo total de

nutrientes nas folhas. Esses autores chegaram a tal conclusão estudando a nutrição mineral de árvores como faia, carvalho, abeto e pinheiro.

Outro contraste que foi significativo foi o t_2 vs. t_4 para o S (Tabela 3). As plantas de algodão provenientes de sementes inoculadas com o *A. brasilense* concentraram em suas folhas mais S em relação àquelas que, além da inoculação, receberam aplicações posteriores do biofertilizante líquido (Tabela 3). Entretanto, em um estudo realizado na região de El-Saff, província de El-Giza, Egito, onde Awad *et al.* (2011) inocularam sementes de cebola (*Allium cepa* L., "Giza 20") com bactérias fixadoras de N_2 , não houve aumento, no solo, do teor de SO_4^{2-} disponível às plantas.

Na Tabela 4, estão apresentados a média dos tratamentos e os contrastes de interesse prático, escolhidos a priori, que deram significância pelo teste F. A análise de variância obteve F significativo para pH, Ca, Mg, K, S, H + Al, T, V, Al, P e MO. Dentre os contrastes de interesse prático escolhidos a priori, apenas t_1 vs. t_5 e (t_1, t_2, t_3, t_4) vs. t_5 foi significativo pela ANOVA (Tabela 4). Ou seja, apenas houve diferença significativa entre a testemunha e a adubação mineral e entre a média dos tratamentos t_1 a t_4 e a adubação mineral.

Foram observadas diferenças significativas entre os substratos para todos os indicadores de fertilidade do solo (Tabela 4). A utilização de esterco bovino no substrato, a inoculação das sementes de algodão com a bactéria fixadora de N_2 *A. brasilense* e a aplicação de biofertilizante anaerobicamente confeccionado causaram uma melhoria significativa nos indicadores de acidez, disponibilidade de nutrientes minerais essenciais e matéria orgânica do solo em relação ao solo pobre adubado com fertilizantes químicos, conforme também encontrado em outras pesquisas (SHARMA; VASUDEVA, 2005; LIMA *et al.*, 2007; SCHWEINSBERG-MICKAN; MÜLLER, 2009; OBIA *et al.*, 2015; GALINDO

et al., 2017; SILVA et al., 2019; ZHU et al., 2022). Ademais, bactérias diazotróficas também contribuem para aumentar o P solúvel disponível às plantas no solo (SILVA et al., 2006; BUSATO et al., 2012).

As práticas agroecológicas da agricultura orgânica contribuem para a construção da fertilidade do solo ao longo do tempo (GALÁN et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2015), especialmente nos solos da caatinga (TEIXEIRA et al., 2019; LIRA et al., 2012), conforme constatado pelos dados da Tabela 4.

Conclusões

1. As práticas agroecológicas, como a incorporação de esterco bovino ao solo, a inoculação das sementes de algodão com a bactéria fixadora de N₂ *A. brasilense* e a aplicação de biofertilizante anaerobicamente confeccionado, aumentam o crescimento das plantas de algodoeiro.

2. A relação R:PA aumenta com práticas da agricultura convencional, como a adubação mineral.

3. A adubação mineral proporciona menor relação R:Ve da parte aérea.

4. As plantas adubadas quimicamente concentram mais N, PB, Mg e S nos seus tecidos.

5. As práticas agroecológicas utilizadas no estudo melhoram a fertilidade do solo.

Referências

ALBRECHT, L.P., BAZO, G.L., DEMENECK-VIEIRA, P.V., ABRECHT, A.J.P., LUCCA e BRACCINI, A. de, KRENCHINSKI, F.H.; GASPAROTTO, A. de C. Desempenho fisiológico das sementes de ervilha tratadas com biorregulador. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 464-470, 2014. Disponível em: <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/350/0>. Acesso em: 24 jan. 2022

Tabela 4. Média do efeito do biofertilizante, da bactéria fixadora de nitrogênio atmosférico *Azospirillum brasilense* e da adubação mineral sobre a fertilidade de um solo cultivado com algodoeiro colorido cv. BRS Topázio. Campina Grande, PB, maio a agosto de 2015.

Tratamento	pH	Ca	Mg	K	S	H + Al	T	V	Al	P	MO
(Unidade)	----- mmol _c dm ⁻³ -----						%		mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
1	7,36	44,44	33,46	3,86	87,62	0,00	87,62	100,00	0,00	606,94	30,42
2	7,46	47,76	30,34	5,48	91,60	0,00	91,60	100,00	0,00	572,16	27,98
3	7,52	48,16	33,14	5,42	93,66	0,00	93,66	100,00	0,00	601,84	28,16
4	7,54	44,94	29,24	6,76	87,72	0,00	87,72	100,00	0,00	643,60	25,74
5	4,60	7,52	6,98	0,94	19,24	55,48	74,68	25,60	8,40	41,58	12,68
Contraste	pH	Ca	MG	K	S	H+Al	T	V	Al	P	MO
t ₁ vs. t ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t ₁ vs. t ₅	19,04 ^{**} (1)	3407,72 ^{**}	1752,98 ^{**}	21,32 [*]	11689,56 ^{**}	7695,08 ^{**}	418,61 [*]	13838,40 ^{**}	176,40 ^{**}	799079,82 ^{**}	786,77 ^{**}
t ₃ vs. t ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
(t ₁ ,t ₂ ,t ₃ ,t ₄) vs. t ₅	32,95 ^{**}	6023,31 ^{**}	2413,76 ^{**}	78,85 ^{**}	20112,91 ^{**}	12312,12 ^{**}	957,28 ^{**}	22141,44 ^{**}	282,24 ^{**}	1274889,39 ^{**}	948,02 ^{**}
t ₁ vs. (t ₂ ,t ₃ ,t ₄)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t ₂ vs. t ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, K: Potássio, S: Soma de bases, T: Capacidade de troca de cátions, V: Percentagem de saturação por bases, Al: Alumínio, P: Fósforo, MO: Matéria orgânica ^{**},^{*}Significativos a nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F. ⁽¹⁾Quadrados médios dos contrastes

ALBUQUERQUE, H.C. de, ZUBA JUNIO, G.R., SAMPAIO, R.A., FERNANDES, L.A., ZONTA, E.; BARBOSA, C.F. Yield and nutrition of sunflower fertilized with sewage sludge/ Produção e nutrição de girassol adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 553-559, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/K7LZd9y5FPjxnXvNv4jFkpH/?lang=en>. Acesso em 24 jan. 2022

ANNADURAI, R.; NELSON, R. Effect of application of vermicompost, cowdung, neem cake and biofertilizer on growth and yield responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology**, v. 5, n. 7, p. 70-76, 2018. Disponível em: <http://ijcrbp.com/abstractview.php?ID=488&vol=5-7-2018&SNo=9>. Acesso em: 10 fev. 2022.

ARACHCHIGE, P. S. P., ROSSO, L. H. M., HANSEL, F. D.; RAMUNDO, B., TORRES, A. R., ASEBEDO, R., CIAMPITTI, I. A.; JAGADISH, S. V. K. Temporal biological nitrogen fixation pattern in soybean inoculated with *Bradyrhizobium*. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 3, n. 1, e20079, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343449372_Temporal_biological_nitrogen_fixation_pattern_in_soybean_inoculated_with_Bradyrhizobium. Acesso em: 08 fev. 2022.

ARIF, M., AHMED, W., TANVEER-UI-HAQ, JAMSHAD, U., IMRAN, M.; AHMAD, S. Effect of rock phosphate based compost and biofertilizer on uptake of nutrients, nutrient use efficiency and yield of cotton. **Soil & Environment**, v. 37, n. 2, p. 129-135, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329923191_Effect_of_rock_phosphate_based_compost_and_biofertilizer_on_uptake_of_nutrients_nutrient_use_efficiency_and_yield_of_cotton Acesso em: 10 fev. 2022.

AWAD, N. M., EI-KADER, A. A. A., ATTIA, M.; ALVA, A. K. Effects of nitrogen fertilization and soil inoculation of sulfur-oxidizing or nitrogen-fixing bacteria on onion plant growth and yield. **International Journal of Agronomy**, v. 2011, p. 1-6, 2011. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ija/2011/316856/>. Acesso em: 14 fev. 2021.

BARROS-CARVALHO, G. A., HUNGRIA, M., LOPES, F. M.; Van SLUYS, M-A. Brazilian-adapted soybean *Bradyrhizobium* strains uncover IS elements with potential impact on biological nitrogen fixation. **FEMS Microbiology Letters**, v. 366, n. 11, fnz046, 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/femsle/article/366/11/fnz046/5376497?login=false>. Acesso em: 08 fev. 2022.

BRUSAMARELLO-SANTOS, L. C., GILARD, F., BRULÉ, L., QUILLERÉ, I., GOURION, B., RATET, P., SOUZA, E. M. de S., LEA, P. J.; HIREL, B. Metabolic profiling of two maize (*Zea mays* L.) inbred lines inoculated with the nitrogen fixing plant-interacting bacteria *Herbaspirillum seropedicae* and *Azospirillum brasilense*. **PLoS One**, v. 12, n. 3, e0174576, 2017. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0174576>. Acesso em: 11 fev. 2022.

BUSATO, J.G., LIMA, L.S., AGUIAR, N.O., CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. **Bioresource Technology**, v. 110, p. 390-395, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412001502> Acesso em 25 jan. 2022

CARVALHO, M. da C. S., FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do

algodoeiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Abrapa, 2007. p. 581-648.

CAVALCANTE, L. F., BEZERRA, F. T. C., SOUTO, A. G. de, BEZERRA, M. A. F., LIMA, G. S. de, GHEYI, H. R., PEREIRA, J. F. da S.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Biofertilizers in horticultural crops. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 4, p. 415-428, 2019. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/3058> Acesso em: 07 fev. 2022.

DAN, L.G. de M., BRACCINI, A. de L., PICCININ, G.G., DAN, H. de A., RICCI, T.T.; SCAPIM, C.A. Influence of bioregulation on physiological quality of maize seed during storage. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 286-294, 2014. Disponível em: <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/373> Acesso em 25 jan. 2022

FAYEZ, M.; DAW, Z. Y. Effect of inoculation with different strains of *Azospirillum brasilense* on cotton (*Gossypium barbadense*). **Biology and Fertility of Soils**, v. 4, n. 1, p. 91-95, 1987. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-inoculation-with-different-strains-of-on-Fayez-Daw/ebb9cb8d2fc0d1bbe62d3a16a2c55a4ad57c0472> Acesso em 25 jan. 2022.

FELIX, F. C., MATOS, D. C. P. de, LATOH, L. P., MAGGIONI, R. de A.; NOGUEIRA, A. C. *Azospirillum brasilense* inoculation on seed germination and initial growth of seedlings of native forest species. **Floresta**, v. 51, n. 4, p. 855-863, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/73520> Acesso em: 09 fev. 2022.

FERREIRA, L.A., OLIVEIRA, J.A., VON PINHO, E.V. de R.; QUEIROZ, D.L. de. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/VRSZ5ZJH4YpDKjHvPLKJdt/?lang=pt&format=html> Acesso em 25 jan. 2022.

sciELO.br/j/rbs/a/VRSZ5ZJH4YpDKjHvPLKJdt/?lang=pt&format=html Acesso em 25 jan. 2022.

FUKAMI, J., CERZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express**, v. 8, n. 73, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-018-0608-1> Acesso em: 09 fev. 2022.

GALÁN, E., TELLO, E., GARRABOU, R., CUSSO, X; OLARIETA, J. R. Metodos de fertilizacion y balance de nutrientes en la agricultura organica tradicional de la Biorregion Mediterranea: Cataluna (Espana) en la decada de 1860. **Revista de História**, n. 65-66, p. 95-119, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/historia/article/view/5066> Acesso em: 15 fev. 2022.

GALINDO, F. S., TEIXEIRA FILHO, M. C. M., BUZETTI, S., SANTINI, J. M. K., BELLOTTE, J. L. M., LUDKIEWICZ, M. G. Z., ANDREOTTI, M., SILVA, V. M.; GARCIA, C. M. de P. Chemical soil attributes after wheat cropping under nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 659-670, 2017. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/25051> Acesso em: 15 fev. 2022.

GUZZELLI, M.J.B., RUPP, L.C.D.; VENTURINI, L. **Biofertilizantes**. Bento Gonçalves: MDA/IBRAVIN, 2012. 13 p.

GUERRERO-MOLINA, M.F., LOVAISA, N.C., SALAZAR, S.M., DÍAZ-RICCI, J.C.; PEDRAZA, R.O. Elemental composition of strawberry plants inoculated with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense* REC3, assessed with scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray analysis. **Plant Biology**, v. 16, n. 4, p. 726-731, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258034349_Elemental_composition_of_

strawberry_plants_inoculated_with_the_plant_growth-promoting_bacterium_Azospirillum_brasilense_REC3_assessed_with_scanning_electron_microscopy_and_energy_dispersive_X-ray_anal Acesso em 25 jan. 2022.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p.

IDSO, S. B., KIMBALL, B. A.; MAUNEY, J. R. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on root: Shoot ratios of carrot, radish, cotton and soybean. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 21, n. 3, p. 293-299, 1988.

KALITA, N., BHUYAN, S., MAIBANGSA, S.; SAUD, R. K. Effect of biofertilizer seed treatment on growth, yield and economics of Toria (*Brassica campestris* L.) under rainfed condition in hill zone of Assam. **Current Agriculture Research Journal**, v. 7, n. 3, p. 332-336, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338043038_Effect_of_Biofertilizer_Seed_Treatment_on_Growth_Yield_and_Economics_of_Toria_Brassica_Campestris_L_under_Rainfed_Condition_in_Hill_Zone_of_Assam Acesso em: 08 fev. 2022.

KHALEQUZZAMAN, K. M. Seed treatment with Rhizobium biofertilizer for controlling foot and root of chickpea. **International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences**, v. 2, n. 6, p. 144-150, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282593000_Seed_Treatment_with_Rhizobium_Biofertilizer_for_Controlling_Foot_and_Root_Rot_of_Chickpea Acesso em: 08 fev. 2022.

KRÜGER, I., SCHMITZ, A.; SANDERS, T. G. M. Climate condition affects foliar nutrition in main European tree species. **Ecological Indicators**, v. 130, p. 108052, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21007172> Acesso em: 14 fev. 2021.

LIMA, H.V., OLIVEIRA, T.S. de, OLIVEIRA, M.M. de, MENDONÇA, E. de S.; LIMA, P.J.B.F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bBkZVpnWvjCXB4Zb3mCvnyQ/?lang=pt> Acesso em 25 jan. 2022.

LIRA, R.B. de, DIAS, N. da S., ALVES, S.M.C., BRITO, R. F. de; SOUSA NETO, O.N. de S. Efeito dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2208> Acesso em 25 jan. 2022.

MAHAPATRA, D. M., SATAPATHY, K. C.; PANDA, B. Biofertilizers and nanofertilizers for sustainable agriculture: Phycoprosects and challenges. **Science of the Total Environment**, v. 803, n. 10, p. 149990-149990, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez103.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969721050658> Acesso em: 07 fev. 2022.

MIN, W., GUO, H., ZHOU, G., ZHANG, W., MA, L., YE, J.; HOU, Z. Root distribution and growth of cotton as affected by drip irrigation with saline water. **Field Crops Research**, v. 169, p. 1-10, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267339739_Root_distribution_and_growth_of_cotton_as_affected_by_drip_irrigation_with_saline_water Acesso em 25 jan. 2022.

OBIA, A., CORNELISSEN, G., MULDER, J., DÖRSCH, P. L.; MICHAEL, R. Effect of soil pH increase by biochar on NO, N₂O and N₂ production during denitrification in acid soils. **PLoS One**, v. 10, n. 9, p. e0138781-e0138781, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0138781> Acesso em: 15 fev. 2022.

QUEIROZ, M. A. de, BARROS, L. de M., CARVALHO, L. P. de, CANDEIA, J. de A.; FERRAZ, E. Plant breeding in the semiarid region of Brazil: examples of success. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. S2, p. 57-66, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cbab/a/4pB7d6TxrgDgsxxCypxyqv/?lang=en> Acesso em: 26 jan. 2022.

RAMPIM, L., RODRIGUES-COSTA, A.C.P., NACKE, H., KLEIN, J.; GUIMARÃES, V.F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 678-685, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/SK8Nz3GM76CjKRgJNQGKxdw/?lang=pt> Acesso em 25 jan. 2022.

SANTOS, A.F. de J., MARTINS, C.Y.S., SANTOS, P.O., DORRÊA, E.B., BARBOSA, H.R., SANDOVAL, A.P.S., OLIVEIRA, L.M., SOUZA, J.T. de; SOARES, A.C.M. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. **Plant and Soil**, v. 385, n. 1, p. 37-48, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267638899_Diazotrophic_bacteria_associated_with_sisal_Agave_sisalana_Perrine_ex_Engelm_potential_for_plant_growth_promotion Acesso em 25 jan. 2022.

SCHWEINSBERG-MICKAN, M. S. Z.; MÜLLER, T. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 5, p. 704-712, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.200800021> Acesso em: 15 fev. 2022.

SENEVIRATNE, G. Biological nitrogen fixation: Potential biotechnological applications beyond biofertilizers. **Current Science**, v. 95, n. 1, p. 7, 2008. Disponível em: <https://www>.

currentscience.ac.in/Volumes/95/01/0007.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022.

SHARMA, P.; VASUDEVA, M. Azide resistant mutants of *Acetobacter diazotrophicus* and *Azospirillum brasilense* increase yield and nitrogen content of cotton. **Journal of Plant Interactions**, v. 1, n. 3, p. 145-149, 2005. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429140600997275> Acesso em: 15 fev. 2022.

SILVA, L. E. de S. F. da, SILVA, V. N. da; FIGUEREDO, M. do V. B. Co-inoculação de sementes de caupi com *Bradyrhizobium* e *Paenibacillus* e sua eficiência na absorção de cálcio, ferro e fósforo pela planta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 2, p. 95-99, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2530/253020184004.pdf> Acesso em: 15 fev. 2022.

SILVA, V. F., BEZERRA, C. V. C., NASCIMENTO, E. C. S., FERREIRA, T. N. F., LIMA, V. L. A.; ANDRADE, L. O. Production of chili pepper under organic fertilization and irrigation with treated wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 84-89, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/5ndSHRtv6pCVTfKHW9W4FBR/?lang=en> Acesso em: 15 fev. 2022.

TEIXEIRA, M. B., DONATO, S. R. L., SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R. Establishment of DRIS norms for cactus pear grown under organic fertilization in semiarid conditions. **Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 952-959, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/TjSwHn5S36dhWsV8Y4HhGTp/?lang=en> Acesso em: 15 fev. 2022.

TELES, G. C.; FUCK, M. P. Pesquisa e desenvolvimento de cultivares: o perfil tecnológico da cotonicultura brasileira. **Informe GEPEC**, v. 20, n. 1, p. 61-77, 2016. Disponível em:

<https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/13377> Acesso em: 31 jan. 2022.

VARGAS, L., CARVALHO, T.L.G. de, FERREIRA, P.C.G., BALDANI, V.L.D.; HEMERLY, A.S. Early responses of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings to inoculation with beneficial diazotrophic bacteria are dependent on plant and bacterial genotypes. **Plant and Soil**, v. 356, n. 1, p. 127-137, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Y8QndHrNbqbykDRQXQWkNKd/?lang=pt> Acesso em 25 jan. 2022.

VIDAL NETO, F. das C., NDRADE, F.P. de, SILVA FILHO, J.L. da; CARVALHO, L.P. de. **BRS Topázio**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 8 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25693/1/AlgodaoColoridoTopazio.pdf> Acesso em: 11 fev. 2022.

WANG, C., ISODA, A.; WANG, P. Growth and yield performance of some cotton cultivars in Xinjiang, China, an arid area with short growing period. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 190, n. 3, p. 177-183, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230203331_Growth_and_Yield_Performance_of_Some_Cotton_Cultivars_in_Xinjiang_China_An_Arid_Area_with_Short_Growing_Period Acesso em: 11 fev. 2022.

WANG, J., DU, G., TIAN, J., ZHANG, Y., JIANG, C.; ZHANG, W. Effect of irrigation methods on root growth, root-shoot ratio and yield components of cotton by regulating the growth redundancy of root and shoot. **Agricultural Water Management**, v. 234, p. 106120, 2020. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/agiwat/v234y2020ics0378377420300470.html> Acesso em: 11 fev. 2022.

ZHU, Y., LV, X., SONG, J., LI, W.; WANG, H. Application of cotton straw biochar and compound *Bacillus* biofertilizer decrease the bioavailability of soil cd through impacting soil bacteria. **BMC Microbiology**, v. 22, n. 1, p. 35-35, 2022. Disponível em: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-022-02445-w> Acesso em: 15 fev. 2022.