

Comportamento fenotípico do feijão macassar inoculado com rizóbio sob biofertilização suína e estresse salino

José Lucínio de Oliveira Freire ^[1], Manuela da Silva Morais ^[2], Diego Macedo de Carvalho ^[3], Jandeilson Alves de Arruda ^[4]

[1] lucinio@folha.com.br. [2] manuelamorais11@gmail.com. [3] diegomacedonni@gmail.com. [4] jandeilson_agro@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar os atributos de emergência e crescimento do feijão macassar irrigado com águas salinas em resposta à inoculação das sementes com *Bradyrhizobium sp.* e adição de biofertilizante suíno como alternativa de atenuação do estresse salino das plantas. O delineamento experimental foi utilizado em blocos casualizados, com cinco repetições, em arranjo fatorial 5 x 2 x 2, correspondente a cinco níveis de salinidade hídrica (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹), no solo com e sem biofertilizante suíno, e com sementes com e sem inoculação. Foram avaliados o percentual de emergência, o tempo médio de emergência, o índice de velocidade de emergência das sementes, as taxas de crescimento absoluto e relativo em fitomassa fresca epígea, a área foliar, fitomassas seca da raiz, do caule e das folhas e partições de biomassas radiculares, caulinares e foliares. O estresse salino potencializa prejuízos no percentual de emergência, no tempo médio e no índice de velocidade de emergência das sementes de feijão macassar. O biofertilizante suíno aplicado em fundação eleva e a inoculação reduz o tempo médio de emergência do feijão macassar. O uso concomitante de águas salinas, de biofertilizante suíno e da inoculação com *Bradyrhizobium* não influencia os atributos de emergência de sementes de feijão macassar, porém mitigam o estresse salino nos atributos de crescimento das plantas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Macaçar. Salinidade.

ABSTRACT

*This study aimed to evaluate the emergency attributes and growth of irrigated cowpea with saline water in response to seed inoculation with *Bradyrhizobium sp.* and addition of suine biofertilizers as an alternative mitigation of salt stress to plants. The experimental design was randomized blocks, with five replications, in a factorial arrangement 5 x 2 x 2, corresponding to five levels of water salinity (0.5, 2.0, 3.5, 5.0 and 6.5 dS m⁻¹) in soil with and without suine biofertilizers and seeds with and without inoculation. They evaluated the emergency percentage, the emergency mean time, the emergence speed index of seeds, absolute growth rates and relative in fresh biomass epigeaeous, leaf area, dry root fitomassas, stem and leaves and biomasses partitions root, stem and leaf. It was noticed that the salt stress potentiates losses in the emergency percentage, in the mean time and emergency speed index of cowpea seeds. The suine biofertilizers in foundation raises and inoculation reduces the mean time to emergence of cowpea. Concomitant use of saline water, suine biofertilizers and inoculation with *Bradyrhizobium* does not influence the attributes of cowpea seed germination, but have positive effects on plant growth attributes.*

Keywords: *Vigna unguiculata*. Macaçar. Salinity.

1 Introdução

Na região semiárida brasileira, o feijão macassar, macaça, caupi ou feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp.) se constitui em cultura de grande importância socioeconômica, principalmente para os agricultores de baixa capacidade financeira, não só pela ampla aceitação popular como, também, pelo seu alto valor nutritivo, por fonte de proteína de origem vegetal para o pequeno produtor (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

No Nordeste brasileiro, os sistemas produtivos empregados no feijão macassar na região são caracterizados pelo baixo nível tecnológico, acarretando redução na produtividade. Diversos fatores são apontados como causadores da baixa produtividade do feijão no Nordeste e no estado da Paraíba, entre os quais Santos *et al.* (2007) destacam o plantio de cultivares tradicionais, emprego de sementes de baixa qualidade, cultivo de sequeiro ou irrigado com águas inadequadas do ponto de vista qualitativo, falta de adubação ou forma inadequada de nutrição empregada pelos agricultores.

Apesar de ser considerada como uma cultura de sequeiro, o uso da irrigação tem sido uma prática recorrente no cultivo do feijão macassar. A prática da irrigação garante a viabilidade econômica do cultivo dessa leguminosa, principalmente em regiões onde há baixa disponibilidade hídrica. O feijão macassar é considerado uma espécie moderadamente tolerante à salinidade da água de irrigação, apresentando salinidade limiar de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ (AYERS; WESTCOT, 1999).

Entre as alternativas sobre as quais a pesquisa se debruça para minimizar os efeitos depressivos dos sais às plantas está o uso de efluentes orgânicos, tidos como agentes condicionadores dos atributos físicos dos solos (Freire *et al.*, 2010).

Relatos dos benefícios da inoculação de sementes de feijão com bactérias diazotróficas do gênero *Bradyrhizobium* são intensamente declinados na literatura, destacando-se, entre esses benefícios, maior disponibilidade do nitrogênio para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o maior aporte deste macronutriente pelo efeito residual dos restos culturais incorporados ao solo, contribuindo para a elevação dos teores de matéria orgânica que favorecerão o solo e a cultura em sucessão (URQUIAGA; ZAPATA, 2000) e na elevação do rendimento em grãos (MARTINS *et al.*, 2003; ZILLI *et al.*, 2009) ou mesmo não interferindo neste componente (GUALTER *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2011).

A utilização de insumos biológicos em substituição aos insumos químicos industrializados tem sido cada vez mais frequente na agricultura. Dessa forma, alternativas que propiciem a elevação da produtividade da cultura sem elevar os custos de produção são importantes e devem ser adotadas, como meta de melhoria socioeconômica para a região.

Uma das estratégias para redução dos custos de produção do feijão macassar é a seleção de genótipos que exerçam simbiose com microrganismos como *Bradyrhizobium* sp. e outras bactéria, que resultem em alta eficiência na fixação e solubilização de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo.

No que tange à estratégia para mitigar os efeitos negativos dos sais às plantas cultivadas, haja vista a salinidade limiar do feijoeiro ser de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$, pesquisas são realizadas com efluentes orgânicos, como os biofertilizantes, porém inexistem relatos com biofertilizante suíno.

Nesse contexto, ante a expressão socioeconômica dessa cultura em regiões como as do Seridó e Curimataú paraibano, tem-se verificado a escassez de estudos relativos à sua interação com salinidade x biofertilizante suíno x inoculação, resultando em forte demanda por novas pesquisas inovadoras nesse âmbito.

Com isso, há necessidade de se pesquisarem alternativas a serem usadas pelo produtor de feijão no semiárido brasileiro que visem reduzir os efeitos depreciativos dos sais às plantas, bem como averiguar o uso de inoculantes em situações de estresse salino e biofertilização.

Para isto, este trabalho objetivou avaliar os atributos de emergência e de crescimento do feijão macassar irrigado com águas de diferentes teores de sais em resposta à inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* sp. e adição de biofertilizante suíno como alternativa de atenuação do estresse salino às plantas.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido, entre os meses de agosto e novembro de 2015, a céu aberto, no Setor de Produção Vegetal da Coordenação de Agroecologia e análises laboratoriais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Picuí. O município de Picuí, localiza-se na mesorregião da Borborema e microrregiões do Curimataú Ocidental e Seridó Oriental Paraibano, sendo georreferenciado pelas coordenadas geográficas de $6^\circ 33'$

18° de latitude Sul e 36° 20' 56" de longitude Oeste, a 439 m de altitude (PICUÍ, 2016), e caracterizado, segundo Köppen (BRASIL, 1972), como de clima semiárido, com verão seco As'.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco blocos, em arranjo fatorial 5 x 2 x 2, correspondente a cinco níveis de salinidade hídrica (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹), no solo com e sem biofertilizante suíno, e com sementes com e sem inoculação, resultando em 100 unidades experimentais. Cada parcela correspondeu a um recipiente plástico, com drenos, com capacidade para 10 dm³; nesses recipientes foram semeadas cinco sementes do material biológico testado (feijão macassar de crescimento determinado e tipo moita, obtido de produtores familiares do município de Baraúnas, PB), com desbaste realizado 10 dias após a emergência, deixando-se duas plantas por recipiente.

O solo utilizado no experimento, conforme os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA, 2013), foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, coletado no município de Picuí, PB, retirado da camada de 0 a 20 cm de profundidade, para caracterização química quanto à fertilidade (Tabela 1) adotando as metodologias sugeridas pela Embrapa (2011).

Os níveis salinos das águas de irrigação foram preparados a partir da diluição de uma água fortemente salina (9,0 dS m⁻¹), coletada do saneamento local, misturada com água de baixa salinidade (0,2 dS m⁻¹).

O biofertilizante suíno foi produzido, via metanogênica, a partir da fermentação aeróbica do esterco fresco misturado com água não clorada, na proporção de 1:1, por um período de 30 dias (Freire *et al.*, 2010). O biofertilizante líquido — dissolvido em água na proporção de 1:1 — foi aplicado, somente uma vez, em cobertura, numa alíquota de 1,0 dm³ planta⁻¹. O biofertilizante suíno foi analisado conforme proposto por Richards (1954), com valores constantes na Tabela 2.

Para a inoculação das sementes, utilizou-se o inoculante turfoso com estirpe de *Bradyrhizobium* sp, conforme preceitua Hungria, Campos e Mendes (2001).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento

Solo	Valores
pH (H ₂ O)	6,47
P (mg dm ⁻³)	9,44
K ⁺ (mg dm ⁻³)	260,00
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,17
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,16
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,90
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,50
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,24
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,40
V (%)	81,87
MOS (g kg ⁻¹)	12,47

Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica [SB + (H⁺ + Al³⁺)]; V = Saturação por bases trocáveis (SB/CTC)100; MOS = Matéria orgânica do solo

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Tabela 2 – Atributos químicos do biofertilizante suíno utilizado no experimento

Biofertilizante suíno	Valores
pH	7,7
CE (dS m ⁻¹)	13,7
RAS	26,3
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	11,2
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	24,2
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	111,8
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	24,1
CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	5,5
HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	65,0
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	169,0
SO ₄ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	1,1
Classificação	C ₃ S ₄

RAS = Na⁺ [(Ca²⁺ + Mg²⁺) / 2]^{1/2}; C₃ = Risco alto de salinizar o solo, em relação à água de irrigação; S₄ = Risco alto de sodificação do solo com a irrigação.

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Após a semeadura das sementes de feijão macassar, procederam-se irrigações diárias, utilizando-se 0,5 dm³ de água em cada tratamento, mantendo-se o substrato próximo à capacidade de pote.

As avaliações de emergência, efetuadas a partir da emergência diária, foram iniciadas no terceiro dia após a semeadura, estendendo-se até o oitavo dia, quando ocorreu a estabilização, mediante a contagem do número de sementes emergidas, estabelecendo-se como critério avaliativo, a emergência do epicótilo na superfície do substrato, para os cálculos de porcentagem de emergência (LABOURIAU; VALADARES, 1976), tempo médio de emergência (EDWARDS, 1934) e índice de velocidade de emergência (EDMOND; DRAPALA, 1958, *apud* SANTOS *et al.*, 2015).

As alturas das plantas foram mensuradas no 10º dia após a germinação das sementes e ao final do experimento com uma régua graduada, do coleto até o ponto de inserção de suas últimas folhas. Com o auxílio de um paquímetro digital, modelo Ecofer®, foram mensurados os diâmetros caulinares das plantas à altura da base dos coletos.

As determinações das taxas de crescimento absoluto em altura, e taxas de crescimento absoluto e relativo em fitomassa fresca epigea se basearam em Benincasa (2003).

A área foliar estimada se baseou na proposição de Vale e Beltrão (2006), citados por Andrade *et al.* (2012), conforme descrito na Equação 1:

$$AF = 0,89 * P^2 \quad (1)$$

em que:

AF = área foliar (m²);

P = comprimento da nervura central da folha (m).

As fitomassas frescas dos órgãos das plantas foram postas a secar em estufa de ventilação forçada (65 °C, por 72 horas) para quantificação das fitomassas secas da raiz, caule e folhas e, ao final, a total.

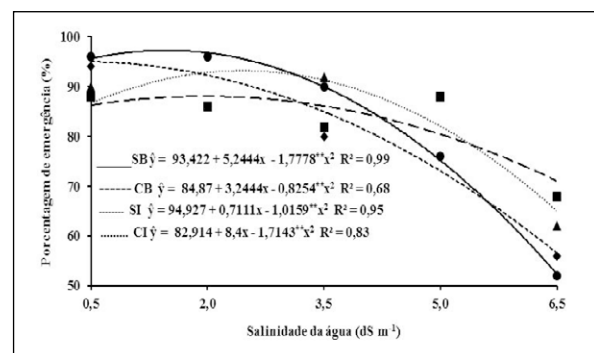
Os dados foram interpretados por meio da análise de variância, e processados utilizando o Software SAS STAT® (SAS/STAT, 2011). Os resultados quantitativos foram submetidos ao estudo de regressão polinomial e os qualitativos com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (BANZATTO; KRONKA, 2006).

3 Resultados e discussão

A emergência (PE) foi influenciada pelas interações salinidade das águas e biofertilizante suíno (F = 4,15; p < 0,01) e salinidade das águas e inoculação das sementes (F = 2,98; p < 0,01).

Os valores máximos de emergência do feijão macassar foram observados com dotação hídrica de águas de 1,47 dS m⁻¹ (sem biofertilizante), 1,96 dS m⁻¹ (com biofertilizante), 0,34 dS m⁻¹ (sem inoculação) e 2,45 dS m⁻¹ (com inoculação) (Figura 1).

Figura 1 – Emergência de sementes de feijão macassar irrigado com águas de diferentes salinidades, com e sem biofertilizante suíno e inoculante



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

As emergências do feijão macassar, nos tratamentos sem e com biofertilizante suíno em fundação, foram, respectivamente, de 95,6 e 86,3% (0,5 dS m⁻¹), 96,8 e 88,1% (2,0 dS m⁻¹), 89,9 e 86,1% (3,5 dS m⁻¹), 75,2 e 80,4% (5,0 dS m⁻¹) e 52,4 e 71,1% (6,5 dS m⁻¹), com depleção de 45,1 e 17,6% entre o verificado nas plantas de mais baixa e mais elevada salinidade hídrica.

Percebe-se que o estresse salino, a partir de uma condutividade elétrica de 3,6 dS m⁻¹, foi mais prejudicial à emergência do feijão macassar nos tratamentos sem biofertilizante. Aragão *et al.* (2009) asseveram que as interações entre os sais contidos na água de irrigação e as membranas celulares das sementes, interferindo em funções como permeabilidade e transporte de solutos, podem causar alterações estruturais profundas e irreversíveis que reduzem o poder de emergência quando expostas a estresse salino.

De acordo com Brahma Prakash e Sahu (2012), Diniz Neto *et al.* (2014) e Torres *et al.* (2014), possivelmente, a partir de 3,6 dS m⁻¹, tenha se intensificado uma expressão positiva do biofertilizante suíno na

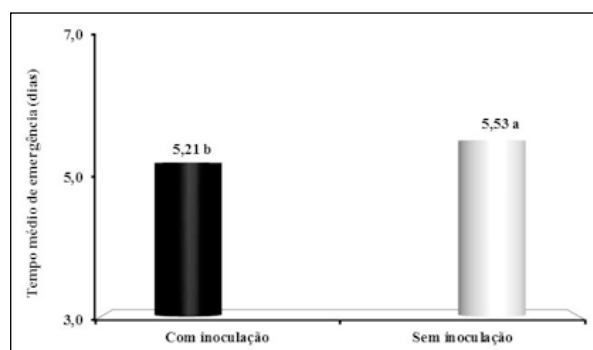
melhoria física do ambiente edáfico às sementes, com fornecimento equilibrado de macro e micronutrientes, com estímulo à ação de proteínas, de fitormônios e solutos orgânicos, resultando em maior disponibilidade hídrica e maior atividade microbiana, favorecendo o seu potencial biológico para emergir. Até essa condutividade elétrica hídrica, com base em Assis e Lanças (2005), o biofertilizante suíno tenha intensificado o entupimento dos macroporos, causando o selamento superficial que dificulta a infiltração de água e a troca de gases entre a atmosfera e o solo, prejudicando a emergência do feijão macassar.

A emergência das sementes teve uma depleção de 40,4% e 24,9% na elevação da salinidade hídrica de 0,5 e 6,5 dS m⁻¹, com o uso de sementes não inoculadas e inoculadas, respectivamente. Com a inoculação das sementes, os percentuais de emergência estiveram na amplitude de 65,1% (6,5 dS m⁻¹) e 92,9% (2,0 dS m⁻¹). Independentemente da salinidade das águas de irrigação, a porcentagem média de emergência de feijão macassar foi de 83,6% (com inoculação) e 80,8% (sem inoculação).

O tempo médio de emergência das sementes (TME) sofreu efeitos isolados da inoculação das sementes (F = 7,19; p < 0,01) e da interação salinidade das águas e biofertilizante suíno (F = 3,62; p < 0,01).

O TME das sementes foi significativamente menor nos tratamentos com inoculação em comparação com o das sementes não inoculadas, com depleção de 6,1%. O TME foi de 5,21 dias (com inoculação) e 5,53 dias (sem inoculação) (Figura 2).

Figura 2 – Tempo médio de emergência de feijão macassar nas condições de inoculação das sementes



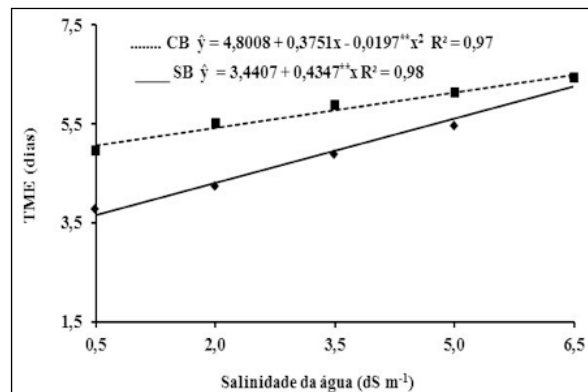
Fonte: Dados da pesquisa (2017)

As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* têm a capacidade de produzir o ácido indol-acético (AIA) — fitormônio pertencente ao grupo das auxinas — que atua na emergência da radícula, formação de raízes

laterais e aumentam a absorção de nutrientes, reduzindo o TME das sementes (Biswas *et al.*, 2000).

O TME do feijão macassar se elevou com aumento da salinidade hídrica, sendo de forma mais expressiva com o uso do biofertilizante suíno (Figura 3).

Figura 3 – Tempo médio de emergência de feijão macassar nas condições de inoculação das sementes



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Independentemente da salinidade hídrica, o uso do biofertilizante suíno elevou o TME das sementes. Nas condições de uso do insumo orgânico, o TME estimado com uso do maior nível salino foi de 6,4 dias. Justificam-se esses resultados pela formação, temporária, de uma camada de encrostamento ou selamento superficial causado pelo biofertilizante, prolongando o tempo de emergência das sementes. Isso é característico de deposição de efluentes orgânicos líquidos em solos (BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006).

Com uso do biofertilizante, o TME foi elevado, de forma quadrática, de 4,9 a 6,4 dias, com o uso de água de menor e maior salinidade, respectivamente, representando um acréscimo de 30,6%.

Na ausência do biofertilizante suíno, o TME foi elevado em 0,4347 dias por aumento unitário de condutividade elétrica na água de irrigação. O processo de emergência das sementes de feijão macassar segue o padrão trifásico, caracterizado pela rápida absorção de água nas fases I e III (BEWLEY; BLACK, 1994) e a deficiência de água, resultante do estresse salino, inibe a germinação das sementes, o que, conseqüentemente, reflete-se na ausência, redução ou retardamento da emergência das plântulas. O aumento da salinidade além de reduzir o potencial hídrico (MARSCHNER, 2012), dificulta a absorção de água e nutrientes e causa toxicidade às plantas.

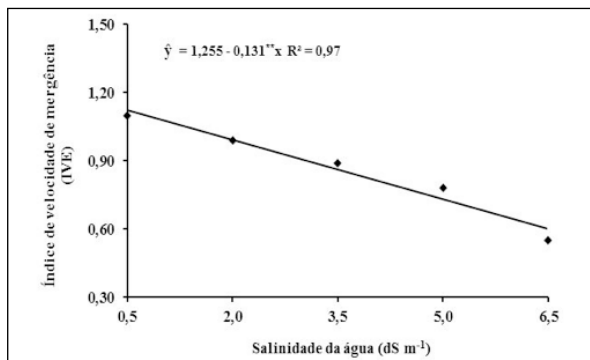
Os tempos médios de emergência das sementes de feijão irrigado com águas de 0,5 e 6,5 dS m⁻¹, sem uso do biofertilizante suíno, foram 25,3% e 2,1% menores do que os observados, nas mesmas condições de salinidade, quando se após o insumo. Essa elevação do TME com uso do biofertilizante suíno se deve, conforme Assis e Lanças (2005), ao selamento superficial do solo promovido pelo insumo, que forma uma camada de partículas com uma organização e adensamento que dificultam a infiltração da água.

A salinidade das águas (F = 27,71; p < 0,01) influenciou significativamente o índice de velocidade de emergência (IVE) das sementes de feijão macassar.

O IVE das sementes de feijão macassar foi influenciado negativamente com o incremento da concentração salina, ao nível de 0,13 plântulas dia⁻¹ (11,0%) para cada unidade de condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 4).

Os valores do IVE das sementes foram de 1,19 (0,5 dS m⁻¹), 0,99 (2,0 dS m⁻¹), 0,80 (3,5 dS m⁻¹), 0,60 (5,0 dS m⁻¹) e 0,40 (6,5 dS m⁻¹). Com base no que preceituam Sivritepe, Sivritepe e Eris (2003), a redução do IVE, à medida que aumenta a exposição das sementes aos sais, pode ter ocorrido em razão de injúrias induzidas por sais, as quais ocorrem, não somente devido a efeitos osmóticos e oxidativos, mas também por efeitos tóxicos e de deficiência de nutrientes. Ademais, conforme Aragão *et al.* (2009), a salinidade afeta o crescimento de plantas em todos os estádios de crescimento e de forma diferenciada, sendo a maioria das cultivares mais sensíveis durante a emergência de plântulas.

Figura 4 – Velocidade de emergência de sementes de feijão macassar sob estresse salino



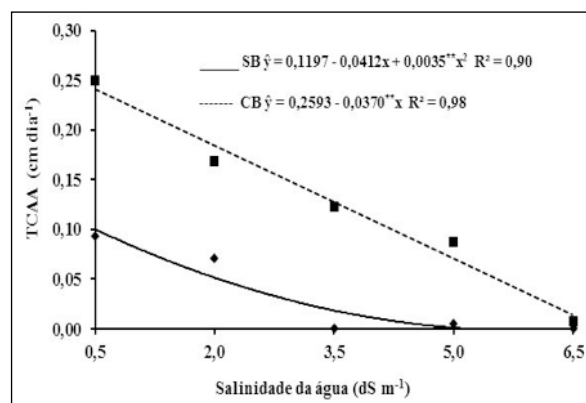
Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Na taxa de crescimento absoluto em altura (TCAA), observaram-se efeitos significativos da inte-

ração salinidade das águas e biofertilizante (F = 22,16; p < 0,01).

A elevação da salinidade das águas reduziu a TCAA do feijão macassar, de forma menos expressiva com a aplicação do biofertilizante suíno. Nas plantas sem e com biofertilizante, os efeitos diagnósticos foram, respectivamente, linear e quadrático (Figura 5).

Figura 5 – Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAA) do feijoeiro macassar sob estresse salino e uso de biofertilizante suíno



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Em trabalhos avaliativos de Silva *et al.* (2011), o aumento dos níveis salinos da água de irrigação até 6,0 dS m⁻¹ inibiu o crescimento inicial do feijão macassar, sendo menos afetado na presença do biofertilizante bovino. Os efeitos benéficos da aplicação desse biofertilizante sobre o crescimento, trocas gasosas e extração de nutrientes pelo feijão macassar foram menos expressivos nos maiores níveis de salinidade da água de irrigação.

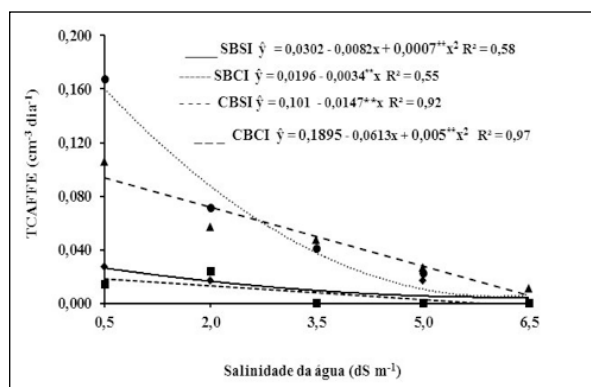
Nos tratamentos sem biofertilizante suíno, a menor TCAA estimada foi com irrigação com águas de 5,9 dS m⁻¹. Os crescimentos em altura observados nas plantas foram de 0,099 cm dia⁻¹ (0,5 dS m⁻¹), 0,051 cm dia⁻¹ (2,0 dS m⁻¹), 0,018 cm dia⁻¹ (3,5 dS m⁻¹) e 0,012 cm dia⁻¹ (5,0 dS m⁻¹), com depleção de 78,3% na variável entre as plantas irrigadas com águas de menor e as de 5,0 dS m⁻¹.

Nas plantas tratadas com biofertilizante suíno, a TCAA decresceu 0,037 cm dia⁻¹ por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo o maior crescimento diário em altura de 0,27 cm quando irrigadas com águas de 0,5 dS m⁻¹, superior a 143% ao observado quando não se usou o insumo orgânico, o que evidencia os benefícios das substâncias húmicas contidas no biofertilizante suíno nessas condições.

As taxas de crescimento absoluto (F = 4,23; p < 0,01) e relativa (F = 2,79; p < 0,01) da fitomassa fresca epígea, a área foliar (F = 3,58; p < 0,01) e a massa seca total (F = 5,33; p < 0,01) das plantas foram influenciadas pela interação água x biofertilizante x inoculação.

Na Figura 6, percebe-se que, independentemente do uso concomitante, ou não do biofertilizante suíno e do inoculante, a TCAFFE das plantas decresceu com a elevação da condutividade elétrica da água de irrigação.

Figura 6 – Taxa de crescimento absoluto de fitomassa fresca epígea (TCAFFE) do feijoeiro macassar irrigado com águas salinas sem biofertilizante e sem inoculação (— SBSI), sem biofertilizante e com inoculação (--- SBCI), com biofertilizante e sem inoculante (-----CBCI) e com biofertilizante e com inoculante (.....CBCI)



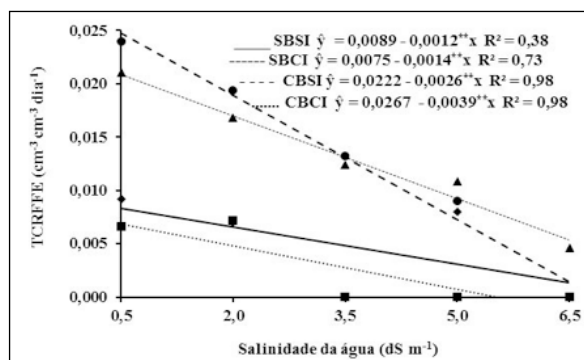
Fonte: Dados da pesquisa (2017)

As TCAFFE das plantas foram reduzidas aos níveis 0,0034 (SBCI) e 0,0147 (CBCI) por cada aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Os maiores valores foram observados nas plantas fertilizadas com o biofertilizante suíno nas condições de uso, ou não, de inoculantes.

Nas plantas irrigadas com águas de menor e maior salinidades, as TCAFFE variaram de 0,0268 e 0,0648 cm³ dia⁻¹ (SBSI) a 0,094 e 0,0055 cm³ dia⁻¹ (CBCI), respectivamente, e não resistiram a irrigações com águas de 6,5 dS m⁻¹ nos tratamentos SBCI e CBCI.

As taxas de crescimento relativo de fitomassa fresca epígea (TCRFFE) foram mais elevadas, independentemente do teor salino hídrico, nas plantas fertilizadas com biofertilizante suíno (Figura 7).

Figura 7 – Taxa de crescimento relativo de fitomassa fresca epígea (TCRFFE) do feijoeiro macassar irrigado com águas salinas sem biofertilizante e sem inoculação (— SBSI), sem biofertilizante e com inoculação (--- SBCI), com biofertilizante e sem inoculante (-----CBCI) e com biofertilizante e com inoculante (.....CBCI)

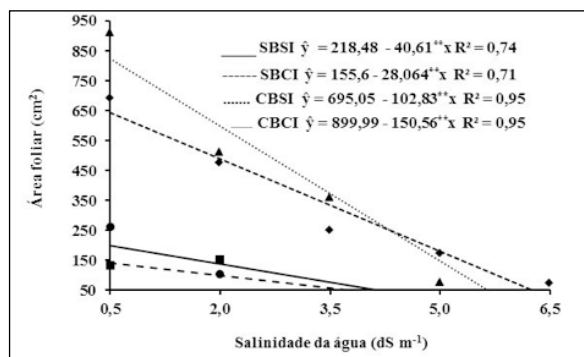


Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Nas plantas sem inoculação, as TCRFFE foram reduzidas aos níveis de 0,0012 e 0,0026 cm³ cm⁻³ dia⁻¹ a cada aumento unitário da condutividade elétrica da água nas plantas sem e com biofertilizante suíno, respectivamente, e depleção de 0,0014 e 0,0039 cm³ cm⁻³ dia⁻¹ por elevação de uma unidade de condutividade elétrica hídrica nas plantas com inoculação sem e com o insumo orgânico, respectivamente.

A área foliar do feijoeiro macassar foram reduzidas, de forma linear, nas plantas sem biofertilizante e deforma quadrática com uso do uso orgânico, independentemente da presença, ou não, do inoculante por ocasião do plantio (Figura 8).

Figura 8 – Área foliar do feijoeiro macassar irrigado com águas salinas sem biofertilizante e sem inoculação (— SBSI), sem biofertilizante e com inoculação (--- SBCI), com biofertilizante e sem inoculante (-----CBCI) e com biofertilizante e com inoculante (.....CBCI)



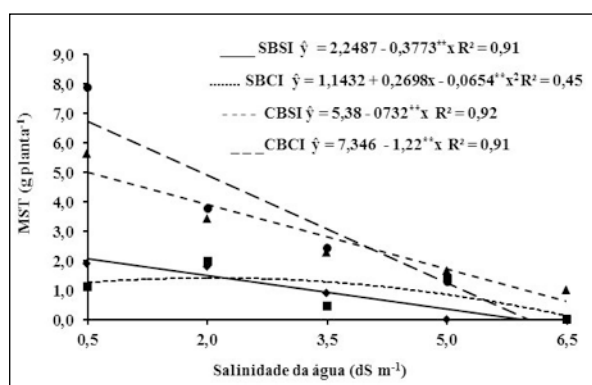
Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Nas plantas irrigadas com águas de 0,5 dS m⁻¹ as áreas foliares estimadas do feijoeiro macassar foram de 141,6 cm² e 197,7 cm² nas plantas sem biofertilizante, com e sem inoculante. Quando se utilizou a irrigação com água de menor teor salino, com o biofertilizante suíno, respectivamente sem e com o inoculante nas sementes, as áreas foliares das plantas foram de 824,7 cm² e 643,6 cm² nas plantas com biofertilizante, com e sem inoculante, respectivamente. Nessas condições de salinidade da água de irrigação, o uso do inoculante potencializou a área foliar das plantas nos tratamentos com biofertilizante suíno, com acréscimos de 28,1%.

De uma forma geral, as glicófitas, como é o caso do feijoeiro macassar, apresentam redução de crescimento quando submetidas às condições de estresse salino. Decréscimos na área foliar, provavelmente estão associados a mecanismos de defesa das plantas sob condições de estresse salino com o objetivo de reduzir as perdas de água por transpiração. A depleção neste atributo de crescimento, com consequente diminuição no volume das células, contribuiu para o ajuste osmótico, admitindo-se que a quantidade de soluto orgânico absorvido é concentrada em menor volume de suco celular, representando, também, alterações na alocação de fotoassimilados e redução na área destinada ao processo fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Nas plantas sem biofertilizante e com inoculante, a matéria seca total (MST) máxima foi obtida com irrigação com água de 2,1 dS m⁻¹ (Figura 9).

Figura 9 – Massa seca total (MST) do feijoeiro macassar irrigado com águas salinas sem biofertilizante e sem inoculação (— SBSI), sem biofertilizante e com inoculação (--- SBCI), com biofertilizante e sem inoculante (-----CBCI) e com biofertilizante e com inoculante (.....CBCI)



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

As reduções da MST por aumento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação foram aos níveis de 0,3773 (SBSI), 0,732 (CBSI) e 1,22 (CBCI).

Independentemente do uso do inoculante e do teor salino da água, os maiores valores de MST foram observados com o uso do biofertilizante suíno.

Os maiores valores de TCAA, TCAFFE, TCRFFE, área foliar e MST (Figuras 5 a 9), observados com uso do biofertilizante suíno e inoculante, justificam-se, com base em Asik *et al.* (2009), que o biofertilizante não elimina, porém exerce ação positiva na atenuação dos efeitos degenerativos da salinidade da água de irrigação através da liberação de substâncias húmicas, como ácidos húmicos, fúlvicos e humina, oriundas de fontes orgânicas, que proporcionam a produção de ácidos orgânicos, carboidratos, açúcares como sacarose, e outros solutos orgânicos como a prolina e a glicina betaína, induzindo o aumento da capacidade de ajustamento osmótico das plantas. No caso do que se observou com o inoculante, conforme Taiz e Zeigher (2013), a ação das bactérias nitrificadoras foi benéfica às plantas, elevando-lhes os benefícios do processo fotossintético e lhes mitigando os efeitos dos sais às plantas.

4 Conclusões

O estresse salino potencializa prejuízos no percentual de emergência, no tempo médio e no índice de velocidade de emergência das sementes de feijão macassar.

O biofertilizante suíno aplicado em fundação eleva e a inoculação reduz o tempo médio de emergência do feijão macassar.

O uso concomitante de águas salinas, biofertilizante suíno e inoculação com *Bradyrhizobium* não influencia os atributos de emergência das sementes de feijão macassar, porém mitiga o estresse salino nos atributos de crescimento das plantas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. R *et al.* Crescimento do feijão caupi submetido à inoculação com rizóbios e irrigação com água salina. **Revista Brasileira e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 6-9, 2012.
- ARAGÃO, C. A. *et al.* Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2009.

ASIK, B. B. *et al.* Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. **Asian Journal of Crop Science**, v.1, p.87-95, 2009.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho Distroférico sob sistema de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 515-522, 2005.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 565-580, 2006.

BENINCASA, M. M. **Análise do crescimento de plantas**. FUNEP: Jaboticabal, 2003.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994.

BISWAS, J. C. *et al.* Rhizobial hizobial inoculation influences seedling inoculation influences vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, v.92, n. 5, p. 880-886, 2000.

BRAHMAPRAKASH, G. P.; SAHU, P. K. Biofertilizers for sustainability. **Journal of the Indian Institute of Science**, v.92, p.37-62, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório e conhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/CONTAP/USAIDSUDENE, 1972.

DINIZ NETO, M. A. *et al.* Mudanças de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 10- 18, 2014.

EDWARDS, T. I. Relations of germinating soy beans to temperature and length of incubations time. **Plant Physiology**, v.9, n.1, p.1-30, 1934.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA

DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise do solo**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FRANCO, M. C. *et al.* Nodulação em feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n, 8, p.1145-1150, 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; ARAÚJO, J. A. M.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005.

FREIRE, J. L. O. *et al.* Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 102-110, 2010.

GUALTER, R. M. R. *et al.* Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 469-474, 2008.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001, 48p.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro. v.48, n.2, p.263-284, 1976.

MARTINS, M. L. M. *et al.* Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 6, p. 333-339, 2003.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: USA, Elsevier, 2012. 651p.

PICUÍ. Coordenadas Geográficas. 2016. <http://www.geografos.com.br/cidades-paraiba/picui> > 4 ago. 2016.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954.

SANTOS, H. O. *et al.* Quality of seeds of upland rice lines adapted to the state of Minas Gerais, Brazil. **American Journal of Plant Science**, v. 6, p. 1920-1927, 2015.

SANTOS, J. F. *et al.* Produtividade de feijão caupi utilizando biofertilizante e ureia. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 1, n. 1, p.25-29, 2007.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT 9.3 **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011. 621 p.

SILVA, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 4, p. 383-389, 2011.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H. O.; ERIS, A. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. **Scientae Horticulturae**, n. 97, p. 229-237.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2013

TORRES, E. C. M. *et al.* Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso dos atenuadores do estresse salino. **Revista Nativa**, v. 2, n.2, p. 71-78, 2014.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilizacion nitrogenada de cultivos anuales em America Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, 2000.

ZILLI, J. E. *et al.* Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 749-758, 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de PIBITI.

À Pro-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do Instituto Federal de educação da Paraíba, pela proatividade na busca de melhores condições de trabalho para as pesquisas.

Ao Grupo Paraibano de Estudos Socioambientais do IFPB – Campus Picuí.