

“

A influência da salinidade na simbiose de microrganismos benéficos: o caso do feijão caupi

| Verônica de Castro **Leal**
UNEB

| Mário **Carvalho**
UE

| Naiara Ferreira de **Oliveira**
UNEB

| Paulo Ivan **Fernandes Júnior**
EMBRAPA

| Ricardo Argenton **Ramos**
UNIVASF

| Clarisse **Brígido**
UE

| Igor Juliano da Silva **Souza**
UNEB

| Lindete Miria Vieira **Martins**
UNEB

RESUMO

A salinização do solo é um fator limitante para a produção agrícola, podendo diminuir significativamente a capacidade de desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente a qualidade dos produtos, mesmo no caso de culturas consideradas resistentes, como a leguminosa feijão-caupi. Além disso, altos teores de sal também afetam o comportamento da microbiota do solo, reduzindo a interação das plantas com microrganismos benéficos, como os fungos micorrizíco arbusculares (FMAs) e os rizóbios. Assim, avaliar o impacto causado pela salinidade na associação planta-FMA- rizóbio e apontar as variáveis que poderão afetar a cultura do feijão-caupi é o principal objetivo deste trabalho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em casa de vegetação. Os tratamentos foram: controle (sem adição de sal) e solos com diferentes condutividades elétrica (CE), são elas: 1,0 dS m⁻¹; 2,0 dS m⁻¹; 3,0 dS m⁻¹; 4,0 dS m⁻¹; 5,0 dS m⁻¹. Os resultados apontaram que tanto as interações com os microrganismos, quanto o desenvolvimento vegetal foi afetado, com destaque para os valores a partir de 4,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, sendo que o maior impacto foi notado pela CE 5,0 dS m⁻¹.

Palavras-chave: Condutividade Elétrica, Estresse Salino, Feijão-Caupi, Fungo Micorrizíco Arbuscular, Rizóbios.

INTRODUÇÃO

A salinidade compromete o desenvolvimento vegetativo e as associações favoráveis com os microrganismos presentes no solo, resultando em déficit na produtividade agrícola. Esse fator é considerado um problema global e ocorre principalmente em regiões áridas e semiáridas, levando severos prejuízos ao agronegócio dessas regiões (SILVA JÚNIOR, et al., 2009). Os solos salinos são definidos como aqueles que possuem a condutividade elétrica (CE) igual ou maior que 4 dS m^{-1} (RATH, et al., 2019). Este nível de condutividade pode reduzir a produção agrícola, hortícola e forrageira nas regiões áridas e semiáridas (MUNNS e GILLIHAM, 2015), e pode-se observar que essa condição também afeta a interação dos microrganismos benéficos com as plantas.

O Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), conhecido popularmente como feijão verde, feijão macassar ou feijão-de-corda, pertence à família Fabaceae (FREIRE FILHO, 2011), conhecida por se associar com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as bactérias diazotróficas. Esta leguminosa é produzida em regiões tropicais e subtropicais de todos os continentes (FREIRE FILHO; ROCHA; SILVA, 2017), por consequência da sua adaptação às altas temperaturas, salinidade e à seca comparado a outras espécies (BOUKAR, et al., 2018). Portanto, a escolha desta espécie é propícia para o estudo da interferência das diferentes concentrações de sais presentes no solo em relação à simbiose com os microrganismos.

O foco deste trabalho foi observar a ação dos microrganismos que beneficiam as plantas, em especial os FMAs e os rizóbios. A associação íntima entre as leguminosas, os rizóbios e os FMAs é denominada interação tripartida integral em ecossistemas terrestres (OSSLER; ZIELINSKI; HEATH, 2015) e gera benefícios mutuamente para todos os envolvidos. Os FMAs e os rizóbios contribuem para o fornecimento de fósforo e nitrogênio, respectivamente, para as plantas (HARRIS; PACOVSKY; PAUL, 1985; MACKAY et al, 2017). Deste modo, esta associação é uma excelente opção para adquirir os nutrientes citados acima, favorecendo o desenvolvimento vegetativo, reduzindo a utilização de insumos químicos e melhorando a sustentabilidade global (VIGO; NORMAN; HOOKER, 2000).

Conhecendo as vantagens inerentes as relações simbióticas mencionadas, observa-se a necessidade de ampliar a realização de estudos sobre o comportamento dentro da correlação entre FMAs, rizóbios e feijão-caupi sob a influência da salinidade no semiárido. O presente trabalho pretende avaliar a simbiose destes microrganismos nas plantas de feijão-caupi quando cultivadas em situações controle e em diferentes níveis de estresse salino através de análises estruturais e microbiológicas para observar o impacto destas condições.

OBJETIVO

Avaliar o impacto de diferentes níveis de salinidade no solo em relação as estruturas da planta feijão-caupi e a sua associação com os rizóbios e os FMAs.

MÉTODOS

Indução salina

A indução salina foi realizada no laboratório de microbiologia do solo – LAMISO do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS, da Universidade do Estado da Bahia/ UNEB, no município de Juazeiro-BA, situado a latitude 9°25'43 6" S, longitude 40o32'14" W e a altitude 384 m. Neste experimento foi utilizado o solo classificado como Neossolo Flúvico com as características químicas, antes da adição de NaCl, presentes na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e física do Neossolo Flúvico.

Atributos Químicos										Atributos físicos			
pH	P	K	Na	Ca+2	Mg ⁺ ₂	Al ⁺ ₃	H+A I	SB	OM	Sand	Silt	Clay	
(H ₂ O)	(mg/dm ³)			(cmolc/dm ³)						g/Kg	(%)		
6.6	5.63	0.16	0.01	2.3	0.6	-	0.99	2.99	6.3	86	12	2	

Foram induzidas diferentes concentrações salinas no Neossolo Flúvico, a partir de soluções com 10 distintas concentrações elétricas (CE) induzidas por cloreto de sódio (NaCl), além do controle (T0). As concentrações de NaCl usadas foram: T1 - 0,2g de NaCl/L, T2 - 0,3g de NaCl/L, T3 - 0,4g de NaCl/L, T4 - 0,48g de NaCl/L, T5 - 0,9g de NaCl/L, T6 - 2g de NaCl/L, T7 - 3,2g de NaCl/L, T8 4,2g de NaCl/L, T9 - 5,8g de NaCl/L e T10 - 9g de NaCl/L, cada tratamento possuiu 5 repetições. Tanto nas soluções, quanto no tratamento controle foi utilizada a mesma fonte de água.

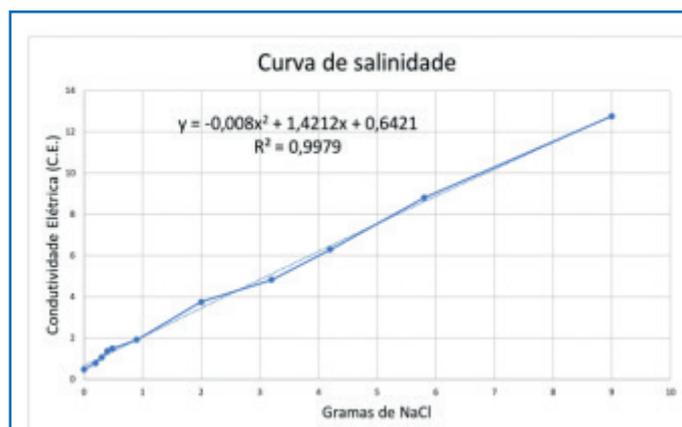
As concentrações foram preparadas e adicionadas ao solo por capilaridade, depois de 24 horas foi retirado 200g de solo para a obtenção das CEs. Os solos foram separados em recipientes apropriados adicionando-se água destilada até que atingisse o ponto de pasta de saturação representado pelo aspecto espelhado e deslizamento da pasta da espátula, como o descrito por Richards (1954). Em seguida, vedaram-se os recipientes para evitar perdas de água da pasta por evaporação, mantendo as pastas nestas condições por 16 horas. Logo após esse intervalo, as pastas foram colocadas em sistema de vácuo (funil de Büchner-kitassato-bomba) para a obtenção dos extratos de pasta de saturação acondicionando-os em tubos *Falcons* de 50 mL medidos a condutividade elétrica com o auxílio de um

condutivímetro. Os resultados foram dispostos na Tabela 2 e com base neste foi gerado o Gráfico 1 da curva de salinidade conforme apresentado por Santana et al. (2003).

Tabela 2. Indução salina. Relação da quantidade de gramas de NaCl por litro foram adicionados ao solo e da condutividade elétrica gerada por estas soluções no solo.

Tratamentos	NaCl (g/L)	CE (dS m ⁻¹)
T0	0,0	0,46934
T1	0,2	0,79228
T2	0,3	1,0482
T3	0,4	1,3582
T4	0,48	1,4824
T5	0,9	1,912
T6	2	3,752
T7	3,2	4,83
T8	4,2	6,302
T9	5,8	8,802
T10	9	12,76

Gráfico 1. Curva de salinidade do Neossolo Flúvio



Experimento em casa de vegetação

O delineamento experimental foi em blocos casualizados e conduzido entre os meses de outubro e novembro, em casa de vegetação, sob radiação solar de 50%, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS, da Universidade do Estado da Bahia/UNEB, no município de Juazeiro-BA. Os tratamentos foram: Controle (T0), CE 1 dS m⁻¹ (T1), CE 2 dS m⁻¹ (T2), CE 3 dS m⁻¹ (T3), CE 4 dS m⁻¹ (T4) e CE 5 dS m⁻¹ (T5). As CEs foram induzidas a partir das concentrações de NaCl geradas pela curva de salinidade (Gráfico 1) no solo utilizado, Neossolo Flúvio. O acompanhamento da CE foi efetuado com extratores de solução do solo e condutivímetro portátil, modelo Lutron CD-4301 (Indústria brasileira). A irrigação foi realizada a cada dois dias, com a finalidade de manter a capacidade de vaso.

As sementes utilizadas no experimento foram da variedade comercial BRS pujante, a semeadura foi realizada em vasos de 5 litros, acondicionados 1,5 kg de brita no fundo do vaso e 5 kg do solo, com duas plantas por vaso. A colheita foi realizada aos 45 dias após a germinação, momento em que procederam as avaliações de: altura da planta, número de folhas, diâmetro de caule, clorofila A, clorofila B, área foliar, peso seco da parte aérea, peso seco das raízes, número de nódulos, peso seco de nódulos, taxa de colonização e número de esporos.

Para medir a altura da planta, foi utilizada uma régua graduada em centímetros e milímetros, para a tomada da leitura teve-se como referência o limite da base superior do vaso preenchido pelo solo e a extremidade do ápice da planta. Foi contado o número de folhas por planta, levando em conta a folha trifoliolada, o comprimento e largura de folha foram medidos com a régua graduada e em seguida foram colocados na fórmula de área foliar do feijoeiro. Para medida do diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro digital e na medida da clorofila A e B o com auxílio do aparelho clorofiLOG, modelo CFL1030 (Indústria brasileira).

Após as avaliações estruturais, as plantas foram cuidadosamente retiradas dos vasos por lavagem direta em água corrente sobre uma peneira de 0,5 mm e seccionadas em parte aérea e raiz com auxílio de uma tesoura de poda, identificadas e levadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo DTCS/UNEB para determinação das demais variáveis. Uma grama da raiz de todas as amostras foi retirada e armazenada para análise da taxa de colonização micorrízica nas raízes. O restante dos materiais foi identificado e acondicionado em sacos de papel madeira e colocados para secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65,5°C por 72 horas, após esse período foram pesadas e determinados o peso seco da parte aérea e das raízes.

Nas raízes, os nódulos radiculares foram separados e contados, obtendo o número de nódulos e os mesmos foram colocados em estufa a 60 °C por cinco dias e depois pesados, obtendo a matéria seca dos nódulos. A metodologia da contagem de esporos foi a partir do peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLCON, 1963), seguido de centrifugação em água e sacarose a 40%. Para a taxa de colonização micorrízica, as raízes finas foram separadas e lavadas com água, em seguida, sofreram clareamento pelo aquecimento em solução de KOH a 10% e coradas com azul de Trypan (0,05%) (PHILLIPS e HAYMAN, 1970). O percentual de colonização das raízes foi estimado utilizando a técnica de interseção, onde observou-se a presença de estruturas fúngicas na região do córtex radicular, com o auxílio de um microscópio estereoscópico e a taxa de colonização foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Colonização micorrízica (\%)} = \frac{\text{Número total de raízes colonizadas}}{\text{Número total de raízes observadas}} \times 100$$

RESULTADOS

As análises estruturais das plantas mostraram que valores de condutividade elétrica acima de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, tratamentos 4 e 5, causaram redução significativa no número de folhas do feijão-caupi. Quanto à área foliar, esta foi influenciada somente pela condutividade de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. As medidas de Clorofila A e B não mostraram ser influenciadas pela salinidade. (Tabela 3)

Tabela 3. Análises estruturais das folhas, área foliar, clorofila A e B.

	Nº de folhas	Área foliar (cm)	Clorofila A	Clorofila B
Controle (CE: 0,25)	6,87 A	11,64 A	27,20 A	10,34 A
Trat. 1 (CE: 1,0)	6,25 A	11,58 A	30,36 A	9,66 A
Trat. 2 (CE: 2,0)	6,25 A	10,32 A	26,82 A	10,44 A
Trat. 3 (CE: 3,0)	6,12 A	10,31 A	29,50 A	10,52 A
Trat.4 (CE: 4,0)	5,50 B	9,86 A	28,27 A	9,21 A
Trat.5 (CE: 5,0)	5,42 B	5,80 B	28,10 A	7,81 A

Não foram observadas diferenças significativas quanto ao diâmetro do caule. Para a altura e o peso seco da parte aérea, os tratamentos com CE $4,0$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram efeito negativo em comparação aos demais. Porém, nas avaliações do peso seco das raízes observou-se diferença apenas para o tratamento com CE $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. (Tabela 4)

Tabela 4. Análises estruturais da altura, diâmetro do caule, peso seco da parte aérea e raiz.

	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Peso seco da parte aérea (g)	Peso seco da raiz (g)
Controle (CE: 0,25)	28,70 A	4,91 A	5,63 A	2,38 A
Trat. 1 (CE: 1,0)	28,41 A	4,25 A	5,56 A	2,21 A
Trat. 2 (CE: 2,0)	28,13 A	4,50 A	5,49 A	2,16 A
Trat. 3 (CE: 3,0)	27,80 A	4,80 A	4,63 A	2,08 A
Trat.4 (CE: 4,0)	25,76 B	4,66 A	2,75 B	1,90 A
Trat.5 (CE: 5,0)	23,73 B	4,17 A	2,63 B	1,32 B

Ocorreu um declínio da nodulação desde a mínima concentração de sal adicionada, sendo mais intensamente influenciada a partir da CE $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto, o peso dos nódulos secos teve diferença estatística significativa apenas no tratamento com CE $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. A colonização micorrízica foi menor a partir da CE $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo mais evidentemente afetada na CE $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. Para o número de esporos presentes no solo observou-se valores estatisticamente inferiores somente nos tratamentos com CE $4,0$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. (Tabela 5)

Tabela 5. Análises estruturais dos nódulos e seu peso seco, taxa de colonização e nº de esporos.

	Nº de nódulos	Peso seco de nódulos (g)	Taxa de colonização (%)	Nº de esporos
Controle (CE: 0,25)	95,00 A	0,31 A	73,00 A	352,75 A
Trat. 1 (CE: 1,0)	78,00 B	0,26 A	70,25 A	329,00 A
Trat. 2 (CE: 2,0)	75,00 B	0,24 A	61,00 B	347,00 A
Trat. 3 (CE: 3,0)	70,75 B	0,21 A	55,00 B	337,25 A
Trat.4 (CE: 4,0)	58,75 C	0,20 A	52,50 B	258,00 B
Trat.5 (CE: 5,0)	44,25 C	0,09 B	33,75 C	154,00 B

DISCUSSÃO

Foi possível observar que todas as variáveis medidas que possuíram diferença estatística entre os tratamentos (número de folhas, área foliar, altura, número de nódulos, taxa de colonização, número de esporos, peso seco da parte aérea, raiz e nódulos) estão com os valores decrescendo em relação a crescente dos tratamentos e seus respectivos valores de condutividade elétrica. Esses efeitos podem ser advindos da diminuição da absorção de água pelas plantas devido a uma maior concentração salina, conseqüentemente impedindo que a planta capte os nutrientes necessários para o seu crescimento (SANTANA et al., 2003).

Em relação as clorofilas A e B, as mesmas não mostraram diferença estatística com o aumento da salinidade, o que vai contra a outros resultados encontrados na literatura (AQUINO et al., 2017; FAROOQ et al., 2020). Entretanto, a diminuição da quantidade de folhas ou mesmo de sua área foliar prejudica o desenvolvimento da planta, diminuindo assim a capacidade de captação de luz solar e da sua síntese de energia. Uma segunda suposição é que a diminuição da área foliar e da quantidade de folhas está relacionada aos mecanismos de proteção da planta quando submetida ao estresse salino, o que gera assim uma diminuição da área de possível transpiração da planta e por conseqüência uma menor perda de água (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Nas análises vegetativas para altura, peso seco da parte aérea e raiz, outros trabalhos corroboram com os resultados encontrados neste (MEDEIROS et al., 2008; SILVA et al., 2009; ANDRADE et al., 2013). Em relação ao diâmetro do caule, diferente dos resultados aqui encontrados, Silva et al. (2009) observaram a influência da salinidade para este parâmetro, porém este foi o parâmetro com menor influência deste estresse. Os resultados apoiam que a salinidade influencia negativamente o desenvolvimento vegetativo, outros estudos mostram que a salinidade compromete desde a germinação das sementes, as

propriedades químicas do solo, a produtividade do cultivo, até a disponibilidade de água para a planta (RIETZ; HAYNES, 2003; SILVA JÚNIOR et al., 2009; AL- DAKHEEL; HUSSAIN, 2016; GORJI et al., 2017).

O peso seco dos nódulos é o melhor parâmetro para se avaliar que a simbiose da planta-leguminosa está sendo eficiente na captação de nitrogênio (XAVIER et al., 2007). Os resultados apresentados na Tabela 5 mostram o decréscimo do peso dos nódulos e da quantidade de nódulos em relação ao aumento da salinidade do solo. Tais resultados ressaltam a menor absorção de nutrientes pela planta que está sob estresse salino (MEDEIROS et al., 2008), conseqüentemente, a planta terá sua produção reduzida e afetando assim outras variáveis (GEORGIEV; ATKINS, 1993), como já foi observado neste trabalho.

A colonização por FMAs foi influenciada a partir da CE de 2,0 dS m⁻¹, à semelhança dos resultados encontrados por Tavares et al. (2012) em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) submetidas a várias concentrações salinas, tendo mostrado inibição progressiva da colonização fúngica a partir de 1,70 dS m⁻¹. A diminuição da colonização além de ser inversamente proporcional ao aumento da CE, mostrou-se ainda mais sensível se comparado aos efeitos causados ao desenvolvimento vegetativo, além disso o tratamento com CE de 5,0 dS m⁻¹ apresentou valor ainda menor que os demais. Já para o número de esporos no solo, pode-se observar que o declínio desta variável ocorreu a partir da CE de 4,0 dS m⁻¹, entretanto a taxa de colonização foi influenciada apenas a partir do tratamento 2, indicando assim que apesar do número de esporos estar alto nas CEs 2,0 e 3,0 dS m⁻¹ os mesmos não foram capazes de se associarem com o feijão-caupi. Estudos mostram que a salinidade pode influenciar a comunidade desses microrganismos (JUNIPER; ABBOTT, 2006; KRISHNAMOORTHY et al., 2014).

Sabe-se que a colonização das raízes das plantas pelos FMAs melhora significativamente a absorção de minerais, aumenta o crescimento das plantas e melhora resistência a patógenos e a tolerância a estresses abióticos (BRITO et al. 2019). Os rizóbios, por sua vez, são capazes de fixar nitrogênio atmosférico nos nódulos radiculares convertendo-o em compostos nitrogenados assimiláveis pelas plantas (MACKAY et al., 2017), para além de possuírem outros mecanismos de promoção de crescimento de plantas (BRÍGIDO et al. 2017). Assim, plantas que se possuíram a associação mais intensa com os microrganismos citados obtiveram as vantagens também em seu desenvolvimento, o contrário também pode ser observado, visto que os tratamentos 4 e 5 para o número de nódulos e 5 para a taxa de colonização obtiveram os piores resultados também para nas análises estruturais do feijão-caupi.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores de concentração salina afetaram o desenvolvimento estrutural do feijão-caupi a partir da CE 4,0 dS m⁻¹, sendo ainda mais abrangentes para CE 5,0 dS m⁻¹. Já a nodulação por bactérias diazotróficas mostrou-se sensível a todos os níveis de estresse salino estudados, porém, sofreu maior impacto a partir da CE 4,0 dS m⁻¹. Por fim, a simbiose FMA-planta foi afetada a partir da CE 2,0 dS m⁻¹, mostrando uma queda mais acentuada na taxa de colonização na CE 5,0 dS m⁻¹.

■ REFERÊNCIAS

1. AL-DAKHEEL, A. J.; HUSSAIN, M. I. Genotypic Variation for Salinity Tolerance in *Cenchrus ciliaris* L. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1090, 2016.
2. AQUINO, João Pedro Alves de, et al. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinity. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1001-1008, 2017.
3. BOUKAR, O., BELKO, N., CHAMARTHI, S., TOGOLA, A., BATIENO, J., OWUSU, E., HARUNA, M., DIALLO, S., UMAR, M. L., OLUFAJO, O., FATOKUN, C. Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. **Plant Breeding**, 2018.
4. BRÍGIDO, C., GLICK, B.R., OLIVEIRA, S. Survey of Plant Growth-Promoting Mechanisms in Native Portuguese Chickpea Mesorhizobium Isolates. **Microbial Ecology**, 73, 900-915, 2017.
5. BRITO, Isabel et al. Agronomic management of AMF functional diversity to overcome biotic and abiotic stresses - The role of plant sequence and intact extraradical mycelium. **Fungal Ecology**, 40, 72-81, 2019.
6. DE ANDRADE, Jailma Ribeiro et al. Crescimento inicial de genótipos de feijão caupi submetidos à diferentes níveis de água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 36-40, 2013.
7. FAROOQ, Muhammad et al. Integrated use of seed priming and biochar improves salt tolerance in cowpea. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109507, 2020.
8. FREIRE FILHO, F. R., ROCHA, M. D. M., SILVA, K. Mercados e comercialização. **Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.
9. FREIRE FILHO, Francisco Rodrigues. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)**. 2011.
10. GEORGIEV, G. I.; ATKINS, C. A. Effects of salinity on N₂ fixation, nitrogen metabolism and export and diffusive conductance of cowpea root nodules. **Symbiosis**, 1993.
11. GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. Hs. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

12. GORJI, T.; SERTEL, E.; TANIK, A. Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. **Ecological indicators**, v. 74, p. 384-391, 2017.
13. HARRIS, D., PACOVSKY, R. S., e PAUL, E. A. Carbon economy of soybean–Rhizobium–Glo-mus associations. **New Phytologist**, 101(3), 427-440, 1985.
14. JUNIPER, S., ABBOTT, L. K. Soil salinity delays germination and limits growth of hyphae from propagules of arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, 16(5), 371-379, 2006.
15. KRISHNAMOORTHY, R., KIM, K., KIM, C., SA, T. Changes of arbuscular mycorrhizal traits and community structure with respect to soil salinity in a coastal reclamation land. **Soil Biology and Biochemistry**, 72, 1-10, 2014.
16. MACKAY, J. E., CAVAGNARO, T. R., STÖVER, D. S. M., MACDONALD, L. M., GRØNLUND, M., E JACKOBEN, I., A key role for arbuscular mycorrhiza in plant acquisition of P from sewage sludge recycled to soil. **Soil Biology and Biochemistry**, 115, 11-20, 2017.
17. MEDEIROS, Reinaldo et al. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. **Revista Ca-atinga**, v. 21, n. 5, p. 202-206, 2008.
18. MEDEIROS, Reinaldo et al. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. **Revista Ca-atinga**, v. 21, n. 5, p. 202-206, 2008.
19. MUNNS, Rana; GILLIHAM, Matthew. Salinity tolerance of crops—what is the cost?. **New phy-tologist**, v. 208, n. 3, p. 668-673, 2015.
20. OSSLER, J. N., ZIELINSKI, C. A., e HEATH, K. D. Tripartite mutualism: facilitation or trade-offs between rhizobial and mycorrhizal symbionts of legume hosts. **American journal of botany**, 2015.
21. PHILLIPS, J. M; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British mycological Society**, v. 55, n. 1, p. 158-IN18, 1970.
22. RATH, K. M., FIERER, N., MURPHY, D. V., ROUSK J. Linking bacterial community composi-tion to soil salinity along environmental gradients. **The ISME journal**, v. 13, n. 3, p. 836, 2019.
23. RICHARDS, Lorenzo Adolph. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. LWW, 1954.
24. RIETZ, D. N.; HAYNES, R. J. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 6, p. 845-854, 2003.
25. SANTANA, M. J., de ASSUNÇÃO CARVALHO, J., DA SILVA, E. L., e DA SILVA MIGUEL, D. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Effect of irrigation water salinity in a soilcultivated with french beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 443-450, 2003.
26. SILVA JÚNIOR, J. M., TAVARES, R. D. C., MENDES FILHO, P. F., & GOMES, V. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, 2009.

27. SILVA JÚNIOR, J. M., TAVARES, R. D. C., MENDES FILHO, P. F., GOMES, V. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, 2009.
28. SILVA, Franco Eduardo Oliveira et al. Desenvolvimento vegetativo do feijão caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 2009.
29. TAVARES, Rodrigo Castro et al. Colonização micorrízica e nodulação radicular em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 409-416, 2012.
30. TESTER, Mark; DAVENPORT, Romola. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.
31. VIGO, C., NORMAN, J. R. E HOOKER, J. E., Biocontrol of the pathogen *Phytophthora* parasítica by arbuscular mycorrhizal fungi is a consequence of effects on infection loci. **Plant pathology**, 49(4), 509-514, 2000.
32. XAVIER, Gustavo Ribeiro et al. Tolerância de rizóbio de feijão-caupi à salinidade e à temperatura em condição in vitro. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 1-9, 2007.