



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA

**MATÉRIA ORGÂNICA NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS
DA SALINIDADE DO SOLO SOBRE O
DESENVOLVIMENTO DE FEIJÃO CAUPI (*Vigna
unguiculata* (L.) WALP)**

ROSILENE GOMES DE SOUZA PINHEIRO

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

2022

ROSILENE GOMES DE SOUZA PINHEIRO

**MATÉRIA ORGÂNICA NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SALINIDADE
DO SOLO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE FEIJÃO CAUPI (*Vigna
unguiculata* (L.) WALP)**

Dissertação apresentada a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre” em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre

Coorientadora: Profa. Dra. Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

2022

P654m

Pinheiro, Rosilene Gomes de Souza.

Matéria orgânica na mitigação dos efeitos da salinidade do solo sobre o desenvolvimento de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP). / Rosilene Gomes de Souza Pinheiro, 2022.

102f.

Orientador (a): D.Sc. Cristiano Tagliaferre.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referência F. 95 – 102.

1. Feijão-caupi - Cultivo. 2. Salinidade - Solo. 3. Ajuste osmótico. I. Tagliaferre, Cristiano. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 635.6592

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia**

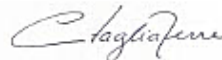
Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: MATÉRIA ORGÂNICA NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SALINIDADE DO SOLO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. WALP)

Autora: Rosilene Gomes de Souza Pinheiro

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



Cristiano Tagliaferre, D.Sc., UESB
Presidente



Edith Taleisnik, D.Sc., Universidad Católica de Córdoba, Argentina



Leandro Dias da Silva, D.Sc., PNP/UESB

Data de realização: 28 de janeiro de 2022.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil
Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

DEDICATÓRIA

A Deus por tantas graças;

Aos meus pais e meus irmãos pelo amor e apoio;

E a mim mesma, que apesar do medo de encarar o processo, persisti!

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha força para chegar até aqui e pelas bênçãos concedidas!

Aos meus pais, Claudice e Judicael, pelo amor expresso de diversas formas, por me incentivarem na pesquisa e pelo esforço em me ajudar a concluir mais uma etapa!

Aos meus irmãos, Roni, Rute, Ricardo, Renilson e Rivaldo, pelo amor, apoio e amizade; por ouvirem minhas lamúrias e compartilharem alegrias. Essa vitória é nossa!

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de capacitação profissional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo incentivo à pesquisa e concessão da bolsa de estudo;

Ao Professor Dr. Sc. Cristiano Tagliaferre, meu orientador, pelos ensinamentos, incentivo, apoio, confiança, amizade e crescimento profissional!

À Professora Dra. Sc. Sylvana Naomi Matsumoto, pela coorientação, ensinamentos e apoio nesta pesquisa;

À minha equipe de pesquisa do Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem pela ajuda, em especial a Genilson e Lorena, amigos que se consolidaram mais ainda nesses anos de pesquisa! Vocês me ensinaram muito!

Ao Pós-Doc. Leandro Dias por abraçar a causa deste trabalho de todas as formas possíveis, principalmente, no estudo das relações hídricas! Você contribuiu muito neste estudo e em meu crescimento na pesquisa!

Ao grupo de pesquisa Fitofisiologia irrigada pela ajuda e amizade: Leandro, Raul, Mateus Pires, Eveline e a Natália, em especial, pelo companheirismo e longos anos de amizade! Sou grata por ter vivenciado o mestrado ao lado de uma grande amiga!

A Jennifer, Romana, Talita, Ueslei, Matheus, Marcos, Thales, Joice, Jéssica, Isabel, Vanessa, Andressa, Mariana, Milena, Gláucia, Thaíse, Gabriela e todos os outros amigos pela contribuição, apoio, incentivo, força e por tornarem os dias mais leves;

A Seu Manoel, Dui, Duda, Seu Joélio e todos os funcionários que ajudaram ativamente no trabalho árduo. Vocês foram peças-chaves para execução das atividades!

Ao Professor Divino e toda equipe do Laboratório de Solos da Uesb pela contribuição;

À equipe do Laboratório de Nutrição Animal pelo apoio e estrutura, em especial, à M. Sc Bárbara e M. Sc. Luíza, ex colegas de iniciação científica, pela contribuição!

À Universidade Estadual de Santa Cruz pela parceria e estrutura, em especial ao Prof. Dr. Sc. Fábio Gomes e à M. Sc. Francinne Almeida pelo apoio;

Aos membros da banca examinadora pela avaliação e contribuições nesta pesquisa;

E a todos que colaboraram de forma direta ou indireta nesta conquista, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO GERAL

PINHEIRO, R.G.S. **Matéria orgânica na mitigação dos efeitos da salinidade do solo sobre o desenvolvimento de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2022. 102p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)*

A salinidade é um estresse abiótico que afeta a produção agrícola a nível mundial. O alto teor de sais no solo e na água de irrigação, comum nas regiões de clima semiárido, prejudica o solo e cultivo de espécies como o feijão-caupi. A aplicação esterco bovino é uma estratégia de manejo com potencial de mitigar os efeitos prejudiciais da salinidade devido sua capacidade de melhorar a estrutura física do solo, eliminar íons salinos e ainda fornecer nutrientes para a cultura. No entanto, existem poucos estudos que avaliam a interação deste produto no solo em cultivo de feijão-caupi sob condições de estresse salino. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da matéria orgânica sobre a salinidade do solo e desenvolvimento do feijão caupi. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco condutividades elétricas da água de irrigação [0,0 (sem adição de sais); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹] e cinco dosagens de esterco bovino [0 (sem aplicação); 10; 20; 30 e 40 t ha⁻¹], com três repetições. Este estudo foi conduzido em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) com semeadura realizada em vasos com capacidade de 30 dm³. As avaliações foram realizadas aos 34, 50 e 73 dias após emergência. Foram avaliadas variáveis morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Os resultados obtidos demonstram que aplicar esterco bovino no solo reduz a condutividade do extrato de saturação e mantém o status hídrico da planta. Concluiu-se que, a aplicação da dose de 40 t ha⁻¹ de esterco bovino no solo em cultivo de feijão-caupi dificulta o acúmulo total de sais na solução do solo. A salinidade acima dos níveis recomendados para feijão-caupi altera a morfologia do feijão-caupi cultivar BRS Guariba. Aplicar doses de 30 e 40 t ha⁻¹ de esterco bovino no solo em cultivo de feijão-caupi promovem reduções menos acentuadas na produção irrigada com água salina acima dos níveis recomendados para a cultura. O uso de água salina com condutividade acima de níveis recomendados afeta a fotossíntese e a permeabilidade de membranas em feijão-caupi cultivar BRS Guariba. A aplicação de esterco bovino em solo salino favorece a manutenção do status hídrico do feijão-caupi cultivado nesse ambiente expresso pelos valores de potencial osmótico, teor relativo de água e pela redução do conteúdo de açúcares solúveis totais, amido e prolina.

Palavras-chave: salinidade, crescimento vegetal, ajuste osmótico.

***Orientador:** Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre, UESB

***Coorientadora:** Profa. Dra. Sylvana Naomi Matsumoto, UESB

GENERAL ABSTRACT

PINHEIRO, R.G.S. **Organic matter in mitigating the effects of soil salinity on development of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2022. 102p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science) *

Salinity is an abiotic stress that affects agricultural production worldwide. The high salts content in soil and irrigation water in semi-arid climatic regions harms the soil and cultivation of species such as cowpea in this environment. The application of cattle manure is a management strategy with the potential to mitigate the harmful effects of salinity due to its ability to improve the physical structure of the soil, eliminate saline ions and also to supply nutrients for the crop. However, there exist few studies evaluating the interaction of this product in soil with cowpea cultivation in saline stress conditions. The purpose of this study was to evaluate the effects of organic matter on soil salinity and cowpea development. The experimental design was in randomized blocks, in a factorial arrangement 5 x 5, with five electrical conductivities of irrigation water [0.0 (no salt addition); 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹] and five dosages of cattle manure [0 (without application); 10; 20; 30 and 40 t ha⁻¹], with three replicates, totaling 75 experimental plots. This study was carried out in a protected environment, in the experimental area of the State University of Southwest Bahia (UESB) with sowing carried out in pots with capacity 30 dm³. The evaluations were performed at 34, 50 and 73 days after emergence. Were evaluated morphologicals, physiologicals and biochemicals. Was concluded that the application of the dose of 40 t ha⁻¹ of cattle manure in the soil in cowpea cultivated hinders the total accumulation of sais in the soil solution. Salinity above the recommended levels for cowpea alters the morphology of cowpea cultivar BRS Guariba. Applying doses of 30 and 40 t ha⁻¹ of cattle manure in the soil in cowpea cultivated promote smaller reductions in the production irrigated with saline water above the recommended levels for the crop. The use of saline water with conductivity above recommended levels affects photosynthesis and membranes permeability in cowpea cultivar BRS Guariba. The application of cattle manure in saline soil favors the maintenance of the water status of cowpea cultivated in this environment expressed in osmotic potential, relative water content values and reduction of the total soluble sugars content, starch and proline.

Keywords: salinity, plant growth, osmotic adjustment.

***Advisor:** Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre, UESB

***Coadvisor:** Profa. Dra. Sylvana Naomi Matsumoto, UESB

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em cultivo de *Vigna unguiculata* cultivar BRS Guariba, submetido a diferentes condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de pós-colheita 33
- Figura 1.2 - Comprimento da haste principal em plantas de *Vigna unguiculata* cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita 34
- Figura 1.3 - Diâmetro do caule em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita 35
- Figura 1.4 - Número de folhas em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita 36
- Figura 1.5 - Área foliar em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo (A, B), florescimento (C, D) e colheita (E, F) 38
- Figura 1.6 - Comprimento de raiz em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) após a colheita 39
- Figura 1.7 - Massa seca das folhas em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) após a colheita 40
- Figura 1.8 - Massa seca de raízes em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) após a colheita 41
- Figura 1.9 - Potencial hídrico em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita 41
- Figura 1.10 - Teor de nitrogênio avaliado em folhas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) no período de colheita 42
- Figura 1.11 - Produção em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) ao final do ciclo da cultura 43

Figura 2.1 - Assimilação de CO ₂ em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo (A, B), de florescimento e colheita (C, D)	69
Figura 2.2 - Transpiração em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita	70
Figura 2.3 - Condutância estomática em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita	71
Figura 2.4 - Concentração interna de CO ₂ em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita	72
Figura 2.5 - Clorofila total em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo, de florescimento (A e B) e colheita (C e D)	73
Figura 2.6 - Carotenoides em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita	74
Figura 2.7 - Teores de flavonoides e antocianinas em flores de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de florescimento	74
Figura 2.8 - Potencial osmótico em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo (A e B), de florescimento (C e D) e colheita (D e E)	76
Figura 2.9 - Teor relativo de água em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita	77
Figura 2.10 - Extravasamento de eletrólitos em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita	78
Figura 2.11 - Açúcares solúveis totais em folhas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita	79
Figura 2.12 - Teor de amido em folhas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita	80
Figura 2.13 - Prolina em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita	81

Figura 2.14 - Dismutase do superóxido em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita	82
Figura 2.15 - Peroxidase do ascorbato em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita	83
Figura 2.16 - Peroxidase do guaiacol em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Características químicas das águas de irrigação utilizadas no experimento	29
Tabela 1.2 - Características químicas do solo utilizado no estudo	29
Tabela 1.3 - Características químicas do esterco bovino utilizado no estudo	30
Tabela 2.1 - Características químicas das águas de irrigação utilizadas no experimento	63
Tabela 2.2 - Composição química do solo utilizado no estudo	64
Tabela 2.3 - Composição química do esterco bovino utilizado no estudo	64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	assimilação de CO ₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
AF	área foliar (cm^2)
Al	alumínio
AMD	teor de amido (mg g^{-1} de MS)
Ant	antocianinas (mg g^{-1} de quercetina)
APX	peroxidase do ascorbato ($\text{mmol AsA g}^{-1} \text{ MS min}^{-1}$)
AST	teor de açúcares solúveis totais ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{ MS}$)
B	boro
C/N	relação carbono e nitrogênio
Ca ⁺⁺	cálcio
Car	carotenóides (mg m^{-2})
CE	condutividade elétrica
CEes	condutividade do extrato de saturação do solo (dS m^{-1})
CHP	comprimento da haste principal (cm)
ChT	clorofila total (mg m^{-2})
<i>C_i</i>	concentração interna de CO ₂
CO	carbono orgânico
CR	comprimento da raiz (cm)
Cu	cobre
DAE	dias após emergência
DC	diâmetro do caule (mm)
<i>E</i>	transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
EE	extravasamento de eletrólitos (%)
ERO's	espécies reativas de oxigênio
Fe	ferro
Flav	flavonoides (mg g^{-1} de quercetina)
GPX	peroxidase do guaiacol ($\mu\text{mol h}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ MS}$)
<i>g_s</i>	condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
H	hidrogênio
K ⁺	potássio

m	saturação por alumínio
M.O	matéria orgânica
Mg ⁺⁺	magnésio
Mn	manganês
MSF	massa seca de folhas (g)
MSR	massa seca de raízes (g)
N	nitrogênio
Na ⁺	sódio
NF	número de folhas
°C	graus celsius
P	fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
Pro	prolina (mmol g MS ⁻¹)
PROD	produção (g)
PST	porcentagem de sódio trocável
S	enxofre
S.B	soma de bases
SAR	razão de adsorção de sódio
SOD	desmutase do superóxido (UA mg ⁻¹ MS)
t	CTC efetiva
T	CTC a pH 7,0
TRA	teor relativo de água (%)
USSL	classificação da água para irrigação
V	saturação de bases
Zn	zinco
Ψ _s	potencial osmótico (MPa)
Ψ _w	potencial hídrico (MPa)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
ARTIGO I - Mitigação do estresse salino na morfologia e produção de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) através da aplicação de esterco bovino	23
Resumo	25
Abstract.....	26
3.1 Introdução	27
3.2 Material e Métodos	29
3.2.1 Área experimental.....	29
3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	29
3.2.3 Avaliações	31
3.2.3.1 Extrato de saturação do solo.....	31
3.2.3.2 Parâmetros de crescimento	32
3.2.3.3 Potencial hídrico foliar	32
3.2.3.4 Teor de nitrogênio foliar.....	32
3.2.3.5 Produção da cultura	33
3.2.3. Biomassa seca.....	33
3.2.4 Análise estatística	33
3.3 Resultados.....	33
3.4 Discussão	45
3.5 Conclusões.....	51
3.6 Referências	51
ARTIGO II - Mecanismos de tolerância de feijão-caupi sob irrigação salina e aplicação de esterco bovino	57
Resumo	59
Abstract.....	60

4.1 Introdução.....	61
4.2 Material e Métodos	62
4.2.1 Área experimental.....	62
4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	63
4.2.3 Avaliações	65
4.2.3.1 Trocas gasosas foliares	65
4.2.3.2 Pigmentos fotossintéticos	65
4.2.3.3 Relações hídricas	66
4.2.3.4 Análises bioquímicas	66
4.2.3.5 Atividade das enzimas antioxidantes.....	67
4.2.4. Análise estatística	67
4.3 Resultados.....	68
4.4 Discussão	84
4.5 Conclusões.....	91
4.6 Referências	91
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção agrícola mundial é diretamente influenciada por fatores abióticos que podem favorecer a colheita final ou prejudicá-la. Situações de secas, variações extremas de temperatura e salinidade caracterizam estresses ambientais que afetam negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, impedindo que alcancem todo seu potencial genético (Cramer et al., 2011). De acordo com a FAO (2012), estima-se que, aproximadamente, 12% das terras irrigadas no planeta possuem problemas de salinidade, o que causa uma grave degradação do solo e negativamente o desenvolvimento econômico e a diminuição do rendimento das culturas (Yang et al., 2016).

A região Nordeste do Brasil possui 52% da sua superfície com predomínio de clima semiárido, o que torna necessário o uso da irrigação para garantir a produção agrícola com segurança (Holanda et al., 2016). No entanto, a expansão das áreas irrigadas, o uso de águas salobras, o manejo inadequado da água e do solo e a ausência de drenagem tem resultado no aumento da área de solos degradados por salinidade e sodicidade, que acarretam grandes prejuízos para a economia regional (Cavalcante et al., 2020).

Solos afetados por sais são definidos pela presença excessiva de sais solúveis (salinidade), sódio trocável (sodicidade) ou ambos nas camadas superficiais oriundas do material de origem ou de ações antrópicas (Fernandes et al., 2016; Ribeiro et al., 2016). A ausência de percolação em solos com problemas de drenagem impede o carreamento dos sais para horizontes inferiores, e são comuns em regiões de clima semiárido e áridos devido à baixa precipitação pluviométrica e longos períodos de estiagem e com alta taxa de evaporação (Torres et al., 2014).

O acúmulo de sais no solo afeta sua estrutura, devido às mudanças na proporção de cátions trocáveis ligados aos minerais de argila que afetam as ligações entre as partículas do solo, levando ao colapso dos agregados do solo (Das et al., 2020). Além disso, a disponibilidade hídrica é reduzida em razão do aumento do potencial osmótico do solo, afetando as plantas cultivadas por restrição na absorção de água, bem como, o efeito da toxicidade iônica causado pelo desbalanceamento de íons que leva ao desequilíbrio nutricional, estresse osmótico e oxidativo (Kang et al., 2011; Wang et al., 2012; Bagheri et al., 2015). A resposta das plantas ao estresse salino depende da espécie vegetal, cultivar, estágio fenológico, composição salina do meio, intensidade e

duração do estresse, das condições edafoclimáticas e manejo da irrigação (Soares Filho et al., 2016).

O feijão-caupi é uma das principais culturas exploradas na região Nordeste com uma área cultivada representando mais de 75% da produção nacional. Sua produção tem crescido e promovido impacto econômico no Brasil e em outros países com mais de 43 mil toneladas exportadas no último ano (CONAB, 2020). A crescente produção, também, se deve à adaptação dessa cultura às condições climáticas da região. De acordo Maas (1986) essa cultura possui salinidade limiar de $4,9 \text{ dS m}^{-1}$. Ayers e Westcot (1999) classificaram a cultura como uma espécie moderadamente tolerante à salinidade apresentando salinidade limiar de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$. Tagliaferre et al. (2018) classificaram a cultivar BRS Guariba como moderadamente tolerante podendo suportar uma salinidade no solo em torno de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando-se, portanto, como uma excelente alternativa de cultivo tanto para subsistência quanto comercialização em grandes cultivos (Embrapa Meio Norte, 2017).

A capacidade de adaptação do feijão-caupi ao estresse salino inclui mudanças nas características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, através de mecanismos de tolerância ao estresse (Semida et al., 2019), que permitem que a cultura complete seu ciclo mesmo em condições desfavoráveis. A redução da abertura estomática e número de folhas, assim como, o aumento no teor de osmólitos compatíveis no interior da célula e atividade de enzimas antioxidantes são um dos mecanismos de sobrevivência desenvolvidos pela planta para completar seu ciclo em condições de estresse.

No entanto, apesar desses mecanismos serem eficientes, o teor de sais na água de irrigação acima dos limites tolerados compromete a sobrevivência da cultura e impedem sua produção. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias de manejo que garantam a produção de grãos da cultura sob condições salinas evitando a queda de rendimento e contribuindo para a geração de emprego e renda (Dias et al., 2015).

A aplicação de produtos com alto teor de matéria orgânica no solo são uma das técnicas de manejo que podem garantir ou, ainda, potencializar a produção de grãos em condições de estresse salino. Visto que, o efeito tóxico de excesso de sais no solo, o qual causa dispersão e eluviação das argilas e redução da porosidade (Dagar et al., 2019), além de desbalanceamento nutricional e toxicidade na planta, pode ser reduzido com a aplicação desses produtos, uma vez que, a matéria orgânica melhora as propriedades físicas e químicas do solo por reduzir a percentagem de sódio trocável, auxiliando na estabilização de agregados e fornecimento de nutrientes para as culturas (Miranda, 2013;

Singh et al., 2016). Devido à capacidade de mitigar os efeitos tóxicos da salinidade, esses produtos são denominados condicionadores orgânicos de solo.

O esterco bovino é um dos agentes condicionadores de solo, principalmente, pelas suas características químicas de alto teor de matéria orgânica, ácidos húmicos e fúlvicos e relação C/N, além de fácil aplicação. Este produto promove um manejo sustentável pelo reuso desse dejetos, sendo viável, especialmente, nas propriedades da agricultura familiar que apresentam produção diversificada de origem animal e vegetal. Assim, utilizar essa técnica gera economia de insumos para o produtor e favorece o cultivo de espécies em áreas consideradas impróprias para a agricultura (Sousa et al., 2012).

Sendo assim, devido ao potencial desse produto na mitigação dos efeitos causados pelo estresse salino em conjunto com sua viabilidade e facilidade de aplicação, torna-se importante avaliar o efeito conjunto da aplicação deste produto no solo cultivado com feijão-caupi sob irrigação salina. Com intuito de buscar conhecimentos sobre a interação desses fatores e as possibilidades de aumento na produção quando aplicados de forma combinada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da matéria orgânica sobre a salinidade do solo e desenvolvimento do feijão caupi cultivar BRS Guariba.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayers, R.S.; Westcot, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

Bagheri, R.; Bashir, H.; Ahmad, J.; Iqbal, M.; Qureshi, M. I. Spinach (*Spinacia oleracea* L.) modulates its proteome differentially in response to salinity, cadmium and their combination stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, n. 97, p. 235-245, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.10.012>

Cavalcante, E. S. **Irrigação suplementar com águas salobras como estratégia para incrementar a produtividade do milho no semiárido brasileiro**. 2020. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

Cramer, G.R.; Urano, K.; Delrot, S.; Pezzotti, M.; Shinozaki, K.; Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. **BMC Plant Biology**, v. 11, n. 1, p. 163, 2011. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>

Das, R.S.; Rahman, M.; Sufian, N.P.; Rahman, S.M.A.; Siddique, M.A.M. Assessment of soil salinity in the accreted and non-accreted land and its implication on the agricultural aspects of the Noakhali coastal region, Bangladesh. **Heliyon**, v. 6, n. 9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04926>

Dagar, J. C.; Yadav, R. K.; Sharma, P. C. (Ed.). **Research developments in saline agriculture**. Springer, 2019.

Dias, T.J.; Freire, J.L. de O; Cavalcante, L.F.; Nascimento E.S. do; Dantas L.A.; Dantas M.M de M; Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista principia** v. 1, n. 27, p. 19- 29. 2015. <http://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n27p19-29>

Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção Embrapa: **Cultivo de feijão caupi**. 2ª edição. 2017. Disponível em: < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: Dez. de 2021

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. FAO statistical year book 2012, world food and agriculture. 366p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>

Fernandes, P.D.; Brito, M.E.B.; Gheyi, H.R.; de Andrade, A.P.; Medeiros, S de S. Halofitismo e agricultura biossalina. In: H. Raj Gheyi, R., N. da Silva Dias, e C. Feitosa de Lacerda. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**, 2016, p. 209-242.

Holanda, J.S.; Amorim, J.R.A.; Ferreira Neto, M.; Holanda, A.C.; Sá, F.V.S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**.

Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016, v. 2, p. 35-50.

Kang, Y. I.; Park, J. M.; Kim, S. H.; Kang, N. J.; Park, K. S.; Lee, S. Y.; Jeong, B. R. Effects of root zone pH and nutrient concentration on the growth and nutrient uptake of tomato seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 5, p. 640-652, 2011.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2011.540621>

Maas, E.V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v. 1, p. 12-25, 1986.

Miranda, M.F.A. **Diagnóstico e recuperação de solos afetados por sais em perímetro irrigado do Sertão de Pernambuco**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

Ribeiro, M.R.; Filho, M.R.R.; Jacomine, P.K.T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2ª. ed. Fortaleza-CE: INCTSal, 2016. Cap. 2, p. 504.

Ribeiro, M.R.; Ribeiro Filho, M.R.; Jacomine, P.K.T. Origem e Classificação dos Solos Afetados por Sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2010, p. 11-19.

Semida, W.M.; Abd El-Mageed, T.A.; Hemida, K.; Rady, M.M. Natural bee-honey based biostimulants confer salt tolerance in onion via modulation of the antioxidant defence system. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology J. Hortic. Sci. Biotechnol.** v. 94, p. 632–642, 2019.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1592711>

Singh, K.; Pandey, V.C.; Singh, B.; Patra, D.D.; Singh, R.P. Effect of fly ash on crop yield and physico-chemical, microbial and enzyme activities of sodic soils. **Environmental Engineering & Management Journal**, v. 15, n. 11, 2016.
<http://doi.org/10.30638/eemj.2016.266>

Soares Filho, W. dos S.; Gheyi, H.R.; Brito, M. E. B.; Nobre, R.G.; Fernandes, P.D.; Miranda, R. de S. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H.R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, 2016. Cap.13, p.205-218

Soares Filho, W.S.; Gheyi, H.R.; Brito, M.E.B.; Nobre, R.G.; Fernandes, P.D.; Miranda, R.S. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Gheyi, H.R.; Dias, N. S.; Lacerda, C.F.; Gomes Filho, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. (2ed). Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 259-274, 2016.

Sousa, F.Q.; Araújo, J.L.; Silva, P.S.; Pereira, F.H.F.; Santos, R.V.; Lima, G.S. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.173–181, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000200007>

Tagliaferre, C.; Guimarães, D.U.G.; Gonçalves, L.J.; Amorim, C.H.F.; Matsumoto, S.N.; D'Arêde, L.O. Produtividade e tolerância do feijão caupi ao estresse salino. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 168-179, 2018. <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n1p168>

Torres, E.C.M.; Freire, J.L.O.; Oliveira, J.L.; Bandeira, B.L.; Melo, D. & Silva, A. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. **Nativa**, vol. 2, n. 2, p. 71-78, 2014. <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i2.1400>

Wang, L.; Shi, J.; Zuo, Q.; Zheng, W.; Zhu, X. Optimizing parameters of salinity stress reduction function using the relationship between root-water-uptake and root nitrogen mass of winter wheat. **Agricultural Water Management**, n. 104, p. 142-152, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.008>

Yang, F.; An, F.; Ma, H.; Wang, Z.; Zhou, X.; Liu, Z.; Variations on soil salinity and sodicity and its driving factors analysis under microtopography in different hydrological conditions. **Water**, v. 8, n. 6, p. 227, 2016. <https://doi.org/10.3390/w8060227>

ARTIGO I

Mitigação do estresse salino na morfologia e produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) através da aplicação de esterco bovino

*Situação: não submetido

Artigo

Mitigação do estresse salino na morfologia e produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) através da aplicação de esterco bovino

Rosilene Gomes de Souza Pinheiro^{a*}, Cristiano Tagliaferre^a

^aDepartamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA 45.031-900, Brasil

*Autor para correspondência:

Rosilene Gomes de Souza Pinheiro

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Vitória da Conquista, BA 45031-900, Brasil

E-mail: rosilenepinheiro07@outlook.com

Resumo

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de grande importância socioeconômica em regiões de clima semiárido, mas o alto teor de sais comuns na água de irrigação desses ambientes gera impactos negativos na produção de grãos, por limitarem o crescimento e o desenvolvimento da cultura. A aplicação de esterco bovino nesses ambientes de cultivo pode atenuar o efeito negativo dos sais no solo. Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do esterco bovino na morfologia e produção do feijão-caupi irrigado com água salina. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco condutividades elétricas da água de irrigação [0,0 (água normal); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹] e cinco dosagens de esterco bovino [0 (sem aplicação); 10; 20; 30 e 40 t ha⁻¹], com três repetições. O estudo foi conduzido em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e a semeadura realizada em vasos com capacidade de 30 dm³. As avaliações foram realizadas aos 34, 50 e 73 dias após emergência. As variáveis morfológicas avaliadas foram: comprimento da haste principal, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, comprimento de raiz, massa seca de folhas e produção. Como parâmetro fisiológico mediu-se o potencial hídrico e teor de nitrogênio nas folhas. Concluiu-se que a aplicação da dose de 40 t ha⁻¹ de esterco bovino no solo em cultivo de feijão-caupi dificulta o acúmulo total de sais na solução do solo. A salinidade acima dos níveis recomendados para feijão-caupi altera a morfologia do feijão-caupi cultivar BRS Guariba. Aplicar doses de 30 e 40 t ha⁻¹ de esterco bovino no solo em cultivo de feijão-caupi promovem reduções menos acentuadas na produção irrigada com água salina acima dos níveis recomendados para a cultura.

Palavras-chave: salinidade, irrigação, crescimento vegetal

Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a legume of great socioeconomic importance in regions of semi-arid climate, but the high content of salts common in irrigation water in these environments generate negative impacts on grain production, because they limit growth and development of the crop. The application of cattle manure can attenuate the negative effect of the soils. This study aims to evaluate the effect of cattle manure in morphology and production of cowpea irrigated with saline water. The experimental design was in randomized blocks, in the factorial scheme 5 x 5, being five electrical conductivities of irrigation water [0.0 (normal water); 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹] and five dosages of cattle manure [0 (no application); 10; 20; 30 and 40 t ha⁻¹], with three replications. The study was carried out in a protected environment, in the experimental area of the State University of Southwest Bahia (UESB). The sowing was carried out in pots. The evaluations were performed 34, 50 and 73 days after emergence. The morphological variables evaluated were: length of the main branch, stem diameter, number of leaves, leaf area, root length, dry mass of leaves and production. As a physiological parameter was evaluated the water potential and nitrogen content in the leaves. The dose of 40 t ha⁻¹ of cattle manure reduced the total accumulation of salts in the soil solution, but the excess micronutrient in cattle manure can impair the development of the crop, in mainly saline irrigation. Salinity affects the growth and morphology of cowpea BRS Guariba. The 20 t ha⁻¹ dose of cattle manure increases the production of cowpea grown with saline water, showing that cattle manure can mitigate the damage caused by salts in cowpea cultivation.

Keywords: salinity, irrigation, plant growth

3.1 Introdução

O feijão-caupi é uma cultura de origem africana disseminada no mundo todo em razão de sua adaptação às condições climáticas. Pertencente à família *Leguminosae*, a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp, apresenta alto valor nutricional e está diretamente inserido na dieta de populações de baixa renda de regiões semiáridas, devido facilidade de manejo e adaptação da cultura ao clima. Representando uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar para as comunidades rurais (Machado et al., 2008; Costa, 2020).

Condições climáticas de intensa evaporação e baixos índices pluviométricos, aliadas a má distribuição espacial e temporal das chuvas em regiões de clima semiárido, favorecem a ascensão capilar dos sais presentes nas camadas profundas do solo para as superiores (Pedrotti, 2015). O uso de métodos inadequados de irrigação em conjunto como uso de água de má qualidade, também, promove o acúmulo de sais na solução do solo.

A salinidade, definida pela presença excessiva de sais solúveis no solo, é um estresse abiótico que limita cultivos do mundo todo, e, compreende os desafios ambientais mais antigos em terras cultivadas (Zaki, 2011). O acúmulo de sais na solução do solo reduz o espaço poroso em detrimento da dispersão e eluviação das argilas causando indisponibilidade de água, além de favorecer a precipitação de cátions e aumento no pH promovendo o desbalanceamento de íons (Wanderley et al., 2010; Schossler et al., 2012).

O excesso de sais na solução do solo diminui o acesso da água pelas raízes. Quando absorvidos, os íons salinos causam desbalanceamento nutricional e toxicidade em vários tecidos das plantas, afetando, negativamente, sua homeostase e morfologia pela redução no crescimento e desenvolvimento, além de reduzir a biomassa vegetal e produtividade (Krasensky e Jonak, 2012; Parvaiz, 2014). Entretanto, a tolerância das plantas aos sais varia entre espécies e cultivares, afetando os parâmetros de crescimento (Safdar et al., 2019)

A capacidade do feijão-caupi se adaptar ao estresse salino inclui mudanças nas características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (Semida et al., 2019). No entanto, os efeitos iniciais de estresse hídrico não causam sintomas visíveis, como toxicidade, injúrias, desbalanço nutricional ou desidratação, mas promove redução no crescimento por dificultar a capacidade da planta utilizar água, fenômeno conhecido como seca

fisiológica, que reduz o desempenho da planta ao suprimir seu metabolismo (Munns e Tester, 2008; Fageria et al., 2010).

A diminuição da área foliar e número de folhas para reduzir a superfície transpirante, além do alongamento de raízes para obter água em camadas profundas do solo, são alterações morfológicas mais comuns nas plantas para completar seu ciclo e produzir em condições de estresse (Taiz e Zeiger, 2017). Não obstante, a ativação de tais mecanismos demanda grande energia da planta e muitas vezes não são adequados para manter o crescimento saudável, demonstrando a necessidade de agentes exógenos que elevem a tolerância ao estresse nas plantas favorecendo a produção final de grãos (Freire Filho et al., 2011; Desoky et al., 2019).

Práticas de manejo adequadas como o uso de esterco bovino no solo podem converter ambientes salinos em áreas de cultivo mais produtivas, tendo em vista, os efeitos benéficos deste produto nas propriedades físico-químicas do solo (Singh et al., 2016; Safdar et al., 2019). Este material pode corrigir as toxicidades dos sais, principalmente, na zona de absorção das raízes, devido à capacidade da matéria orgânica presente se ligar ao sódio, removendo este íon da área de troca catiônica dos coloides e favorecendo sua lixiviação. Reduzindo assim a porcentagem de sódio trocável e a salinidade do solo e, conseqüentemente, possibilitando o aumento da infiltração, a capacidade de retenção de água e estabilidade de agregados (Qadir et al., 2001; Dias et al., 2016).

O esterco bovino por si só também fornece um aporte de nutrientes para as plantas, além de dissolver os que estão retidos no solo através da ação dos ácidos orgânicos (Husson, 2013), atenuando a deficiência de nutrientes nas plantas causada pelo excesso de sais e promovendo a produção das plantas nessas condições. Logo, tais benefícios do uso de esterco bovino no solo, pressupõem que este substrato favoreça o desempenho da cultura em condições salinas. Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do esterco bovino na morfologia e produção de feijão-caupi irrigado com água salina.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área experimental

O estudo foi realizado em ambiente protegido na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista-BA (14°53'08'' Sul, 40°48'02'' Oeste) durante o período de fevereiro a maio de 2020. O clima da região é classificado como tropical de altitude (Cwb) de acordo a classificação de Koppen, com estação chuvosa durante os meses de novembro a março, com precipitação média anual em torno de 730 mm. As médias térmicas mostram máximas de 26,4 °C e mínimas de 16,1 °C, com média anual de 20,2 °C.

3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 30 dm³, no delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x5, sendo os fatores compostos por cinco condutividades elétricas da água de irrigação (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e cinco doses de esterco bovino curtido (0, 10, 20, 30, 40 t ha⁻¹), com três repetições, totalizando 75 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta por duas plantas de feijão-caupi. A análise química da água de irrigação foi realizada pelo Laboratório de Química do Solo da UESB (Tabela 1.1).

Tabela 1.1. Características químicas das águas de irrigação utilizadas no experimento

Condutividade	Parâmetros analisados							
	pH	CE	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SAR	USSL
	-	dS m ⁻¹	——— meq L ⁻¹ ———			-	-	
0,0	6,9	0,16	0,10	0,10	0,02	1,30	4,1	C ₁ S ₁
1,5	7,6	1,5	0,10	0,10	0,01	16,96	53,6	C ₃ S ₄
3,0	7,0	3,0	0,10	0,10	0,02	29,13	92,1	C ₄ S ₄
4,5	7,0	4,5	0,15	0,15	0,21	40,00	103,3	C ₄ S ₄
6,0	7,0	6,0	0,10	0,10	0,38	59,13	187,0	C ₄ S ₄

CE = Condutividade elétrica, SAR = Razão de Adsorção de Sódio, USSL = Classificação da água para irrigação

O solo utilizado no experimento é do tipo LATOSSOLO AMARELO e possui classe textural Franco Arenosa. As dosagens de esterco foram homogeneizadas com o solo nos vasos, aplicando-se 0,140; 0,280; 0,420 e 0,560 kg vaso⁻¹ referente às doses de 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹, respectivamente, além da testemunha sem aplicação (0 kg). As análises do solo e do esterco utilizadas foram realizadas antes da implantação do experimento (Tabela 1.2 e 1.3).

Tabela 1.2. Características químicas do solo utilizado no estudo

P	K⁺	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	Al⁺³	H⁻	Na⁺	S.B
mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----						
2,0	0,12	0,6	0,3	0,4	2,4	-	1,0
t	T	V	m	PST	M.O	pH	
----- cmol _c dm ⁻³ ---	----- % -----				g dm ⁻³	(H ₂ O)	
1,4	3,8	27	28	-	10	5,0	

Tabela 1.3. Características químicas do esterco bovino utilizado no estudo

N	P	K⁺	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	S	CO	Na⁺
----- % -----							
1,68	0,36	3,20	1,1	0,51	0,35	15,28	0,144
Zn	Fe	Mn	Cu	B	pH	C/N	
----- ppm -----					(H ₂ O)	-	
128,0	3017,6	200,8	12,0	34,7	9,04	9,09	

Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Guariba, previamente tratadas com fungicida a base de Captan para controle de doenças (300 mL/100 kg de sementes). Para a semeadura utilizou-se quatro sementes por vaso. O desbaste das plântulas foi realizado oito dias após emergência (DAE), permanecendo duas plantas em cada vaso. A irrigação com água salina iniciou-se 20 dias após a germinação.

As soluções salinas foram preparadas adicionando cloreto de sódio (NaCl) a água normal (0,0 dS m⁻¹) para obtenção das condutividades elétricas de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, medidas com auxílio de um condutímetro portátil modelo R-TEC-4P-MP (Technal). A lâmina de irrigação aplicada foi determinada pelo método da capacidade de vasos (Adorian et al., 2015) num turno de rega de dois dias. As avaliações foram realizadas em três estágios de desenvolvimento da cultura: vegetativo, florescimento e colheita, correspondendo aos 34, 50 e 73 DAE. Para as avaliações foram coletadas folhas adultas e completamente expandidas localizadas no terço médio da copa.

3.2.3 Avaliações

3.2.3.1 Extrato de saturação do solo

As condutividades elétricas do extrato de saturação do solo foram determinadas de acordo metodologia proposta pelo US Salinity Laboratory (Richards 1954).

3.2.3.2 Parâmetros de crescimento

O comprimento da haste principal (CHP), em cm, foi medido do colo da planta até o meristema apical, com auxílio de régua graduada. O diâmetro do caule (DC), foi obtido 2 cm acima do colo da planta usando-se um paquímetro digital de precisão 0,01mm. O número de folhas (NF) foi obtido através da contagem de todas as folhas totalmente expandidas, encontradas na planta nos períodos analisados. A área foliar (AF) no período vegetativo e de florescimento foi estimada com auxílio de régua graduada. Foram coletadas as medidas máximas de comprimento e largura do folíolo e aplicou-se o modelo matemático $AF = \Sigma (0,9915 (CxL)^{0,9134})$ desenvolvido por Lima et al. (2008) para a cultura do feijão-caupi. Na fase de colheita, a AF foi estimada utilizando o medidor de área foliar (Modelo LI 3100, LI-COR, USA). O comprimento da raiz (CR) foi determinado por meio da medição da raiz principal utilizando-se régua graduada em cm.

3.2.3.3 Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar (Ψ_w) foi determinado utilizando uma câmara de pressão (Modelo 1000, PMS). Para as leituras foram utilizadas folhas totalmente expandidas coletadas no terço superior da planta (Scholander et al., 1965).

3.2.3.4 Teor de nitrogênio foliar

O teor de nitrogênio das folhas (N%) foi determinado pelo método Kjeldahl de acordo Tedesco et al. (1995).

3.2.3.5 Produção da cultura

A produção (P) da cultura (g) foi determinada por meio da pesagem das sementes coletadas ao final do ciclo da cultura.

3.2.3.6 Biomassa seca

A biomassa seca das folhas (MSF) e raízes (MSR) (g) foi obtida por meio da pesagem desses respectivos materiais após 48h em estufa ventilada a $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$.

3.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (Cochran e Bartlett). Posteriormente, procedeu-se a análise de variância e as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão utilizando o programa AGROESTAT, versão 1.0 (Barbosa e Maldonato Júnior, 2015). Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes da regressão (5% de significância) e de determinação.

3.3 Resultados

Avaliando-se a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) após a colheita verificou-se interação significativa dos fatores (Figura 1.1). Houve ajuste do modelo quadrático para condutividade elétrica de $4,5\text{ dS m}^{-1}$ dentro das doses de esterco aplicadas, com valor máximo de $4,7\text{ dS m}^{-1}$ para CEes com uso de esterco na dose de

19,46 t ha⁻¹. A partir deste ponto, os valores decresceram em 3 e 20% com aplicação das doses de 30 e 40 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 1.1A).

Estudando o efeito das doses dentro das condutividades, verificou-se ajuste do modelo quadrático na dose de 20 t ha⁻¹ para a CEes, com valor máximo de 4,43 dS m⁻¹ para a condutividade de 4,99 dS m⁻¹. A partir desse ponto, o valor da CEes decresceu 6% para a maior condutividade aplicada (6,0 dS m⁻¹) (Figura 1.1 B).

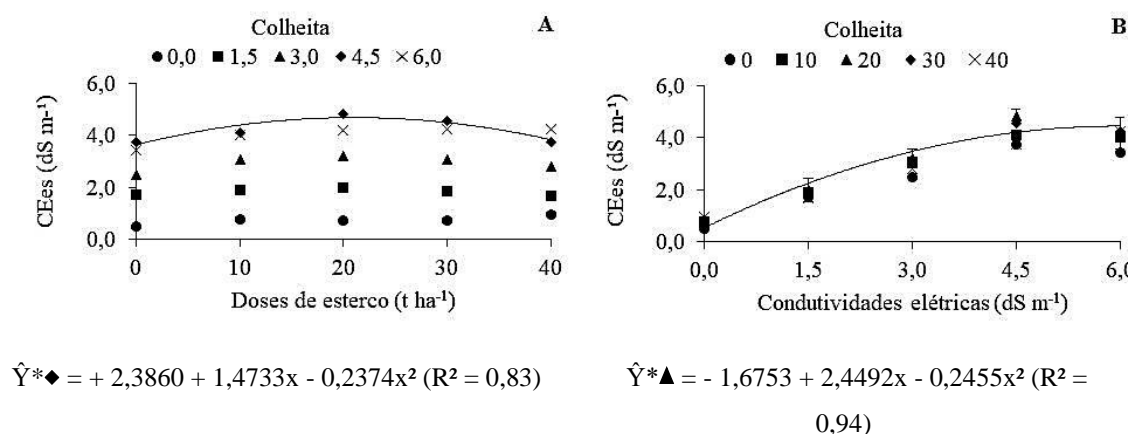


Figura 1.1. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em cultivo de *Vigna unguiculata* cultivar BRS Guariba, submetido a diferentes condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de pós-colheita.

Os fatores analisados demonstraram efeito isolado para o comprimento da haste principal (CHP) das plantas de feijão-caupi (Figura 1.2). Tal característica foi ajustada pelo modelo linear para condutividade elétrica, com redução de 12 e 4% em relação a testemunha nos períodos de florescimento e colheita, respectivamente, conforme aumento das concentrações de salinidade. Não foi observada influência significativa do aumento das condutividades no CHP no período vegetativo, ressaltando que houve pouca variação dos valores (Figura 1.2A).

Com aplicação das doses de esterco bovino observou-se, de forma isolada para este fator, um aumento do CHP nos três períodos estudados. Houve ajuste linear para a fase vegetativa e de florescimento, com aumento de 34 e 11%, respectivamente, quando comparados à testemunha. No período de colheita houve ajuste do modelo quadrático

para CHP, com ponto máximo de 23,74 cm, obtido com a aplicação de 26,41 t ha⁻¹ de esterco (Figura 1.2B).

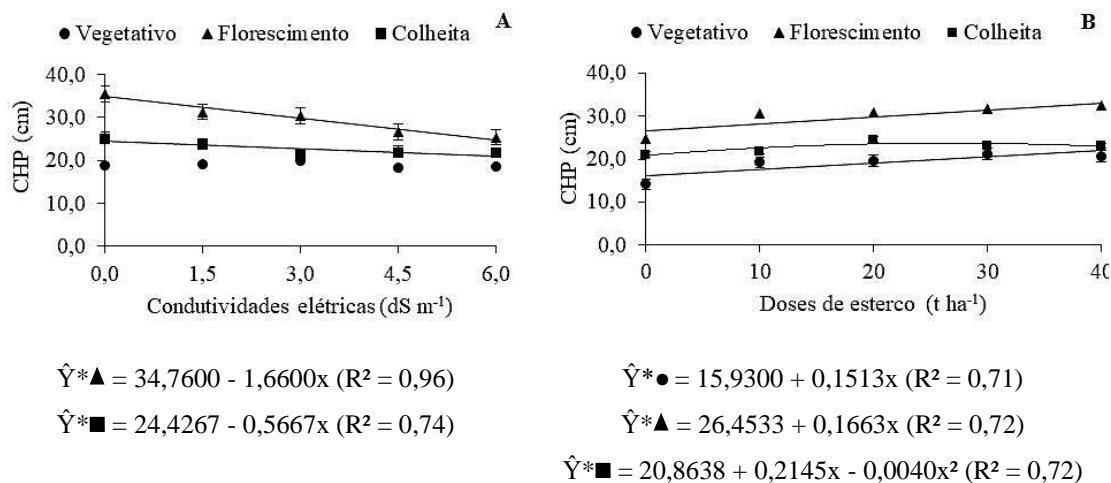


Figura 1.2 Comprimento da haste principal em plantas de *Vigna unguiculata* cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

Foi observado ajuste linear dos fatores isolados para o diâmetro do caule (DC) no período vegetativo e de florescimento. Com aplicação das condutividades elétricas os valores de DC reduziram em 9 e 16% nessas fases (Figura 1.3A) e aumentaram 44 e 31% com aplicação das doses de esterco, quando comparados à ausência de aplicações (Figura 1.3B). Na fase de colheita não foi observado efeito significativo, entretanto, os valores foram maiores que as outras fases analisadas, com decréscimo de 7,5% para o fator salinidade e incremento de 36% para doses de esterco, quando comparados à ausência de aplicação (Figura 1.3A e B).

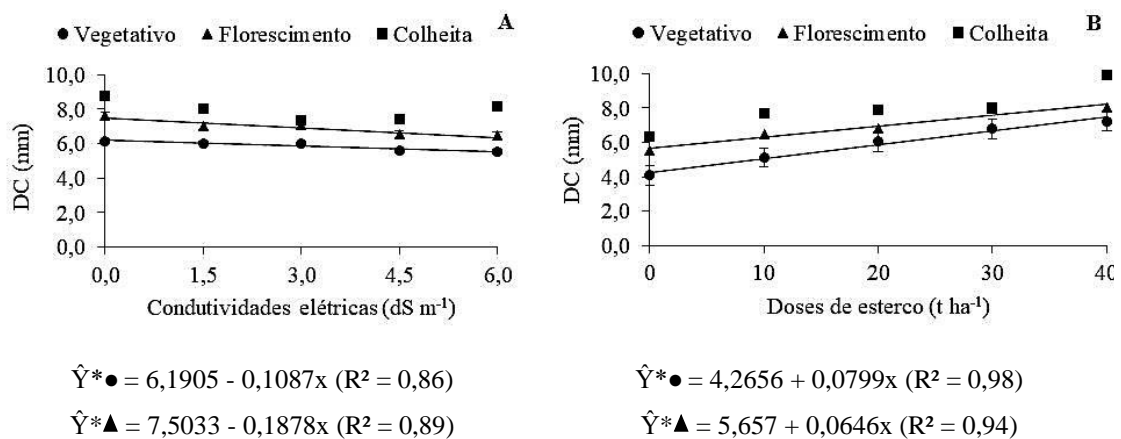


Figura 1.3. Diâmetro do caule em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

Houve diferença significativa dos fatores isolados para o número de folhas (NF) nos três períodos analisados (Figura 1.4A e B). As aplicações crescentes das condutividades elétricas nas plantas afetaram o NF reduzindo este parâmetro em 14, 41 e 83% nos períodos vegetativo, florescimento e colheita, respectivamente (Figura 1.4A).

Efeito contrário foi observado com aplicação das doses de esterco no período vegetativo e de florescimento, com aumento linear significativo de 40 e 30% no NF, respectivamente. Não foi observado aumento significativo nos valores de NF no período de colheita (Figura 1.4B).

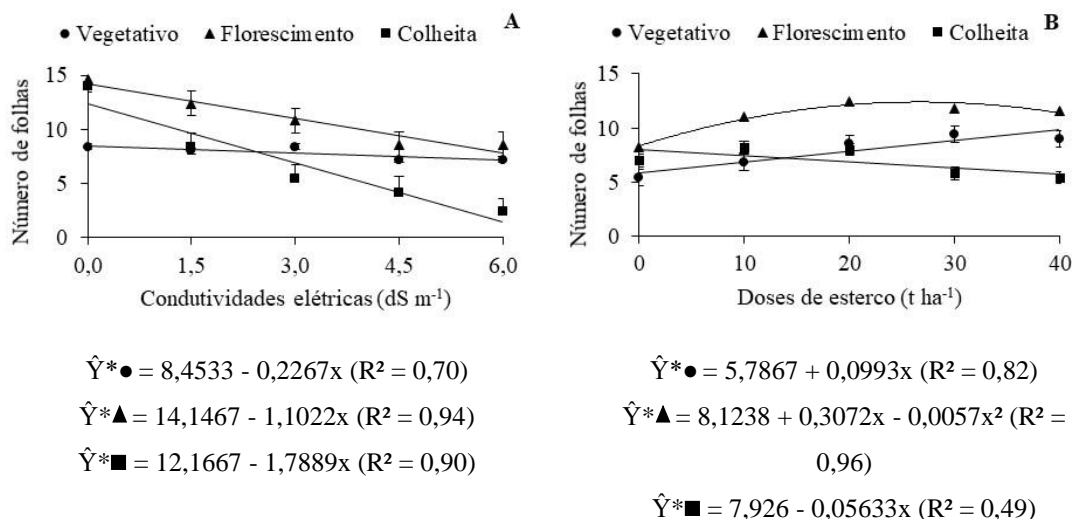


Figura 1.4. Número de folhas em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

No período vegetativo, os fatores estudados demonstraram efeito isolado nos valores de área foliar (AF) e se ajustaram ao modelo linear. As condutividades elétricas afetaram a AF que reduziu 23% em relação à irrigação com o tratamento de 0,0 dS m⁻¹. De modo contrário, a aplicação de esterco bovino promoveu aumento de 47% na AF em comparação com o tratamento de 0 t ha⁻¹ (Figura 1.5A e B).

Houve interação significativa dos fatores para AF no período de florescimento e de colheita (1.5C, D, E e F). Analisando o efeito das condutividades dentro das doses de esterco, apenas a aplicação de 1,5 dS m⁻¹ foi significativa. Houve ajuste do modelo linear para esta condutividade, com aumento de 39% quando comparado ao uso da água normal (0,0 dS m⁻¹) (Figura 1.5C). Para todas as doses de esterco estudadas dentro das condutividades elétricas ajustaram-se ao modelo linear no período de florescimento. A redução da AF foi de 64, 53, 62, 59 e 52% conforme aumentou as condutividades elétricas dentro das doses de 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹ aplicada, respectivamente (Figura 1.5D). Assim, observou-se menor redução em AF na dosagem de 40 t ha⁻¹.

Para o período de colheita, observou-se que o efeito na AF das condutividades dentro das doses não se ajustou a nenhum modelo matemático (Figura 1.5E). Houve redução linear de 78, 84, 93 e 65% na AF conforme aumento das condutividades nas doses de 0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹, respectivamente. Ajustou-se ao modelo quadrático para a

dose de 30 t ha⁻¹, com ponto mínimo de 4,0 dS m⁻¹ para condutividade. A partir desse ponto a AF aumentou 54% até a maior condutividade aplicada (6 dS m⁻¹) (Figura 1.5D).

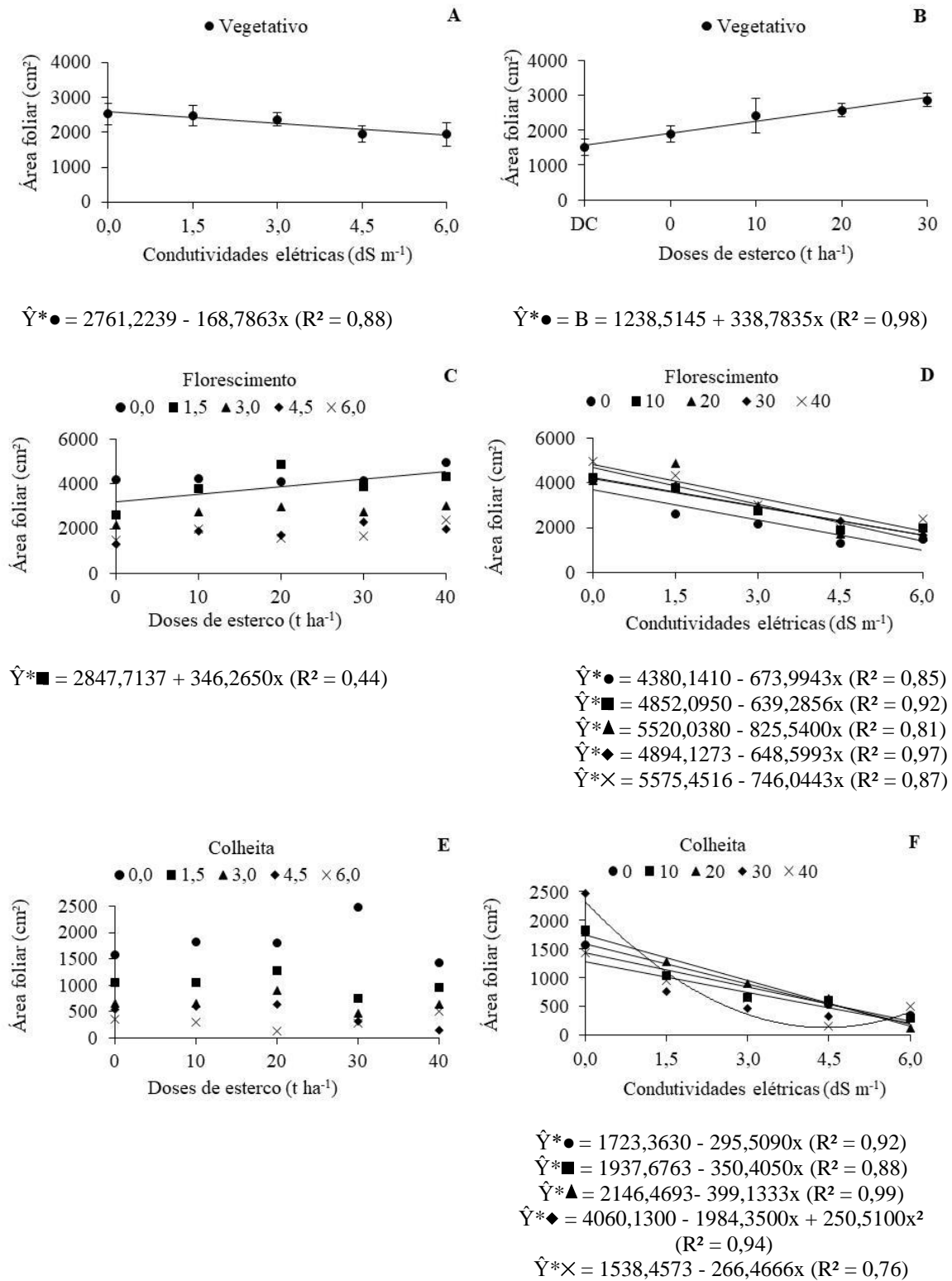


Figura 1.5. Área foliar em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo (A, B), florescimento (C, D) e colheita (E, F).

Para o comprimento de raiz (CR) houve interação dos fatores estudados, mas não foram encontradas diferenças significativas do efeito das condutividades com o aumento das doses de esterco bovino (Figura 1.6A). O aumento da salinidade promoveu aumento linear significativo no CR para a dose de 30 t ha⁻¹, com ganhos de 30% em relação à ausência de condutividade (Figura 1.6B). Não houve efeito significativo nos demais tratamentos estudados (Figura 1.6B).

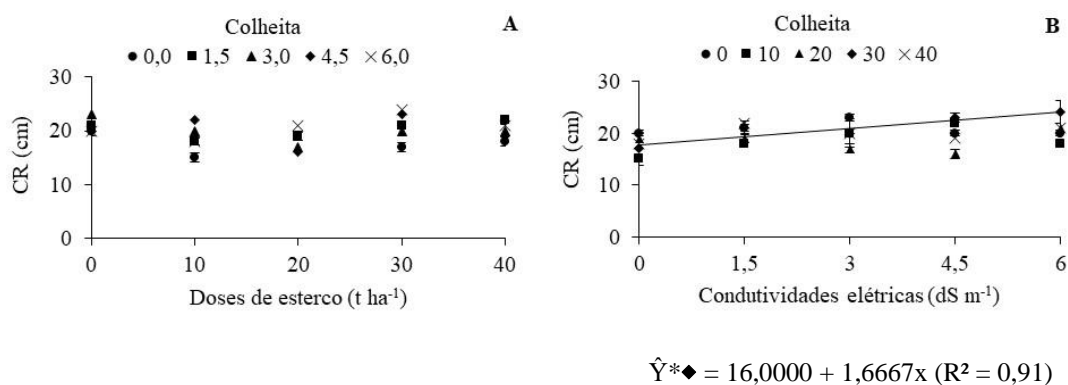


Figura 1.6. Comprimento da raiz em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) após a colheita.

Houve interação dos fatores na massa seca das folhas (MSF), com ajuste linear significativo das doses nas condutividades elétricas (Figura 1.7A e B). Não houve ajuste de modelos com uso de água salina dentro das doses de esterco para esta característica (Figura 1.7A). O decréscimo linear da MSF foi de 90, 66, 70, 57 e 58% para as doses de 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹ de modo significativo, respectivamente, conforme aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Desse modo, verificou-se redução menos acentuada na MSF com uso das doses de 30 e 40 t ha⁻¹ em relação às outras doses, mesmo com aumento da condutividade elétrica da água (Figura 1.7B).

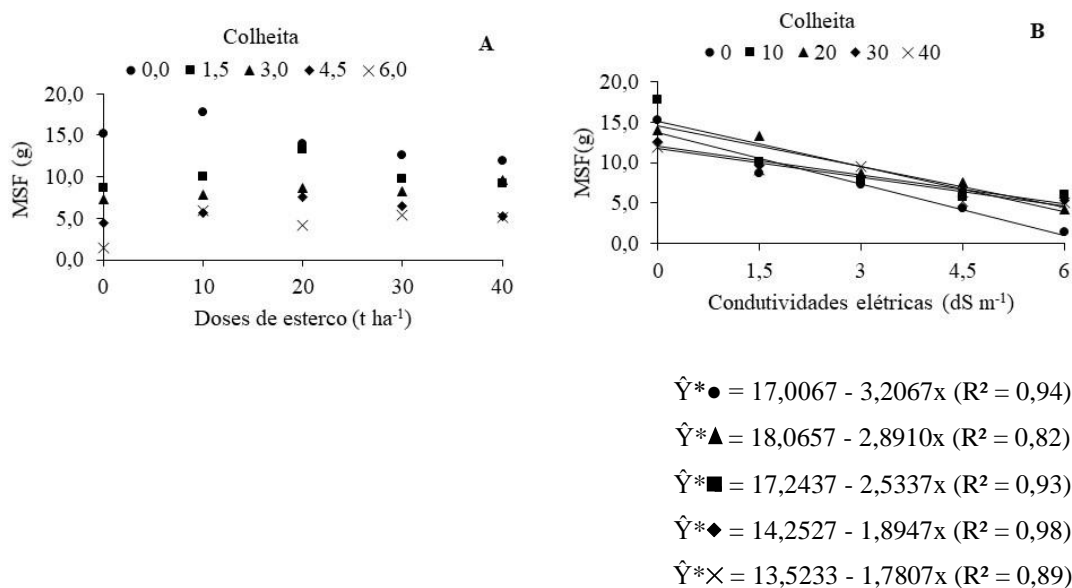


Figura 1.7. Massa seca das folhas em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) após a colheita.

Para a massa seca de raízes (MSR) houve interação dos fatores estudados (Figura 1.8A e B). Apesar da concentração de 1,5 dS m⁻¹ ser considerada abaixo do nível de tolerância (3,3dS m⁻¹) para o feijão-caupi, os valores de MSR se ajustaram ao modelo quadrático com valor máximo de 3,19 g para a dose de 25 t ha⁻¹, decrescendo a partir desse ponto. Não houve diferença significativa nas demais condutividades estudadas (Figura 1.8A).

Por outro lado, a MSR foi influenciada pelas doses dentro das condutividades (Figura 1.8B). Todos os valores observados decresceram de forma linear conforme aumento das condutividades elétricas, sendo que, os valores da MSR foram menos afetados pela salinidade com aplicação da dose de esterco de 40 t ha⁻¹ com redução de 39%. Para os tratamentos de 0, 10, 20 e 30 t ha⁻¹ a redução da MSR foi de 61, 47, 53 e 51%, respectivamente (Figura 1.8B).

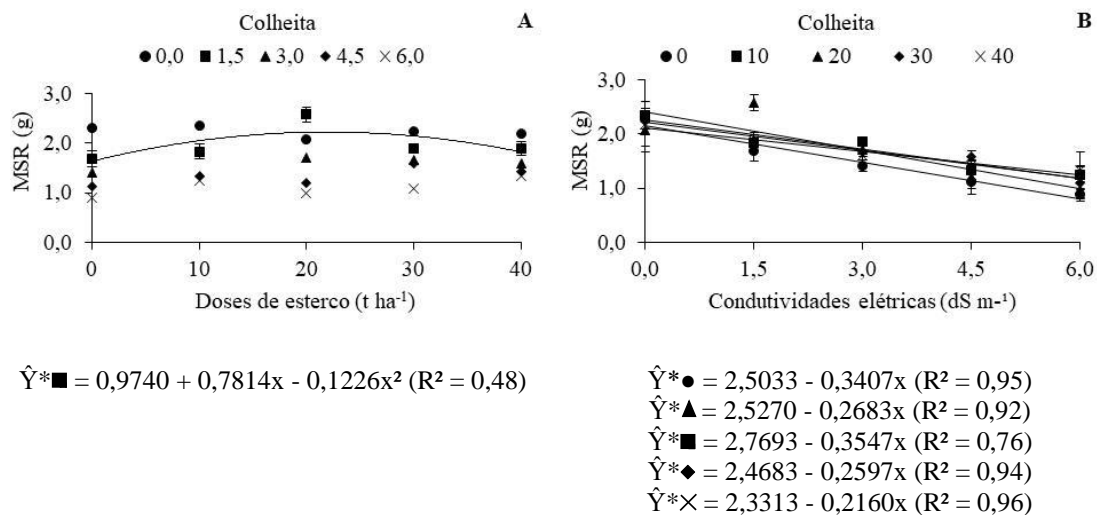


Figura 1.8. Massa seca de raízes em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) após a colheita.

Houve efeito isolado apenas do fator salinidade no potencial hídrico foliar (Ψ_w) (Figura 1.9A). Foi ajustado o modelo quadrático para os valores no período vegetativo com ponto mínimo de 4,5 dS m⁻¹ para salinidade. No período de florescimento e colheita houve ajuste linear, com redução de 34 e 39% dos valores em relação à testemunha, respectivamente (Figura 1.9A). Não houve efeito significativo das doses de esterco nos valores de Ψ_w (Figura 1.9B).

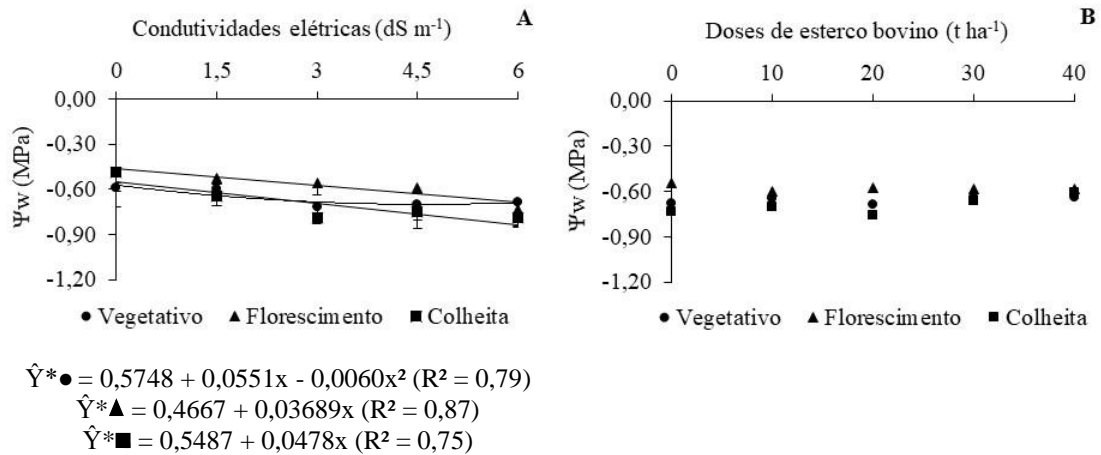


Figura 1.9. Potencial hídrico em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

Houve interação dos fatores estudados no teor de nitrogênio (N) das folhas (Figura 1.10A e B). Analisando as condutividades, houve ajuste linear para as concentrações de 0,0; 1,5 e 3,0 dS m⁻¹, em que o teor de N aumentou em 30, 38 e 45%, respectivamente, na maior dose aplicada (40 t ha⁻¹), em relação à testemunha (Figura 1.10A).

O modelo quadrático se ajustou a dose de 20 t ha⁻¹ com ponto mínimo de 1,32 dS m⁻¹ que corresponde ao teor de 23% de N nas folhas. A partir desse ponto, o teor de N nas folhas aumentou 5% na maior condutividade aplicada (6,0 dS m⁻¹). Não foi observado efeito significativo para as demais doses dentro das condutividades elétricas (Figura 1.10B).

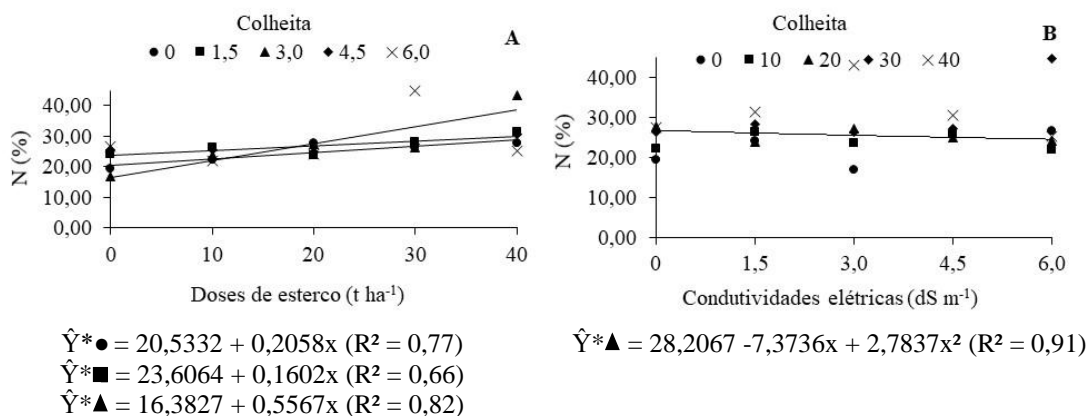


Figura 1.10. Teor de nitrogênio em folhas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) no período de colheita.

Houve interação significativa dos fatores na produção de grãos das plantas (PROD) (Figura 1.11). Para os valores de PROD obtidos para água normal dentro das doses de esterco foi ajustado o modelo quadrático com valor máximo de produção de 28,87 g para a dose de 41 t ha⁻¹ (Figura 1.11A). Para as condutividades elétricas de 1,5 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ houve ajuste dos modelos lineares, com aumento de 79 e 83%, respectivamente, da testemunha para a maior dose de esterco bovino (40 t ha⁻¹) (Figura 1.11A).

A produção observada nas condutividades de 1,5 e 3,0 dS m⁻¹ representam uma produtividade que foram 49 e 36% menores que a produção nacional para uma única safra. Logo, constata-se que a condutividade de 3,0 dS m⁻¹ demonstrou menor redução de PROD que as demais quando foi utilizada a dose de 40 t ha⁻¹.

Para as doses de 20, 30 e 40 t ha⁻¹ estudadas dentro das condutividades houve ajuste do modelo linear, com redução de 65, 67 e 55% nos valores de PROD, respectivamente, em comparação com a ausência de aplicação e aumento das condutividades elétricas. Isso representa uma produtividade de 41, 42 e 50 kg ha⁻¹ em uma única safra colhida que são 77, 77 e 72%, respectivamente, menores que a média nacional para uma safra colhida (Figura 1.11B).

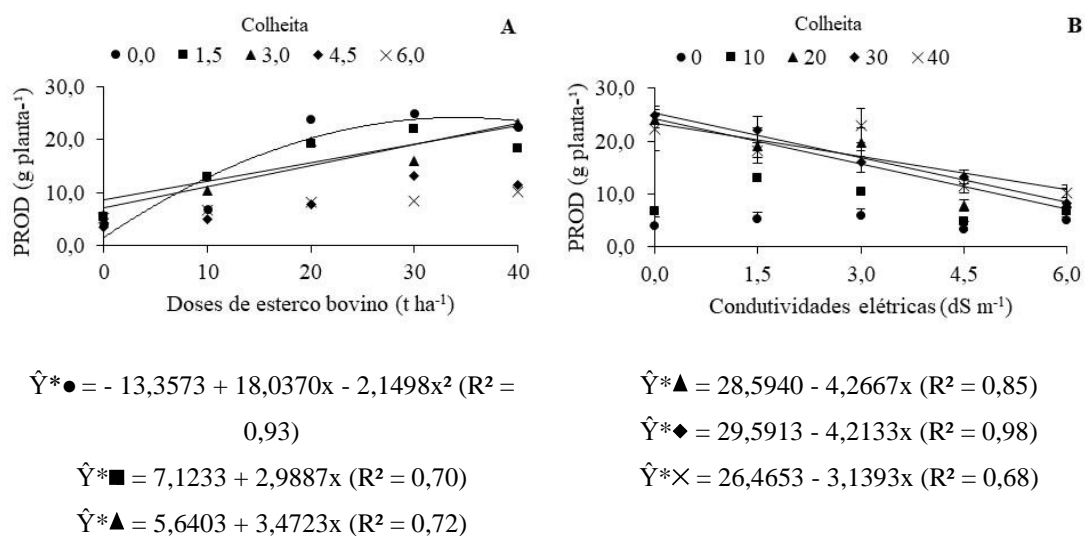


Figura 1.11. Produção em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) ao final do ciclo da cultura.

3.4 Discussão

As condutividades elétricas do extrato de saturação foram menores que as condutividades elétricas aplicadas na água de irrigação. Isso pode ter ocorrido pelo fato do solo, antes da irrigação, não ser salino. Observou-se efeito positivo do uso de matéria orgânica em relação à salinidade do extrato de saturação, uma vez que, houve redução nas CEes com uso das doses de 20, 30 e 40 t ha⁻¹ de esterco bovino (Figura 1.1A e 1.1B). Este resultado corrobora com a capacidade que o esterco bovino tem em reduzir a condutividade do CEes, melhorando a condutividade hidráulica do solo, com eficiência em solos que possuem características arenosas quando submetidos à irrigação com água salina (Ould-Ahmed, 2010; Mahmoodabadi, 2010; Mazaheri, et al., 2012).

A maior redução nas CEes observada na dose de 40 t ha⁻¹ em relação às outras dosagens (Figura 1.1A), demonstra que, neste estudo, ao aumentar as doses de esterco bovino acima de níveis recomendados para a cultura (27 t ha⁻¹), há redução na condutividade elétrica do CEes em cultivo de feijão-caupi irrigado com água salina. Além disso, o ajuste do modelo quadrático nesta situação induz a importância de se estudar o

efeito de doses ainda maiores sob essas condições. Este efeito positivo do uso de esterco bovino na atenuação da salinidade do solo é reforçado por Yarami e Sepaskhah (2015), que afirmaram que a aplicação deste produto no solo é uma das maneiras de superar o efeito prejudicial da salinidade da água de irrigação nas culturas, especialmente, em regiões áridas e semiáridas.

A redução no CHP, DC e NF com aplicação das condutividades elétricas (Figuras 1.2A, 1.3A e 1.4A) ocorreram, possivelmente, pelo efeito osmótico provocado pelo excesso de sais aplicados na água de irrigação (Tabela 1.1), que restringem a absorção e fluxo de água na planta, alterando seu crescimento e morfologia (Andrade Júnior et al., 2011; Coelho et al., 2013). Prazeres et al. (2015) estudando o efeito da salinidade em cultivares de feijão-caupi verificaram redução no CHP e DC conforme aumento da salinidade da água utilizada em relação ao menor nível salino. Além disso, Oliveira et al. (2017), também, verificaram redução no DC conforme aumento das condutividades elétricas da água de irrigação, com maior atenuação na aplicação da maior condutividade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$). Essa relação negativa da salinidade nos parâmetros corrobora com os resultados encontrados por Coelho et al. (2013), que observaram redução de 74,8% e 50% no CHP e NF de feijão-caupi em relação à testemunha, sob aplicação da condutividade de 12 dS m^{-1} em solo franco arenoso.

Apesar do feijão-caupi ser considerado uma espécie moderadamente tolerante à salinidade da água de irrigação (Ayers e Westcot, 1999), a intensidade do estresse depende da cultivar e das estratégias de manejo utilizadas (Prazeres, et al., 2015). Esta afirmativa confirma com o aumento no CHP, DC e NF observados, conforme acréscimo das doses de esterco bovino (Figuras 1.2B, 1.3B e 1.4B). Esse aumento nos valores pode estar relacionado ao maior aporte de nutrientes, principalmente, nitrogênio e matéria orgânica, fornecidos por este produto (Tabela 1.2). Além disso, a presença de ácidos orgânicos no esterco bovino promove a dissolução de nutrientes do solo, tornando-os disponíveis para as plantas (Husson, 2013). Esse processo, que ocorre de forma lenta (Tejada et al., 2008), possivelmente, explica o aumento desses parâmetros de crescimento no decorrer do ciclo da cultura, demonstrando, portanto, efeito positivo da aplicação de esterco bovino no CHP, DC e NF (Figuras 1.2B, 1.3B e 1.4B).

Estudos realizados por Oliveira et al. (2020) que avaliaram o crescimento de feijão-caupi com aplicação de diferentes substratos e água salina encontraram valores superiores na altura das plantas com uso do substrato com esterco bovino quando comparado a outros substratos. Esse benefício também foi verificado em estudo realizado

por Fonseca et al. (2016) com feijão-caupi, obtendo-se aumento de 21% no DC com aplicação de esterco bovino.

Apesar da redução do NF está diretamente relacionado à AF, o tamanho do limbo foliar também influencia neste parâmetro (Oliveira et al., 2017) e isto pode explicar o aumento da AF com aplicação das doses de esterco no período vegetativo para a condutividade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Pois, com o aumento das doses de esterco no período de florescimento houve o favorecimento no desenvolvimento da cultura em condições salinas com o fornecimento de nutrientes e atenuação da toxicidade de íons de sais. Além disso, o efeito isolado dos tratamentos na AF verificado no período vegetativo pode ter ocorrido em razão da aplicação dos tratamentos em tempos diferentes, visto que, o agente condicionador (esterco bovino) foi aplicado no solo antes da semeadura e a irrigação 20 dias após a emergência, o que dificulta evidenciar a interação dos fatores nos períodos iniciais.

A redução da AF verificada nos períodos de florescimento e colheita pode ter ocorrido pelo efeito de um mecanismo de adaptação morfológico em condições de estresse para limitar a superfície transpirante da planta (Dutra et al., 2011). Neste sentido, a menor redução da AF na maior condutividade ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) foi observada com aplicação da maior dose de esterco (40 t ha^{-1}) nos períodos de florescimento e colheita. Indicando, assim, uma possível atenuação dos efeitos negativos da salinidade na redução da AF com aplicação desta dose. Isto ocorre, pois, a aplicação de esterco bovino no solo pode aumentar a absorção de macro e micronutrientes pelas plantas, mantendo a fertilidade do solo pelo aumento nos teores de carbono orgânico sem aumentar a salinidade do solo (Matsi et al, 2014); fato que foi evidenciado pela redução da CEes na dosagem de 40 t ha^{-1} (Figura 1.1). Contudo, pesquisas verificaram atenuação dos efeitos negativos da salinidade no crescimento do feijão-caupi em solos com aplicação de fertilizantes orgânicos (Silva et al., 2011; Silva et al., 2013; Sousa et al., 2014).

O aumento de 30% no CR com aplicação da dose de 30 t ha^{-1} pode ter ocorrido devido à ação dos ácidos orgânicos presentes no esterco se ligarem aos íons tóxicos de sais, evitando a dispersão das argilas e aumentando a porosidade, favorecendo, consequentemente, a absorção e movimento da água no solo e o desenvolvimento de raízes (Lacerda et al., 2011; Aydin et al., 2012). Além disso, o aumento do comprimento de raízes está relacionado a ativação de um mecanismo da planta para facilitar a captação de água em cultivos salinos, como em estudos que demonstraram efeito positivo entre a

aplicação de substrato contendo esterco bovino no comprimento de raízes (Gulshan et al., 2013; Oliveira et al., 2020).

Em condições de estresse salino é comum a redução da biomassa das plantas (Oliveira et al., 2013), que pode ser causada pelo desbalanceamento nutricional causados pelos íons salinos, por sua toxicidade, entre outros. A redução acentuada da MSF e MSR demonstram que, apesar das doses aplicadas revelarem efeitos benéficos em alguns parâmetros de crescimento, de alguma forma, estas não favoreceram o acúmulo de massa ao final do ciclo, conforme aumento das concentrações salinas (Figura 1.7B).

Esta redução está associada ao efeito osmótico dos sais ao redor das raízes que afetam a abertura estomática e, conseqüentemente, a difusão do CO₂ para dentro das células, reduzindo a assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, o crescimento da planta e acúmulo de nutrientes e fotoassimilados (Souza et al., 2011). Patel et al. (2010) observaram reduções de 33, 39 e 43% na massa seca da parte aérea e 37, 44 e 53% na massa seca das raízes das cultivares de feijão-caupi Akshay-102, Gomtivu-89 e Pusa Falguni, respectivamente, submetidas à irrigação com água salina. Essa redução foi verificada na testemunha para a maior condutividade (10 dS m⁻¹).

Estudando os efeitos de produtos orgânicos em feijão-caupi, Linhares et al. (2016) demonstraram que as respostas das plantas à aplicação de produtos orgânicos variam de acordo com o teor de nutrientes, quantidade aplicada e a forma que são disponibilizados no solo. Além disso, Sá et al. (2013) atribuem a redução da fitomassa da raiz, em condições de estresse salino, a uma estratégia de defesa da planta, evitando a incorporação de íons tóxicos e favorecendo a resistência a salinidade por mais tempo.

Por outro lado, o decréscimo observado nas doses de 30 e 40 t ha⁻¹ podem indicar que houve estresse na cultura não somente pela salinidade, mas pelo desbalanceamento de macro e micronutrientes nas doses de esterco aplicadas acima do nível recomendado para a cultura (27 t ha⁻¹). As dosagens recomendadas de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) para o feijão-caupi são de 8,910 mg kg⁻¹ ± 4,281; 158,129 mg kg⁻¹ ± 46,371; 152,221 mg kg⁻¹ ± 35,394 e 38,711 mg kg⁻¹ ± 4,377, respectivamente (Cardoso et al., 2017). Entretanto, os valores encontrados no esterco bovino utilizado neste estudo foram de 12 mg kg⁻¹ (Cu), 3017 mg kg⁻¹ (Fe), 200,8 mg kg⁻¹ (Mn) e 128 mg kg⁻¹ (Zn) (Tabela 1.3), demonstrando que apenas o Fe não estava acima dos níveis recomendados.

O decréscimo linear dos valores de Ψ_w com o aumento das concentrações de salinidade indica que o aumento da salinidade no substrato afetou a disponibilidade de água para a planta (Figura 1.9A), o que corrobora com Dias et al. (2016) que verificou

que a adição excessiva de sais na água de irrigação aumenta o efeito osmótico no solo e reduz a disponibilidade de água para cultura. Nessas situações, a planta ativa mecanismos como a redução do potencial hídrico, afim de manter um gradiente favorável para a absorção de água e manutenção do turgor celular (Goufo et al., 2017; Turner, 2017). Tal afirmativa em conjunto com a redução da AF, que reduz a taxa evapotranspiratória, demonstram uma possível ativação de mecanismos contra o estresse salino para evitar a perda de água.

O aumento da PROD nas condutividades de 1,5 e 3,0 ds m⁻¹ conforme aumento das doses de esterco bovino é esperado por serem condutividades elétricas abaixo do limite tolerado para a cultura (3,3 dS m⁻¹), entretanto, nota-se que a aplicação de esterco bovino solo potencializou a produção de feijão-caupi em relação à testemunha, e, principalmente, quando se observa a produção quando não houve aplicação de esterco. Assim, apesar do decréscimo significativo na produção conforme aumento da salinidade (Figura 1.11) observou-se menores reduções com aplicações das dosagens de 30 e 40 t ha⁻¹, o que desperta a necessidade de estudar mais sobre a interação M.O. e salinidade na produção de feijão-caupi.

Por outro lado, a ausência de interação verificada no potencial hídrico pode ter ocorrido por influência de diversos fatores como início de aplicação do esterco e salinidade em tempos diferentes, tipo de solo estudado, níveis de condutividade elétrica, aumento da temperatura do ambiente e transpiração da cultura próxima aos dias de avaliação, além do estágio fenológico. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de mais estudos que verifiquem a interação de fontes de matéria orgânica e salinidade nos cultivos de feijão-caupi, bem como, a forma de aplicação e disponibilidade dessas fontes em diferentes tipos de solo.

O aumento dos teores de N conforme aumento das doses corroboram com os resultados encontrados nos parâmetros de CHP, DC e AF (Figuras 1.1B, 1.2B e 1.4B), demonstrando que a aplicação de esterco bovino favoreceu no aporte de nutrientes, especialmente, N para essas características. O efeito benéfico do N nos parâmetros de crescimento de altura de plantas, índice de área foliar e área foliar e produção de feijão-caupi, verificados por Sibhatu, et al. (2015) demonstraram que o N está diretamente relacionado ao rendimento das culturas. No entanto, a ausência de efeito benéfico significativo observado para as doses de 30 e 40 t ha⁻¹ podem ter ocorrido em razão do desbalanceamento de macro e micronutrientes pelo fornecimento de esterco em níveis acima do recomendado (27 t ha⁻¹).

O aumento da PROD observada com a aplicação de esterco (Figura 1.11A) indica a contribuição desse fator na mitigação de efeitos salinos e nutrição da planta apenas na aplicação das menores condutividades e doses (Fonseca, 2016). O aumento das condutividades elétricas e doses de esterco afetaram a produção de grãos nas plantas, e isso pode estar relacionado não só ao teor excessivo de sais, mas também, dos micronutrientes presentes no esterco bovino (Tabela 1.3), que podem ter causado toxicidade nas plantas. Granja et al. (2019) observaram situação semelhante estudando feijoeiro-fava, no qual o esterco bovino atenuou o efeito nocivo da salinidade apenas nas doses abaixo de 16% do volume do recipiente (3 dm³), acima disso, o esterco se tornou prejudicial à cultura.

Apesar da alta concentração de sais restringirem o crescimento da cultura, os resultados de PROD encontrados neste estudo discordam de Ayres e Westcot (1999), que afirmam tolerância na irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m⁻¹, sem redução na produção. O que demonstra que o efeito da salinidade varia não só em diferentes parâmetros avaliados nas culturas, mas também, dentro das cultivares que a compõe, tornando necessário estudar a interação desses parâmetros em diferentes cultivares de feijão-caupi, afim de conhecer os potenciais produtivos máximos e os limites da cultura de maneira amplificada para abranger a produção em diferentes regiões do país.

3.5 Conclusões

A aplicação da dose de 40 t ha⁻¹ de esterco bovino no solo em cultivo de feijão-caupi dificulta o acúmulo total de sais na solução do solo;

A salinidade acima dos níveis recomendados para feijão-caupi afeta a morfologia do feijão-caupi cultivar BRS Guariba;

Aplicar doses de 30 e 40 t ha⁻¹ de esterco bovino no solo em cultivo de feijão-caupi promovem reduções menos acentuadas na produção irrigada com água salina acima dos níveis recomendados para a cultura.

3.6 Referências

- Ahmad, E, Zaidi, A, Khan, MS, Oves, M, 2012. Heavy metal toxicity to symbiotic nitrogen-fixing microorganism and host legumes. In: Toxicity of heavy metals to legumes and bioremediation. Springer, Vienna, 29-44.
- Andrade Júnior, W. P., Pereira, F. H. F., Fernandes, O. B., Queiroga, R. C. F., Queiroga, F. M., 2011. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. Rev. Caatinga. 24 (3), 110- 119.
- Aydin, A., Kant, C., Turan, M., 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. Afric. Journ. of Agric. Res. 7 (7), 1073-1086. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.274>
- Ayers, R.S., Westcot, D. W., 1999. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. In: Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, 153
- Barbosa, JC., Maldonado, J. W., 2010. AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396.
- Boyer, J. S., 1978. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski, T.T. Water deficits and plant growth. New York: Academic Press, 4, 154-191.
- Cardoso, M. J., Bastos, E. A., Andrade Júnior, A. S. de, Sobrinho, C. A., 2017. Feijão-caupi: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Em: Coleção 500 perguntas, 500 respostas Embrapa, Brasília, DF. 244.

- Coelho, J., Barros, M. D. F., Bezerra Neto, E., Correa, M. M., 2013. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb. 17, 379-385.
- Desoky, E. M., Elrys, A. S., Rady, M. M., 2019. Integrative moringa and licorice extracts application improves *Capsicum annuum* fruit yield and declines its contaminant contents on a heavy metalscontaminated saline soil. Ecotoxicol. Environ. Saf. 169, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.117>
- Dias, A. S., Nobre, R. G., Lima, G. S., Gheyi, H. R., Pinheiro, F. W. A. 2016. Crescimento e produção de algodoeiro de fibra colorida cultivado em solo salino-sódico e adubação orgânica. Irriga. 260-273. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p260-273>
- Dutra, A. T., Silva, E. N., Rodrigues, C. R. F., Vieira, S. A., Aragão, R. M., Silveira, J. A. G., 2011. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb., Campina Grande, 15, 403-409.
- Fageria, N. K., Soares Filho, W. D. S., Gheyi, H. R., 2010. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal. 13, 205-218.
- Fonseca, V. A., Brito, C. F. B., Bebé, F. V., de Magalhães Arantes, A., dos Santos, L. G. 2016. Feijão-caupi irrigado com água salina e adubado com esterco bovino. Eng. Agric. 24 (5), 427- 438. <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i5.714>
- Goufo, P.; Moutinho-Pereira, J. M., Jorge, T.F., Correia, C.M., Oliveira, M.R., Rosa, E. A. S, António C., Trindade, H. 2017. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) metabolomics: osmoprotection as a physiological strategy for drought stress resistance and improved yield. Front. Plant Sci, 8, 586 <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00586>
- Granja, M. B., Vitorino, P. J. P., de Oliveira Sousa, V. F., Rodrigues, M. H. B. S., Diniz, G. L., de Andrade, F. H. A., Nobre, R. G., 2019. Variedades de feijão-fava submetidas à níveis de salinidade e adubação orgânica. Colloq. Agr. 15 (1), 104-114. <https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n1.a275>

- Gulshan AB, Saeed HM, Javid S, Meryem T, Atta MI, Amin-ud-Din M. Effects of animal manure on the growth and development of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). 2013. Journ. of Agric. Biolog. Sci. 8 (3), 213-218.
- Hernandes, A., Natale, W., Cazetta, J. O., Rozane, D. E., Souza, H. A. D., Romualdo, L. M. 2010. Influência do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de caramboleira. Rev. Bras. Frut. 32, 1220-1230. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000125>
- Husson, O., 2013. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: A trans disciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Plant Soil. 362, 389-417. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1429-7>
- Krasensky, J., Jonak, C., 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. J. xp. Bot. 63(4), 1593-1608. <https://doi.org/10.1093/jxb/err460>
- Lacerda, C. F.; Sousa, G. G.; Silva, F. L. B.; Guimarães, F. V. A.; Silva, G. L.; Cavalcante, L. F., 2011. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. Eng. Agríc. 31, 4, 663-675. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400005>
- Larcher, W., 2006. Ecofisiologia vegetal. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 531.
- Li, T., Di, Z., Islam, E., Jiang, H., Yang, X. 2011. Rhizosphere characteristics of zinc hyperaccumulator *Sedum alfredii* involved in zinc accumulation. Journ. of Haz. Mat. 185 (2-3), 818-823. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.09.093>
- Lima, C. J. D. S., Oliveira, F. A., Medeiros, J. F. Oliveira, M. K. T., Oliveira Filho, A. F., 2008. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão-caupi. Rev. Caatinga. 21, 1, 120-127.
- Linhares, P. C. A., Silva, J. N. da, Figueredo, J. P. de, Irineu da, T. H. da S., Andrade, R., 2016. Acúmulo de massa seca em feijão-caupi sob adubação orgânica. Rev. Ver. Agroec. e Desenv. Sustent. 11(5), 133-137. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i5.3758>

- Mahmoodabadi, M. R., Amini, S., Khazaeepour, K., 2010. Using animal manure for improving soil chemical properties under diferente leaching conditions. *Midd. E. Journ. of Scient. Res.* 5 (4), 214–217. <https://doi.org/10.3923/rjswm.2010.34.37>
- Maia, J. M., Voigt, E. L., Ferreira-Silva, S. L., Fontenele, A. D. V., Macêdo, C. E., & Silveira, J. A., 2013. Differences in cowpea root growth triggered by salinity and dehydration are associated with oxidative modulation involving types I and III peroxidases and apoplastic ascorbate. *Journ. of Plant growth Reg.* 32 (2), 376-387.
- Matsi, T., Lithourgidis, A., Barbayiannis, N., 2014. Effect of liquid cattle manure on soil chemical properties and corn growth in northern greece. *Experim. Agric.* 51 (3), 435-450. <https://doi.org/10.1017/S0014479714000404>
- Mazaheri, M.R., Mahmoodabadi, M., 2012. Study on infiltration rate based on primary particle size distribution data in arid and semiarid region soils. *Arab. J Geosci.* 5, 1039–1046. <https://doi.org/10.1007/s12517-011-0497-y>
- Melo, F. de B., Cardoso, M. J., Andrade Júnior, A. S. de, Ribeiro, V. Q., 2017. Zinc fertilization in cowpea cultivars. *Rev. Ciênc. Agron.* 48 (5), 739-744. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170086>
- Munns, R.; Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. of Plant Biol.* 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Oliveira, A. W. F. de, Marques, V. B., da Silva Junior, F. B., da Silva Guilherme, J. M., Barbosa, A. S., de Sousa, G. G. 2020. Emergência e crescimento de plântulas de Feijão-Caupi em substratos irrigadas com água salina. *Rev. Bras. de Agric. Irrig.* 13 (4), 3556. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V13N4001081>
- Oliveira, F. D. A. de, Oliveira, M. K. T. de, Lima, L. A., Alves, R. de C., Lima Régis, L. R. de, Santos, S. T. dos., 2017. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. *Irrig.*, 22 (2), 314-329. <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n2p314-329>
- Oliveira, F. T. de, Mendonça, V., Hafle, O. M., Moreira, J. N., Junior, E. B. P., Josefa, D. D. A., 2013. Fontes orgânicas e volumes de recipiente no crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira. *Rev. Ver. de Agroec. e Desenv. Sust.* 8 (2), 15.
- Ould-Ahmed, B.A., Inoue, M., Moritani, S., 2010. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of

wheat. *Agric. Wat. Manag.* 97, 165–170.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.001>

Parajuli, S., Ojha, B.R., Ferrara, G.O., 2018. Quantification of secondary traits for drought and low nitrogen stress tolerance in inbreds and hybrids of maize (*Zea mays* L.) *J. of Plant Gen. and Breed.* 2, 106.

Patel, P. R., Kajal, S. S., Patel, V. R., Patel, V. J., Khristi, S. M., 2010. Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Braz. Jour. of Plant Physiol.*, 22, 43-48. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202010000100005>

Prazeres, S. S., de Lacerda, C. F., Barbosa, F. E. L., Amorim, A. V., da Silva Araujo, I. C., Cavalcante, L. F., 2015. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Rev. Agro@mb. On-line.* 9 (2), 111-118. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2161>

Qadir, M., Schubert, S., Ghafoor, A., & Murtaza, G., 2001. Amelioration strategies for sodic soils: a review. *Lan. Degrad. & Dev.* 12 (4), 357-386. <https://doi.org/10.1002/ldr.458>

Sá, F. V. D. S., Brito, M. E., Melo, A. S. D., Antônio Neto, P., Fernandes, P. D., Ferreira, I. B., 2013. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. *Rev. Bras. Eng. Agríc. e Amb.*, 17 (10), 1047-1054. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000004>

Safdar, H; Amin, A.; Shafiq, Y.; Ali, A.; Yasin, R.; Shoukat, A.; Ul Hussan, M.; Sarwar, M. I., 2019. A review: Impact of salinity on plant growth. *Nat. Sci.* 17, (1) 34-40. <http://doi.org/10.7537/marsnsj170119.06>

Semida, W. M., Abd El-Mageed, T. A., Hemida, K., Rady, M. M., 2019. Natural bee-honey based biostimulants confer salt tolerance in onion via modulation of the antioxidant defence system. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 94, 632–642. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1592711>

Sibhatu, B., Belete, K., Tessema, T., 2015. Effect of Cowpea Density and Nitrogen Fertilizer on a Sorghum-Cowpea Intercropping System in Kobo, Northern Ethiopia. *Intern. J. of Agric. and For.* 5 (6), 305-317.

Silva, F. L. B., Lacerda, C. F., Neves, A. L. R., Sousa, G. G., Sousa, C. H. C., Ferreira, F. J., 2013. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas

- gasosas e produtividade de feijão-caupi. *Irrig.*, 18, 2, 304-317.
<http://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n2p304>
- Silva, F. L. B., Lacerda, C. F., Sousa, G. G., Neves, A. L. R., Silva, G. L., Sousa, C. H. C., 2011. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-caupi. *Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Amb.*, 15, 4, 383-389.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400009>
- Singh, K., Pandey, V. C., Singh, B., Patra, D. D., & Singh, R. P., 2016. Effect of fly ash on crop yield and physico-chemical, microbial and enzyme activities of sodic soils. *Env. Engin. & Manag. Journ*, 15 (11).
<https://doi.org/10.30638/eemj.2016.266>
- Sousa, G. G. de., Araújo Viana, T. V. de., Lacerda, C. F. de., Azevedo, B. M. de., Silva, G. L. da., Costa, F. R. B., 2014. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. *Rev. Agro@mb. On-line*. 8 (3), 359-367.
<https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i3.1824>
- Souza, R. P., Machado, E. C., Silveira, J. A. G., Ribeiro, R. V., 2011. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesq. Agrop. Bras.* 46, 587-592. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600003>
- Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C. A., Bohnen, H., Volkweis, S. J., 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 147. (Boletim Técnico, 5).
- Tejada, M., Gonzalez, J. L., Garcia-Martinez, A. M., Parrado, J., 2008. Effects of diferente green manures on soil biological properties and maize yield. *Bior. Tech.* 99, 1758-1767. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.052>
- Turner Neil, C. 2017. Turgor maintenance by osmotic adjustment, an adaptive mechanism for coping with plant water deficits. *Plant Cell Environ.*, 40, 1, 1-3, <https://doi.org/10.1111/pce.12839>
- Yarami, N., Sepaskhah, A. R. 2015. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. *Agric. Wat. Manag.* 150, 57-66.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.12.004>
- Zaki F., 2011. The Determinants of Salinity Tolerance in Maize (*Zea mays* L.). University of Groningen. 11-15 pp.

ARTIGO II

Mecanismos de tolerância de feijão-caupi sob irrigação salina e aplicação de esterco
bovino

*Situação: não submetido

Artigo

Mecanismos de tolerância de feijão-caupi sob irrigação salina e aplicação de esterco bovino

Rosilene Gomes de Souza Pinheiro^{a*}, Cristiano Tagliaferre^a

^aDepartamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA , 45.031-900, Brasil

*Autor para correspondência:

Rosilene Gomes de Souza Pinheiro

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Vitória da Conquista, BA 45031-900, Brasil

E-mail: rosilenepinheiro07@outlook.com

Resumo

A salinidade do solo é uma das principais limitações à produção de lavouras em muitas áreas do mundo. O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é classificado como moderadamente tolerante à salinidade suportando até condutividades de 3,3 dS m⁻¹ na água de irrigação. Entretanto, a intensidade do estresse salino varia entre as cultivares e estratégias de manejo utilizadas. Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da matéria orgânica sobre a salinidade do solo e mecanismos de tolerância de feijão-caupi cultivar BRS Guariba. O experimento foi realizado em ambiente protegido na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco condutividades elétricas da água de irrigação (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e cinco dosagens de esterco bovino [0 (sem aplicação); 10; 20; 30 e 40 t ha⁻¹], com três repetições. As avaliações da assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática, e concentração interna de CO₂, clorofila total e carotenoides, flavonoides e antocianinas nas flores, teor relativo de água, potencial osmótico, extravasamento de eletrólitos, açúcar, amido, prolina e enzimas antioxidantes foram realizadas nos períodos vegetativo, florescimento e de colheita. Para as avaliações foram coletadas folhas adultas e completamente expandidas localizadas no terço médio da copa. Concluiu-se que o uso de água salina com concentração acima de níveis recomendados afeta a fotossíntese e a permeabilidade de membranas em feijão-caupi cultivar BRS Guariba. A aplicação de esterco bovino em solo salino favorece a manutenção do status hídrico do feijão-caupi cultivado nesse ambiente expresso pelos valores de potencial osmótico e teor relativo de água. A aplicação de doses de esterco bovino acima do recomendado favorece o ajuste osmótico em feijão-caupi cultivar BRS Guariba, expressa pela redução do conteúdo de açúcares solúveis totais, amido e prolina.

Palavras-chave: Estresse salino, ajuste osmótico, status hídrico.

Abstract

Soil salinity is one of the main limitations to agricultural production in all the world. The cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is classified as moderately tolerant to salinity, supporting up to 3.3 dS m⁻¹ conductivities in irrigation water. However, the intensity of plants saline stress varies between the cultivars and management strategies used. The purpose of this study was to evaluate the effects of organic matter on soil salinity and tolerance mechanisms of cowpea BRS Guariba. The experiment was carried out in a protected environment in the experimental area of the State University of Southwest Bahia - UESB. This study was conducted in randomized blocks, in the factorial scheme 5 x 5, being five electrical conductivities of irrigation water (0.0; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) and five dosages of cattle manure [0 (not application); 10; 20; 30 and 40 t ha⁻¹], with three replications. The evaluations of CO₂ assimilation, transpiration, stomatic conductance, and internal CO₂ concentration, total chlorophyll and carotenoids, flavonoids and anthocyanins in flowers, water content, osmotic potential, electrolyte leakage, soluble sugars, starch, proline and antioxidant enzymes were performed during the vegetative periods, flowering and harvest. Old leaves and completely expanded leaves were collected in the middle third of the canopy. The application of saline water above the concentration of 3.0 dS m⁻¹ affects photosynthesis and membranes permeability in cowpea BRS Guariba. The use of cattle manure in a saline environment favors the maintenance of the water status of the plant, expressed by the relative water content, osmotic potential, proline content, soluble sugars and starch, but the doses of 20 and 30 t ha⁻¹ promote the tolerance of the crop to saline stress according to results in SOD, APX and GPX.

Keywords: saline stress, osmotic adjustment, water status.

4.1 Introdução

A salinidade do solo e da água, ocasionadas naturalmente ou por ações antrópicas como uso de água com altos teores de sais para irrigação de cultivos, são uma das principais restrições abióticas na produção global de alimentos, sobretudo, nas regiões semiáridas e provocam redução no crescimento e produtividade das culturas (Praxedes et al., 2014; Minhas et al., 2020). O acúmulo de sais na solução do solo reduz o potencial osmótico afetando diretamente a disponibilidade de água para as plantas que desencadeia o mecanismo de fechamento estomático reduzindo a fotossíntese, transpiração e compromete o desempenho da cultura, além de induzir a produção de espécies reativas de oxigênio que causam danos nas células e afetam o desempenho vegetal (Truner Neil, 2017; Polash et al., 2019; Saberli e Moradi, 2019).

No entanto, o efeito negativo dos sais depende da espécie vegetal cultivada, do estágio fenológico, da intensidade e duração do estresse salino e do manejo utilizado (Gheyi et al., 2005). O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma cultura encontrada no mundo inteiro em razão dos mecanismos de tolerância ao estresse desenvolvido pela cultura, que permitem sua produção em ambientes com condições climáticas extremas como instabilidade pluviométrica e elevadas taxas de evaporação (Bezerra et al., 2014).

A redução da abertura estomática, produção e acúmulo de osmólitos compatíveis como prolina, açúcares e amido no interior da célula são mecanismos celulares desenvolvidos pelas plantas para evitar a desidratação celular (Plazek et al., 2013; Taiz e Zeiger, 2017). Além disso, os mecanismos enzimáticos compostos pelas enzimas dismutase do superóxido (SOD) e as peroxidases do ascorbato (APX) e do guaiacol (GPX) e os não-enzimáticos, como os flavonoides e antocianinas são mecanismos de defesa antioxidante que reduzem os efeitos tóxicos das espécies reativas de oxigênio (ERO's) aumentando a tolerância da cultura ao estresse salino (Singh et al., 2010).

Esses mecanismos desenvolvidos pelas plantas nem sempre são suficientes para garantir a produção, principalmente, se o teor de sais estiver acima dos níveis tolerados, fazendo-se necessário associar tecnologias e/ou estratégias de manejo viáveis no solo que potencializem a sobrevivência da cultura nessas condições, em especial, em regiões semiáridas, uma vez que, é quase inevitável o uso de águas salinas (Dias et al., 2016).

Uma das estratégias de manejo que vem sendo estudada em plantas cultivadas em ambiente salino é a aplicação de esterco bovino no solo. Este produto possui altos teores de matéria orgânica que proporciona melhorias nas propriedades físico-químicas dos solos atuando na velocidade de infiltração da água, liberando nutrientes e substâncias húmicas no solo, eliminando os íons tóxicos de sais promovendo a absorção de água e nutrientes em meios salinos (Lacerda et al., 2011). Por ser uma técnica sustentável, de simples aplicação e baixo custo, pode ser testada em diversos cultivos, sendo importante para a produtividade das culturas e uso sustentável do solo (Aydin et al., 2012).

Estudos verificaram que a aplicação de produtos com altos teores de matéria orgânica no solo reduzem a intensidade dos danos causados pela salinidade em parâmetros como as trocas gasosas foliares e crescimento do feijão-caupi (Silva et al., 2011; Pereira et al., 2013). Diante do exposto, e partindo-se da hipótese de que o feijão-caupi tem comportamento diferenciado em condições de salinidade e manejo do solo, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da matéria orgânica sobre a salinidade do solo e mecanismos de tolerância de feijão-caupi cultivar BRS Guariba.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Área experimental

O estudo foi realizado em ambiente protegido na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista-BA (14°53'08'' Sul, 40°48'02'' Oeste) durante o período de fevereiro a maio de 2020. O clima da região é classificado como tropical de altitude (Cwb) de acordo a classificação de Koppen, com estação chuvosa durante os meses de novembro a março, com precipitação média anual em torno de 730 mm. As médias térmicas mostram máximas de 26,4 °C e mínimas de 16,1 °C, com média anual de 20,2 °C.

4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 30 dm³, no delineamento em blocos ao acaso, no esquema fatorial 5x5, sendo os fatores compostos por cinco condutividades elétricas da água de irrigação (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e cinco doses de esterco bovino (0, 10, 20, 30, 40 t ha⁻¹), com três repetições, totalizando 75 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta por duas plantas de feijão-caupi. A análise química da água de irrigação foi realizada pelo Laboratório de Química do Solo da UESB (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Características químicas das águas de irrigação utilizadas no experimento

Tratamento	Parâmetros analisados							
	pH	CE	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SAR	USSL
	-	dS m ⁻¹	meq/L			-	-	
0,0	6,9	0,16	0,10	0,10	0,02	1,30	4,1	C ₁ S ₁
1,5	7,6	1,5	0,10	0,10	0,01	16,96	53,6	C ₃ S ₄
3,0	7,0	3,0	0,10	0,10	0,02	29,13	92,1	C ₄ S ₄
4,5	7,0	4,5	0,15	0,15	0,21	40,00	103,3	C ₄ S ₄
6,0	7,0	6,0	0,10	0,10	0,38	59,13	187,0	C ₄ S ₄

CE = Condutividade elétrica, SAR = Razão de Adsorção de Sódio, USSL = Classificação da água para irrigação

O solo utilizado no experimento é do tipo LATOSSOLO AMARELO, que foi homogeneizado com 0,140; 0,280; 0,420 e 0,560 kg de esterco nos vasos, representando as doses de 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹, respectivamente, além da testemunha sem aplicação (0,0 kg). As análises do solo e do esterco utilizados foram realizadas antes da implantação do experimento (Tabela 2.2 e 2.3).

Tabela 2.2. Composição química do solo utilizado no estudo

P	K	Ca	Mg	Al³⁺	H⁻	Na⁺	S.B
mg dm ⁻³		----- cmol _c dm ⁻³ -----					
2,0	0,12	0,6	0,3	0,4	2,4	-	1,0
t	T	V	m	PST	M.O	pH	
----- cmol _c dm ⁻³ ---		----- % -----		g dm ⁻³		(H ₂ O)	
1,4	3,8	27	28	-	10	5,0	

Tabela 2.3. Composição química do esterco bovino utilizado no estudo

N	P	K	Ca	Mg	S	CO	Na
----- % -----							
1,68	0,36	3,20	1,1	0,51	0,35	15,28	0,144
Zn	Fe	Mn	Cu	B	pH	C/N	
----- ppm -----					(H ₂ O)		-
128,0	3017,6	200,8	12,0	34,7	9,04	9,09	

Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Guariba, previamente tratadas com fungicida à base de Captan para controle de doenças (300 mL/100 kg de sementes). Para a semeadura utilizou-se quatro sementes por vaso. O desbaste das plântulas foi realizado oito dias após emergência, permanecendo duas plantas em cada vaso. A irrigação com água salina iniciou-se aos 20 dias após a germinação.

As soluções salinas foram preparadas adicionando cloreto de sódio (NaCl) a água normal (0,0 dS m⁻¹) para obtenção das condutividades elétricas de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ que foi medida com auxílio de um condutivímetro portátil modelo R-TEC-4P-MP (Technal). A lâmina de irrigação aplicada foi determinada pelo método da capacidade de vasos (Adorian et al., 2015) com o objetivo de manter o solo na capacidade de campo. O turno de rega foi de dois dias. As avaliações foram realizadas nos estágios de desenvolvimento vegetativo, florescimento e colheita, correspondendo aos 34, 50 e 73 dias após emergência (DAE). Para as avaliações foram coletadas folhas adultas e completamente expandidas localizadas no terço médio da copa.

4.2.3 Avaliações

4.2.3.1 Trocas gasosas foliares

A assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e concentração interna de CO₂ (*C_i*) foram realizadas entre 8h e 11h da manhã, sob luz saturante artificial de 1300 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e concentração atmosférica de CO₂ de ±390 μmol mol⁻¹ utilizando um analisador de gases por infravermelho (Infrared Gas Analyser – IRGA LCPro, ADC, UK). As avaliações ocorreram nos períodos vegetativo, de florescimento e colheita.

4.2.3.2 Pigmentos fotossintéticos

Para extração dos pigmentos fotossintéticos foram coletados três discos foliares (5 mm) e colocados em tubos cobertos com papel alumínio, contendo solução de acetona a 80% (v/v) por 48h em ambiente escuro. A determinação dos pigmentos foi feita em espectrofotômetro nas absorvâncias de 480, 646 e 663 nm referentes às clorofilas a, b e carotenoides, respectivamente. As concentrações foram determinadas de acordo com a metodologia de Wellburn (1994).

As antocianinas e os flavonoides totais nas flores foram determinados de acordo com Lees e Francis (1972). As determinações dos teores de pigmentos ocorreram nos períodos vegetativo, de florescimento e colheita.

4.2.3.3 Relações hídricas

O teor relativo de água (TRA) foi obtido através do peso da massa fresca (MF), túrgida (MT) e seca (MS). O cálculo foi feito por meio da fórmula: $TRA (\%) = \{[(MF - MS) / (MT - MS)] \times 100\}$ (Barrs e Wheaterley, 1962).

Para a determinação do potencial osmótico (Ψ_s) foram coletados três discos foliares (5 mm de diâmetro) e congelados em nitrogênio líquido. Após descongelamento e estabilização da temperatura, os discos foram colocados na câmara para a obtenção das leituras do Ψ_s . Utilizou-se o psicrômetro de termopar (Câmara C-52, Wescor), conectados a um microvoltímetro de ponto de orvalho (Psy-PRO, Wescor, Logan, USA). Os valores de Ψ_s foram corrigidos pelo método de Wilson et al. (1979).

A permeabilidade das membranas foi determinada por meio do extravasamento de eletrólitos (EE). Para isso, coletou-se 10 discos foliares, acondicionando-os em béqueres contendo 10 mL de água destilada. As amostras foram mantidas em repouso por 24 horas em temperatura ambiente e após este período foram realizadas as primeiras leituras (C_1) utilizando condutivímetro portátil. Em seguida, colocou-se as amostras em banho maria a 80 °C por 20 minutos e, aferiu-se a condutividade final (C_2) após o resfriamento das amostras. A permeabilidade relativa foi calculada pela relação $[(C_1/C_2) \times 100]$ (Tarhanen et al., 1999). As diferentes avaliações relacionadas às relações hídricas ocorreram nos períodos vegetativo, de florescimento e colheita.

4.2.3.4 Análises bioquímicas

A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada de acordo com a metodologia de Clegg et al. (1956). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro na absorvância de 490 nm.

Para quantificação do amido foi feita pela reação com antrona (0.2%), conforme método de McCready et al. (1950) e a leitura das amostras, em espectrofotômetro no comprimento de onda de 620 nm, utilizando-se solução de glicose de 0 a 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ como padrão.

Os teores de prolina (Pro) foram analisados pelo método da ninhidrina ácida de acordo Bates et al. (1973). As amostras secas foram centrifugadas em solução de ácido sulfossalicílico e coletando-se 2 mL do extrato após esse processo. Em seguida adicionou-se 2 mL de solução ácida de ninhidrina (1,25 g de ninhidrina, 30 mL de ácido acético glacial, 20 mL de ácido fosfórico 6 M) e 2mL do acético glacial nas amostras que foram incubadas a 100 °C por 1 h, e em seguida colocadas em gelo para finalizar a reação. Foram adicionados 2 mL de tolueno, seguindo de agitação por 20 s para a completa extração da prolina. As leituras do sobrenadante foram realizadas em espectrofotômetro a 520 nm. Os resultados foram expressos em micromol de prolina por grama de massa seca ($\mu\text{mol g MS}^{-1}$). As diferentes análises bioquímicas estão relacionadas ao período de colheita.

4.2.3.5 Atividade das enzimas antioxidantes

A dismutase do superóxido (SOD) foi determinada por medição da sua capacidade para inibir a redução fotoquímica do nitro azul de tetrazólio (NBT). Em seguida, leituras de absorvância a 560 nm foram realizadas em espectrofotômetro. A atividade foi determinada pelo cálculo da quantidade de extrato que inibiu 50% da redução de NBT (Beauchamp e Fridovich, 1971) e expressa em $\text{UA kg}^{-1} \text{MS}$.

A peroxidase do ascorbato (APX) foi determinada acompanhando-se a queda da absorvância a 290 nm de acordo Nakano e Asada (1981). Já a atividade da peroxidase do guaiacol (GPX) foi determinada de acordo com o método de Pirovani et al. (2008) sob variação na absorvância a 470 nm. As diferentes análises referentes as enzimas antioxidantes estão relacionadas ao período de colheita

4.2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (Cochran e Bartlett). Posteriormente, procedeu-se a análise de variância e as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão utilizando o programa AGROESTAT, versão 1.0 (Barbosa e Maldonato Júnior, 2015).

Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes da regressão a 5% de significância e no coeficiente de determinação.

4.3 Resultados

Houve interação significativa entre as concentrações de salinidade e doses de esterco bovino para a assimilação de CO₂ (*A*) durante a fase vegetativa da cultura (Figura 2.1A e B). De modo geral, a irrigação com água salina afetou *A* com valores decrescendo linearmente conforme aumento das dosagens de esterco. Destacando-se que o maior decréscimo (66%) em relação à testemunha, ocorreu no tratamento com ausência de água salina (0,0 dS m⁻¹) na maior dosagem de esterco (40 t ha⁻¹). Quando houve aplicação de água salina, a maior dose de esterco aplicada atenuou os efeitos negativos do excesso de sais para a *A* em relação à testemunha, com redução de 34% na maior condutividade (6,0 dS m⁻¹). Os resultados observados neste período demonstram que o efeito positivo do uso de esterco bovino ocorreu quando houve aplicação das maiores condutividades elétricas (Figura 2.1A).

Analisando os efeitos das doses de esterco bovino nas diferentes concentrações de salinidade, houve diferença significativa nos valores de *A* para as doses de 0 e 40 t ha⁻¹ (Figura 2.1B). Na ausência de esterco bovino no solo (0 t ha⁻¹), os valores de *A* decresceram linearmente em 21% na maior condutividade elétrica aplicada (6,0 dS m⁻¹) em relação à testemunha. Houve ajuste quadrático para os valores de *A* na aplicação da maior dose de esterco bovino (40 t ha⁻¹), com ponto máximo de 3,88 dS m⁻¹, demonstrando que houve atenuação dos efeitos da salinidade até este ponto (Figura 2.1B). No período de florescimento *A* reduziu significativamente em 11% para a maior condutividade aplicada (6,0 dS m⁻¹) em relação a testemunha (Figura 1C). Não foi encontrada diferença significativa nos valores de *A* para o período de colheita (Figuras 2.1C e D).

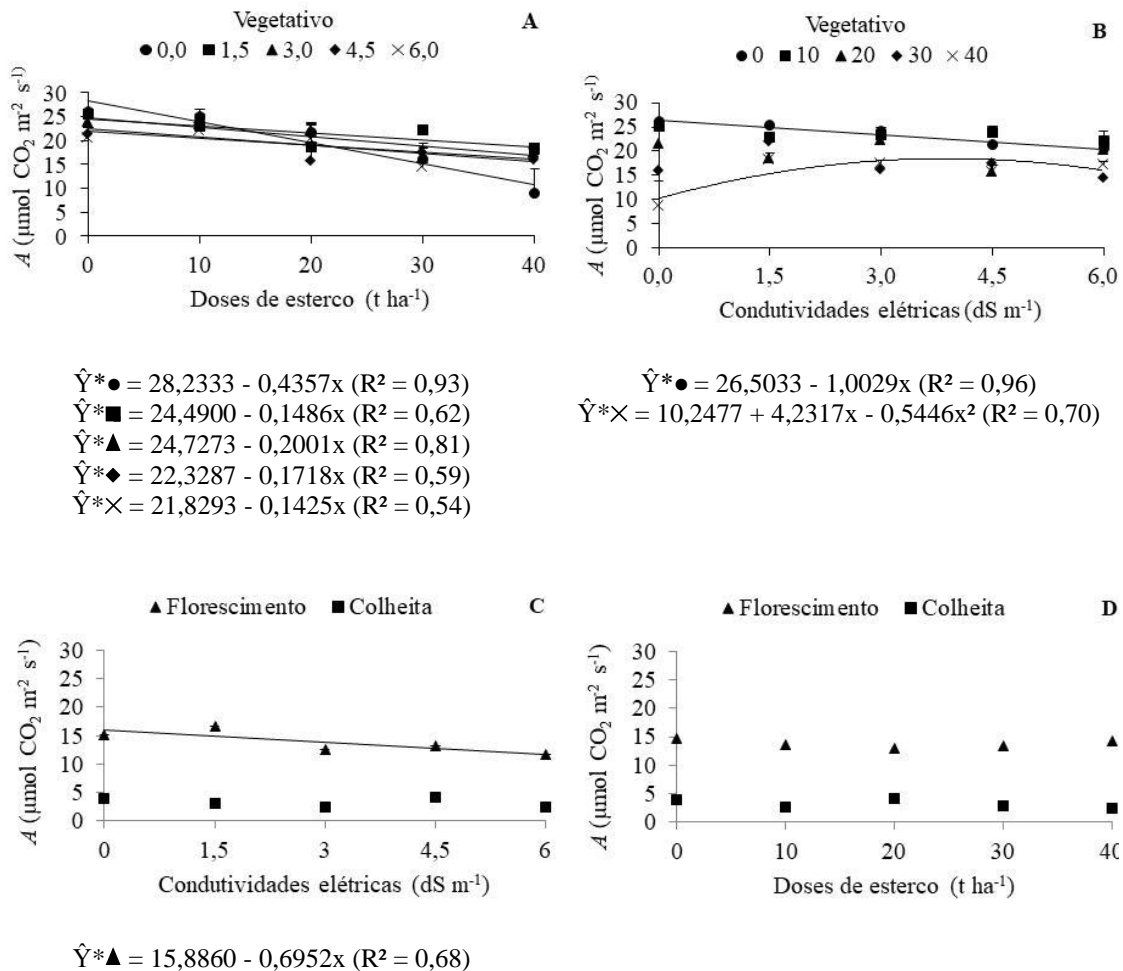


Figura 2.1. Assimilação de CO_2 (A) em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo (A, B), de florescimento e colheita (C, D).

A condutividade influenciou de forma isolada nos valores de transpiração (E) que decresceram linearmente de forma significativa, conforme aumento das concentrações de salinidade (Figura 2.2A). Durante o período vegetativo, de florescimento e colheita, a E reduziu em 9,2, 18 e 55% nos valores observados quando houve aplicação da condutividade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ comparada ao uso de água normal ($0,0 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 2.2A).

A dose de esterco influenciou a redução da E de forma significativa apenas na fase vegetativa da cultura, que decresceu linearmente (36%) na dose de 40 t ha^{-1} em relação à testemunha (Figura 2.2B). Não foi observada diferença significativa da aplicação das doses de esterco em E nas demais fases fenológicas; no entanto, houve uma redução de 17% para a dose de 40 t ha^{-1} aplicada ($0,65 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação à testemunha ($0,78 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na fase de colheita (Figura 2.2B). Observa-se que, os valores de E na fase

do período vegetativo foi mais influenciado pelos tratamentos em relação aos demais, e que o aumento das doses de esterco provocou redução acentuada da E nesta fase. Ainda, nota-se que até a condutividade elétrica de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e dose de esterco de até 10 t ha^{-1} essa redução não ocorreu.

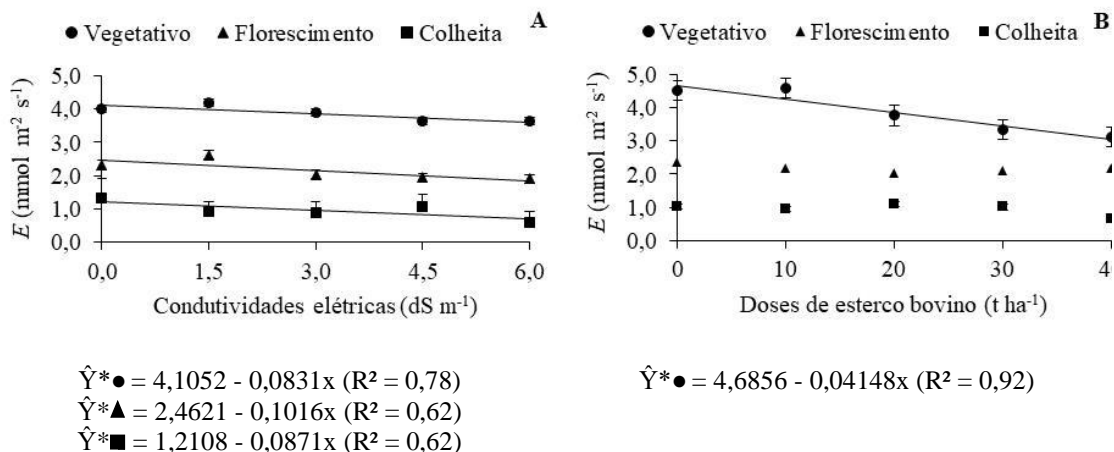


Figura 2.2. Transpiração em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

A condutância estomática (g_s) decresceu significativamente conforme aumento das condutividades elétricas nos três períodos analisados (Figura 3A). Os valores decresceram linearmente 14, 15 e 60% no período vegetativo, de florescimento e colheita, respectivamente, conforme aumento da condutividade elétrica da água de irrigação de $0,0$ para $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2.3A). Nas doses de esterco bovino foram encontrados resultados significativos para g_s apenas durante a fase vegetativa da cultura, com um decréscimo de 48% da ausência de esterco para a maior dose aplicada (40 t ha^{-1}). Nos outros períodos, o efeito da aplicação do esterco foi discreto, apresentando redução de 15 e 60% no florescimento e colheita (Figura 2.3B).

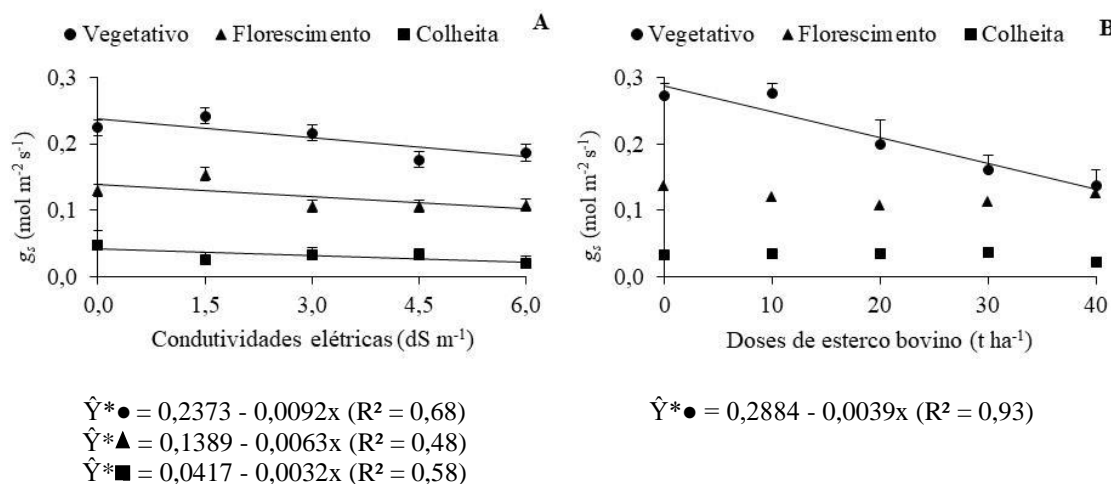


Figura 2.3. Condutância estomática em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

Não houve ajuste de modelos para a concentração interna de CO₂ (*C_i*) para a salinidade nas diversas fases de desenvolvimento da cultura (Figura 2.4A). Evidenciando que a salinidade da água de irrigação não afetou significativamente a *C_i* nos períodos analisados, mas apresenta um leve decréscimo conforme aumento das concentrações de salinidade (Figura 2.4A). As dosagens de esterco demonstraram efeito significativo para *C_i* apenas na fase vegetativa, com valores reduzindo em 24% em relação à testemunha (Figura 2.4B). No período de colheita, *C_i* revelou maiores valores em relação aos demais, com tendência crescente a partir da dose de 30 t ha⁻¹ (Figura 2.4B).

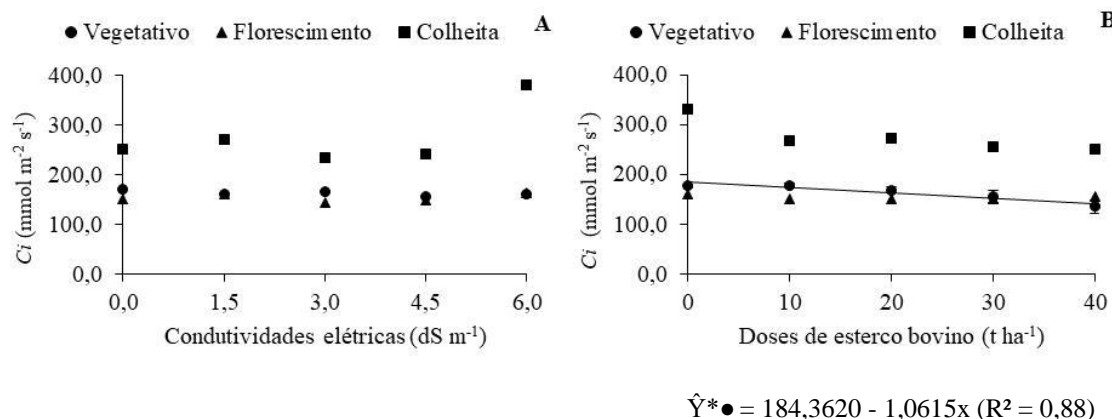


Figura 2.4. Concentração interna de CO₂ em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

O teor de clorofila total (ChT) demonstrou resultados significativos para as condutividades elétricas e doses de esterco bovino de forma isolada nos períodos vegetativos e de florescimento (Figura 2.5A e 2.5B). Avaliando-se os fatores isolados, observa-se que conforme aumento das condutividades e doses aplicadas, a ChT revelou aumento linear total de 15 e 21% no período vegetativo e decréscimo de 12 e 42% no período de florescimento, respectivamente (Figura 2.5A e B)

Verificou-se interação significativa para doses de esterco e condutividades elétricas aplicadas no período de colheita. Os valores da ChT reduziram 61 e 76% nas condutividades de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente, em relação a água normal (Figura 2.5C). Houve ajuste do modelo quadrático para os valores da ChT na ausência de esterco (0 t ha⁻¹) obtendo-se ponto mínimo de 2,37 dS m⁻¹ para condutividade elétrica e aumento de 59% a partir desse ponto. Houve ajuste linear para as doses de 20 e 40 t ha⁻¹ aplicadas em que a ChT, decresceu 60 e 50% com aumento das condutividades elétricas da água de irrigação (Figura 2.5D).

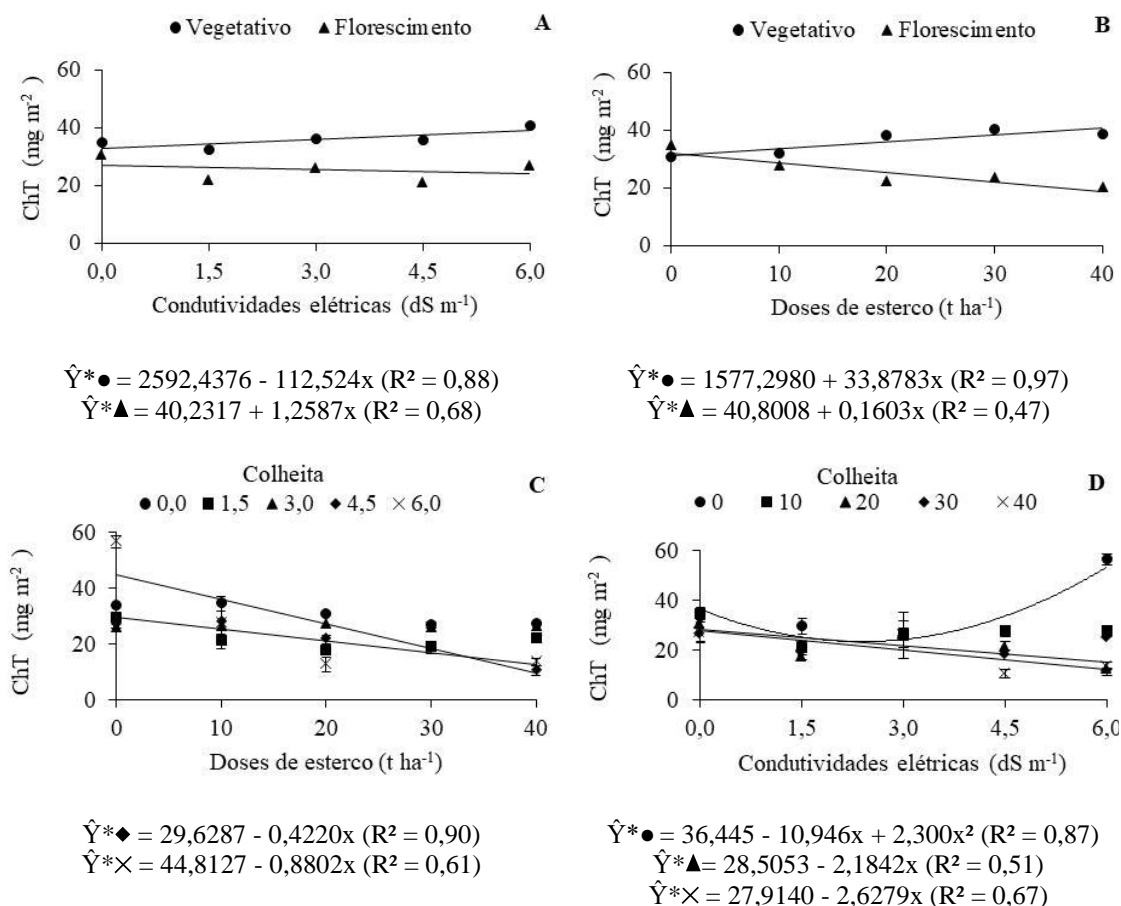


Figura 2.5. Clorofila total em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo, de florescimento (A e B) e colheita (C e D).

Houve efeito isolado das aplicações de condutividades elétricas e doses de esterco nos teores de carotenoides (Car) (Figura 2.6A e 2.6B). Os teores de Car decresceram 4 e 16% no período vegetativo e de colheita conforme aumento das condutividades elétricas da água de irrigação, respectivamente. Entretanto, para o período de florescimento houve ajuste do modelo quadrático, com ponto mínimo de 2,88 dS m⁻¹ para condutividade e aumento total de 19% nos valores de Car a partir desse ponto (Figura 2.6A).

O uso das doses de esterco bovino revelou ajuste linear significativo para todos os períodos (Figura 2.6B). Para o período vegetativo e de florescimento, houve aumento de 6 e 8% nos valores de Car para a maior dose em relação à ausência de esterco (0 t ha⁻¹), respectivamente. No período de colheita observou-se decréscimo de 12% nos valores de Car para a maior dose de esterco (40 t ha⁻¹) em relação à ausência de aplicação. Nota-se

que o efeito positivo nos teores de Car com o aumento das doses de esterco não foi observado durante a fase de colheita (Figura 2.6B).

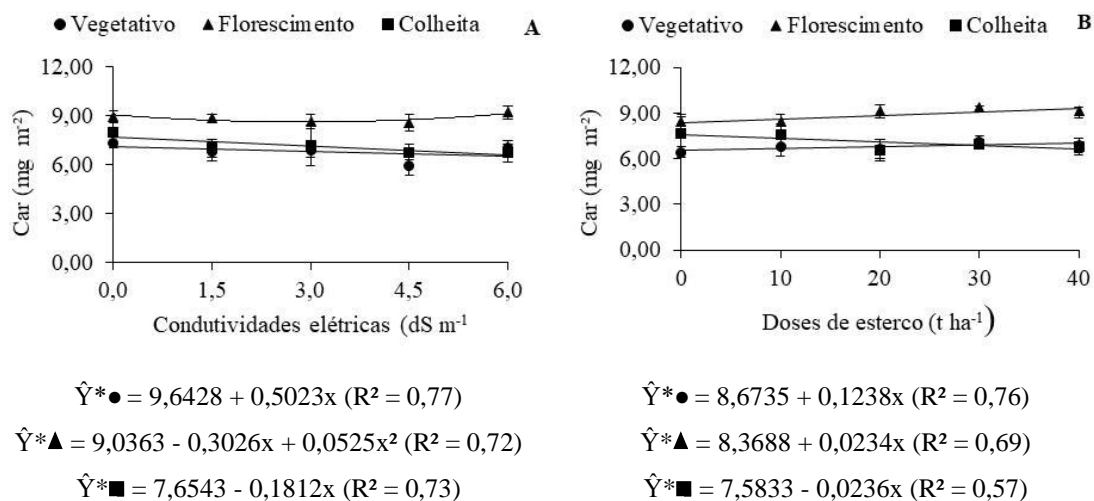


Figura 2.6. Carotenoides em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

Não foi observado efeito significativo das aplicações de esterco bovino e água salina nos teores de flavonoides (Flav) e antocianinas (Ant) nas flores (Figura 2.7A e B). Na condutividade de 6,0 dS m⁻¹ os valores de Flav e Ant reduziram em 6 e 2%, respectivamente, em relação à testemunha. Da mesma forma, houve aumento de mesma magnitude nestes pigmentos com aplicação da dose 0,0 t ha⁻¹ para 40 t ha⁻¹, respectivamente.

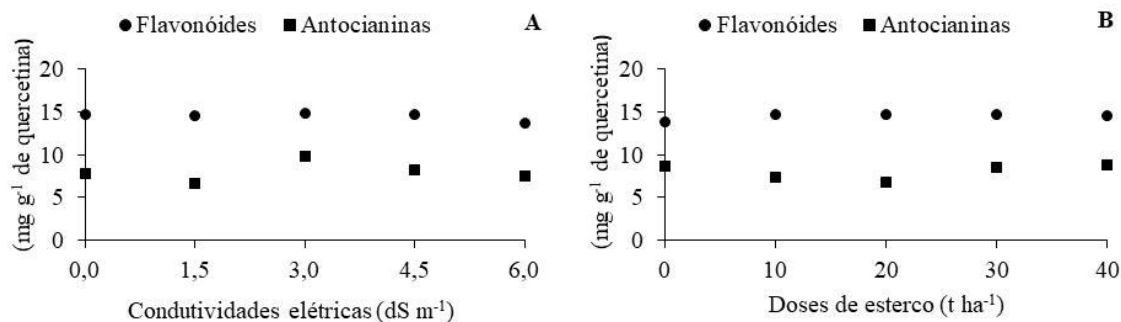


Figura 2.7. Teores de flavonoides e antocianinas em flores de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de florescimento.

Não houve diferença significativa dos tratamentos para o potencial osmótico (Ψ_s) no período vegetativo (Figura 2.8A e B). No entanto, o incremento de sais no solo ocasionou redução no status energético da água, havendo interação significativa entre as doses e condutividades nos valores de Ψ_s para o período de florescimento e colheita (Figura 2.8C, D, E e F). No período de florescimento a aplicação da dose $0,0 \text{ t ha}^{-1}$ revelou ajuste quadrático significativo em relação às condutividades elétricas, com ponto mínimo de $-4,92 \text{ dS m}^{-1}$ para Ψ_s .

Houve ajuste linear no Ψ_s das plantas com aplicação da dose de esterco de 20 t ha^{-1} conforme aumento das concentrações de salinidade, com aumento de 38% no acúmulo de solutos da água sem aplicação de solução salina ($0,0 \text{ dS m}^{-1}$) para a maior aplicação ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 2.8C). Analisando as condutividades elétricas dentro das doses de esterco estudadas verifica-se uma redução de 5% no Ψ_s na concentração de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Na concentração de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ observa-se efeito contrário, com aumento de 36% no Ψ_s em relação ao tratamento controle (Figura 2.8D).

No período de colheita os valores de Ψ_s na dose de esterco de $0,0 \text{ t ha}^{-1}$ é representado pelo modelo quadrático, com ponto máximo de $2,17 \text{ dS m}^{-1}$ para condutividade elétrica (Figura 2.8E). As doses de esterco revelaram ajuste linear significativo para Ψ_s na condutividade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que os valores aumentaram de 3% entre a dose de $0,0 \text{ t ha}^{-1}$ para $6,0 \text{ t ha}^{-1}$. Não foi observada diferença significativa das doses nas demais condutividades elétricas; no entanto, verifica-se uma redução nos valores de Ψ_s conforme aumentam-se as doses de esterco (Figura 2.8D).

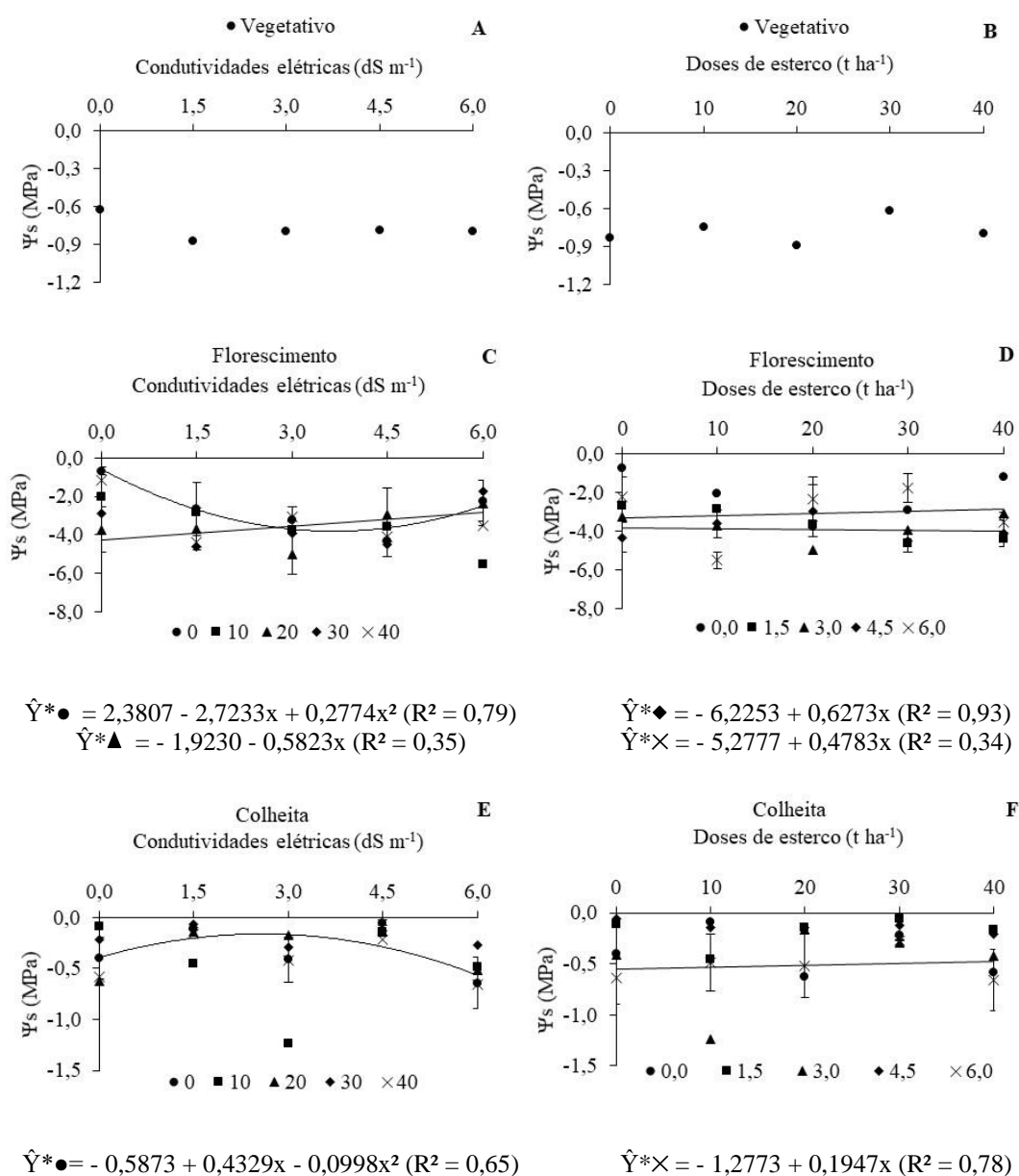


Figura 2.8. Potencial osmótico em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas e doses de esterco bovino durante o período vegetativo (A e B), de florescimento (C e D) e colheita (D e E).

O teor relativo de água (TRA) variou nos três períodos, com valores significativos para o período vegetativo e de colheita (Figura 2.9). Houve redução linear de 6% no TRA da aplicação de água normal (0,0 dS m⁻¹) para a maior condutividade elétrica (6,0 dS m⁻¹) no período vegetativo. Na fase de colheita, o TRA demonstrou seu máximo valor na condutividade elétrica de 1,81 dS m⁻¹ (Figura 2.9A).

Para o fator dose de esterco os valores de TRA foram significativos apenas no período vegetativo com ajuste do modelo quadrático. O ponto mínimo neste caso foi de 24 t ha⁻¹ para dose de esterco, com aumento de 8% nos valores de TRA a partir deste ponto até a maior dose aplicada (40 t ha⁻¹) (Figura 2.9B).

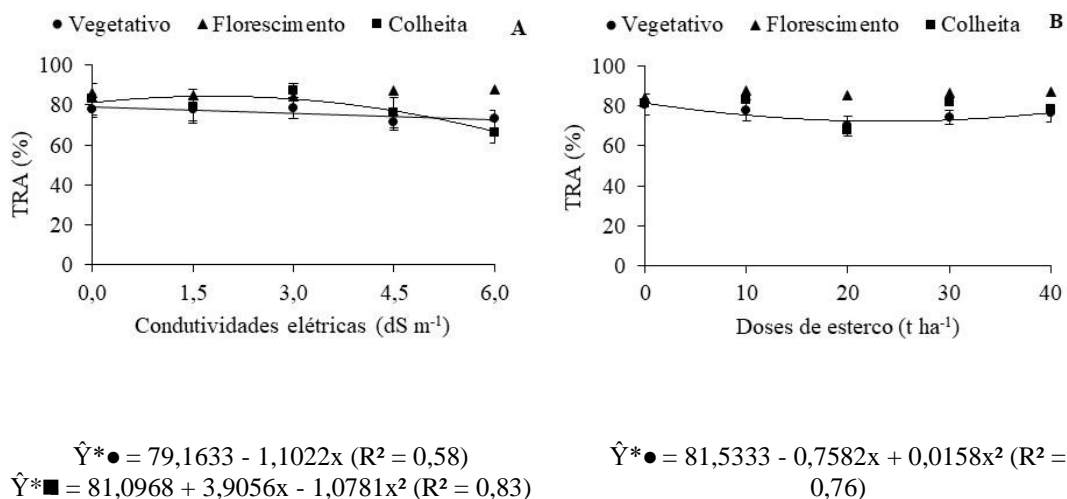
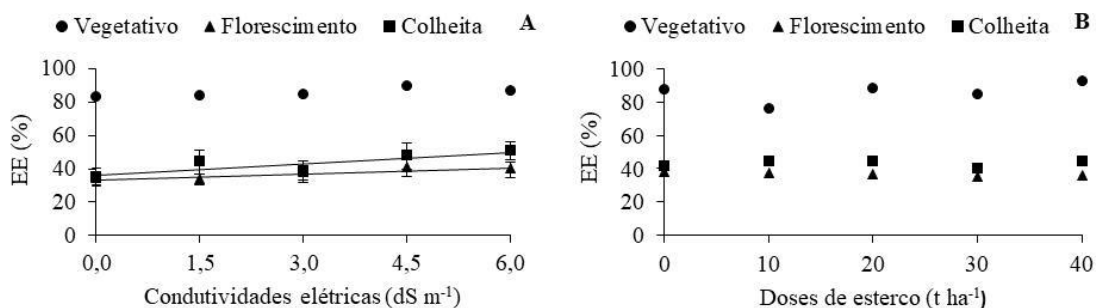


Figura 2.9. Teor relativo de água em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

As condutividades elétricas demonstraram efeito significativo no extravasamento de eletrólitos (EE) para os períodos de florescimento e colheita. Observou-se aumento linear de 14% (florescimento) e 31% (colheita) no EE com uso de água normal (0,0 dS m⁻¹) para a maior condutividade (6,0 dS m⁻¹). Não foi observada diferença significativa para o fator dose nos valores médios de EE (Figura 2.10B).



$$\hat{Y}^*_{\blacktriangle} = 0,1051 - 0,0051x \quad (R^2 = 0,81)$$

$$\hat{Y}^*_{\blacksquare} = 36,21 + 2,3093x \quad (R^2 = 0,72)$$

Figura 2.10. Extravasamento de eletrólitos em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período vegetativo, de florescimento e colheita.

Foi observada interação dos fatores para o teor de açúcares solúveis totais (AST) nas folhas (Figura 2.11). Verificou-se significância para as duas maiores condutividades aplicadas (4,5 e 6,0 dS m⁻¹) analisadas dentro das doses de esterco. Houve ajuste do modelo quadrático para os dados de AST referentes à condutividade de 4,5 dS m⁻¹, com valor mínimo de 14,05 t ha⁻¹ que equivale a 55,16 μmol g⁻¹ MS. A partir desse ponto, houve aumento de 68% no teor de AST para a maior dose aplicada (40 t ha⁻¹). Para a condutividade de 6,0 dS m⁻¹ houve ajuste linear, de modo que o teor dos AST decresceu 96% da testemunha para a maior dose aplicada (40 t ha⁻¹). Demonstrando, assim, que as maiores doses de esterco aplicadas promoveram a redução do teor de açúcares nas folhas de feijão-caupi mesmo nas maiores condutividades (Figura 2.11A).

Analisando a interação do fator dose dentro das condutividades verificou-se ajuste linear para as doses de 10 e 20 t ha⁻¹ que decresceram 40 e 87%, respectivamente, quando comparadas à testemunha. Houve ajuste do modelo quadrático para a dose de 40 t ha⁻¹ com valor máximo de 1,66 dS m⁻¹ que corresponde a 38,5 μmol g⁻¹ MS. A partir desse ponto verificou-se redução de 82% no teor de AST nas folhas para a maior condutividade aplicada (6,0 dS m⁻¹) (Figura 2.11). Observa-se, portanto, que o teor de AST nas folhas não decresceu conforme aumento das doses de esterco bovino apenas na condutividade de 1,5 dS m⁻¹, demonstrando benefícios do uso desse produto no solo nas condições de cultivo avaliadas (Figura 2.11).

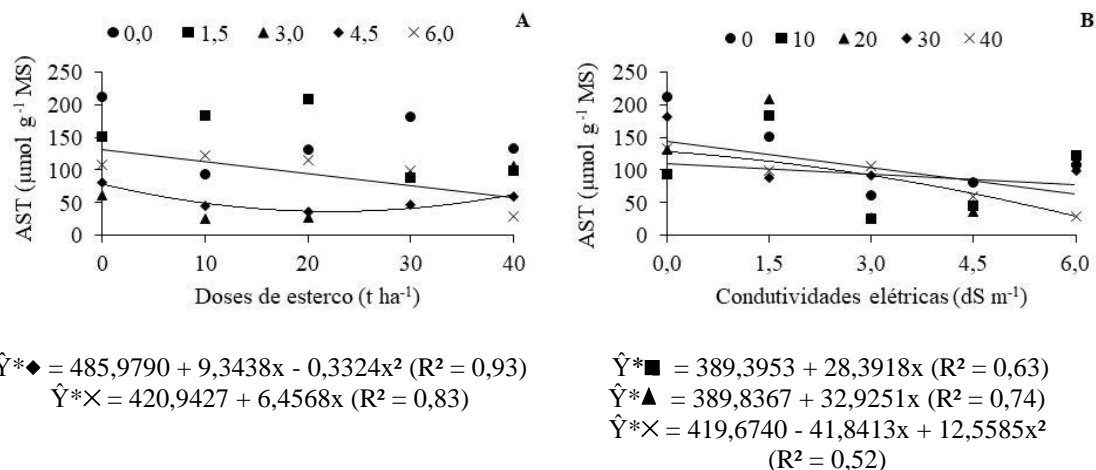
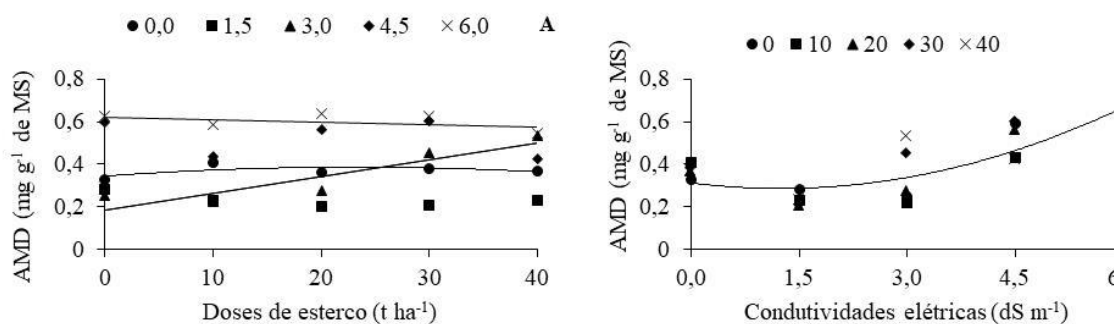


Figura 2.11. Açúcares solúveis totais em folhas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita.

Para os teores de amido (AMD) nas folhas houve interação dos fatores estudados (Figura 2.12). O modelo quadrático se ajustou a condutividade $0,0 \text{ dS m}^{-1}$, com ponto máximo na dose de $21,9 \text{ t ha}^{-1}$, que equivale ao teor de AMD igual a $1,0 \text{ mg g}^{-1}$ de MS. O decréscimo a partir desse ponto foi de 75% em relação à maior dose aplicada. Para as condutividades de $1,5$; $3,0$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ houve ajuste do modelo linear com aumento de 34% e decréscimo de 8 e 57%, respectivamente, quando comparados à ausência de aplicação (Figura 2.12A)

Verificou-se significância no teor de AMD apenas com a ausência de esterco bovino. O modelo quadrático se ajustou a estes dados obtendo-se ponto máximo de $2,73 \text{ dS m}^{-1}$ que corresponde a $0,85 \text{ mg g}^{-1}$ de MS. A partir de então houve decréscimo de 36% para o teor de AMD nas folhas para a maior dose de esterco aplicada (Figura 2.12B).



$$\hat{Y}^{\bullet} = 0,5295 + 0,0438x - 0,0010x^2 \quad (R^2 = 0,70) \quad \hat{Y}^{\bullet} = 0,4685 + 0,2827x - 0,05175x^2 \quad (R^2 = 0,53)$$

$$\hat{Y}^{\blacksquare} = 0,3960 + 0,0078x \quad (R^2 = 0,68)$$

$$\hat{Y}^{\blacktriangle} = 1,0540 - 0,0141x \quad (R^2 = 0,56)$$

$$\hat{Y}^{\times} = 0,1827 + 0,0176x \quad (R^2 = 0,96)$$

Figura 2.12. Teor de amido em folhas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita.

Houve interação significativa dos tratamentos para os teores de prolina (Pro) nas folhas no período de colheita (Figura 2.13A e B). Os valores de Pro foram ajustados pelo modelo linear nas condutividades de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, decrescendo 42, 27, 18 e 50%, respectivamente, em relação ao tratamento controle (Figura 2.13A).

Os teores de Pro demonstraram comportamento quadrático. Os valores revelaram ponto máximo para as condutividades elétricas de 1,64, 1,77, 1,38, 1,41 e 1,05 dS m⁻¹, analisadas dentro das doses de 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹, respectivamente. Os valores de Pro decresceram 35, 30, 36, 57 e 49% a partir desse ponto nas doses analisadas. As maiores reduções no acúmulo de Pro nas folhas ocorreram nas doses de 30 e 40 t ha⁻¹ (Figura 2.13B).

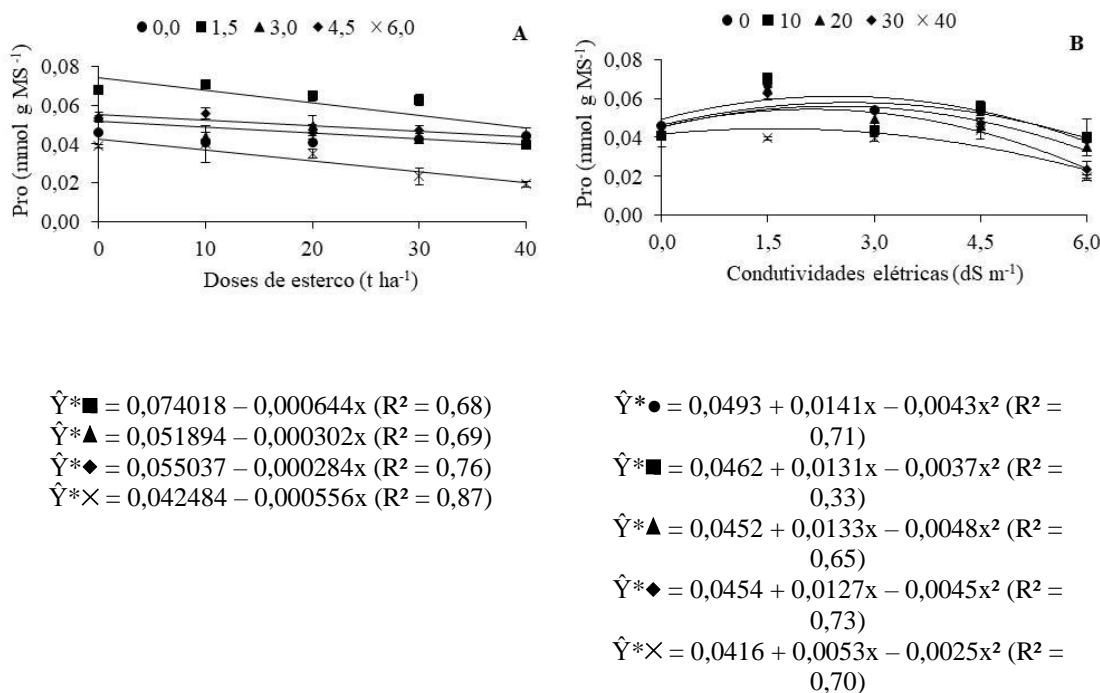


Figura 2.13. Prolina em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita.

A interação das condutividades dentro das doses na atividade da dismutase do superóxido (SOD) foi ajustada pelo modelo quadrático (Figura 2.14A). Verificou-se significância apenas para as condutividades de 0,0 e 6,0 dS m⁻¹ com valor mínimo em 30 e 1,07 t ha⁻¹, que representam uma atividade de 0,32 e 0,53 UA mg⁻¹ MS. O aumento verificado do ponto mínimo até a aplicação da dose de 40 t ha⁻¹ foi de 30 e 64% para as condutividades de 0,0 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 2.14A).

Verificou-se ajuste do modelo quadrático para a atividade da SOD nas doses de 0, 30 e 40 t ha⁻¹, com ponto máximo de 3,1 dS m⁻¹ e mínimo de 1,75 e 1,86 dS m⁻¹, que representam uma atividade de 0,64; 0,27 e 0,33 UA mg⁻¹ MS, respectivamente. Assim, observou-se decréscimo de 3% e aumento de 82 e 78% na atividade de SOD para essas condutividades. A dose de 20 t ha⁻¹ foi ajustada pelo modelo linear e revelou redução de 35% da ausência de salinidade para a maior condutividade aplicada nessa dosagem (Figura 2.14B). De modo geral, verifica-se que as doses de esterco aplicadas não influenciaram na redução da atividade de SOD em condições de salinidade.

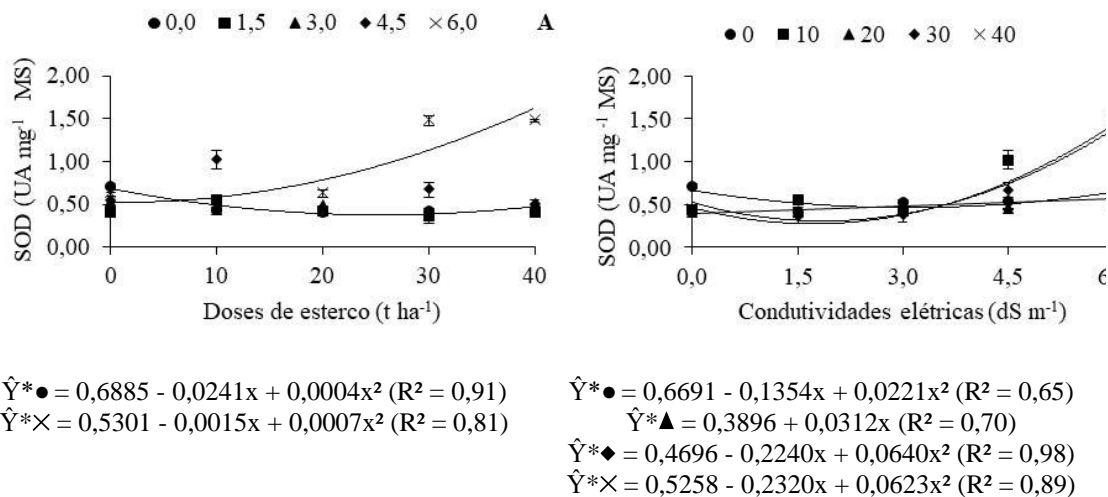


Figura 2.14. Dismutase do superóxido em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita

Houve interação significativa dos fatores para a atividade da peroxidase do ascorbato (APX) (Figura 2.15). O modelo quadrático se ajustou para as condutividades dentro das doses, com valor máximo em 30; 19,20 e 21 t ha⁻¹ que correspondem as condutividades de 0,0; 1,5 e 4,5 dS m⁻¹ e representam 14, 11,27 e 10,40 mmol AsA g⁻¹ MS min⁻¹, respectivamente. A partir do ponto máximo para a aplicação da maior dosagem de esterco, os valores de APX reduziram 13, 49 e 81% na mesma ordem. O modelo quadrático também se ajustou a dose de 3,0 dS m⁻¹, mas com valor mínimo na dosagem de 15,56 t ha⁻¹ que representa 4,50 mmol AsA g⁻¹ MS min⁻¹. A partir desse ponto houve aumento de 76% na atividade da APX para a maior dosagem aplicada (40 t ha⁻¹) (Figura 2.15A).

As doses de esterco analisadas decresceram conforme aumento das condutividades. O modelo quadrático se ajustou à dose de 0 t ha⁻¹ com ponto máximo em 2,52 dS m⁻¹ que representa uma atividade de 8,15 mmol AsA g⁻¹ MS min⁻¹. A partir desse ponto os valores de APX decresceram 75% com aplicação da maior dosagem (40 t ha⁻¹). Para as doses de 20 e 30 t ha⁻¹ o decréscimo linear foi de 81 e 80%, nessa ordem (Figura 2.15). As interações significativas demonstram que a aplicação de esterco bovino potencializa a redução de APX nas plantas de feijão-caupi.

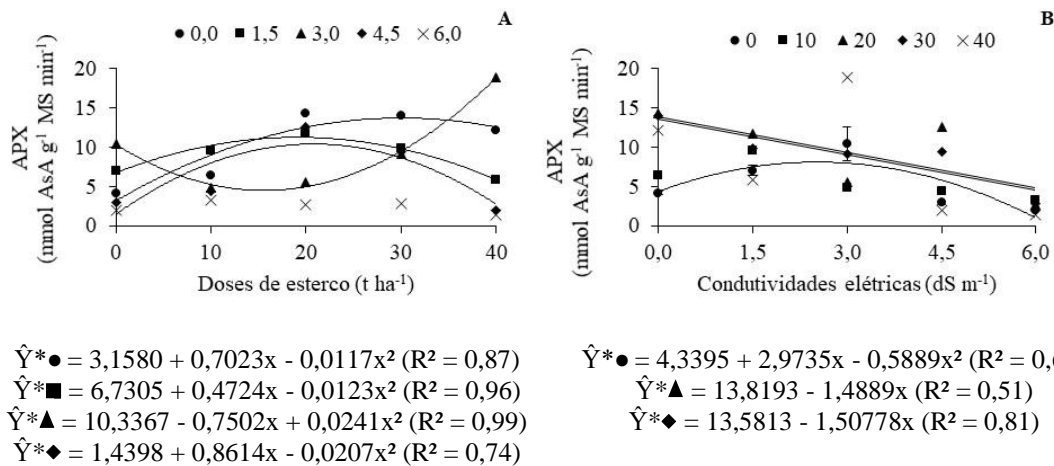


Figura 2.15. Peroxidase do ascorbato em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita.

Verificou-se interação dos fatores para a atividade da peroxidase do guaiacol (GPX) (Figura 2.16). O modelo quadrático se ajustou as condutividades de 0,0 e 3,0 dS m⁻¹, com ponto máximo em 28 e 34,5 t ha⁻¹, que correspondem a 0,07 e 0,19 μmol h⁻¹ kg⁻¹ MS, respectivamente. O decréscimo dos valores máximos até a maior dose aplicada foi de 57 e 63% na mesma ordem. A condutividade de 4,5 foi ajustada pelo modelo linear e os valores aumentaram em 42% da ausência de aplicação de esterco até a maior dose utilizada (40 t ha⁻¹) (Figura 2.16A).

Todas as doses estudadas dentro das condutividades apresentaram efeito significativo (Figura 2.16). Houve ajuste do modelo quadrático para as doses de 0, 10, 30 e 40 t ha⁻¹, com ponto máximo de 4,46; 3,13; 3,36 e 3,08 dS m⁻¹ que representam uma atividade da GPX de 0,14; 0,14; 0,23 e 0,22 μmol h⁻¹ kg⁻¹ MS, respectivamente. A partir do ponto máximo os decréscimos totais foram de 14, 71, 87 e 95% na atividade da GPX. A dose de 20 t ha⁻¹ foi ajustada pelo modelo linear sendo que os valores decresceram 64% quando comparados à ausência de condutividade (Figura 2.16B). Observou-se redução da atividade da GPX, quando se obteve a maior salinidade e dose de esterco utilizada em conjunto (Figura 2.16).

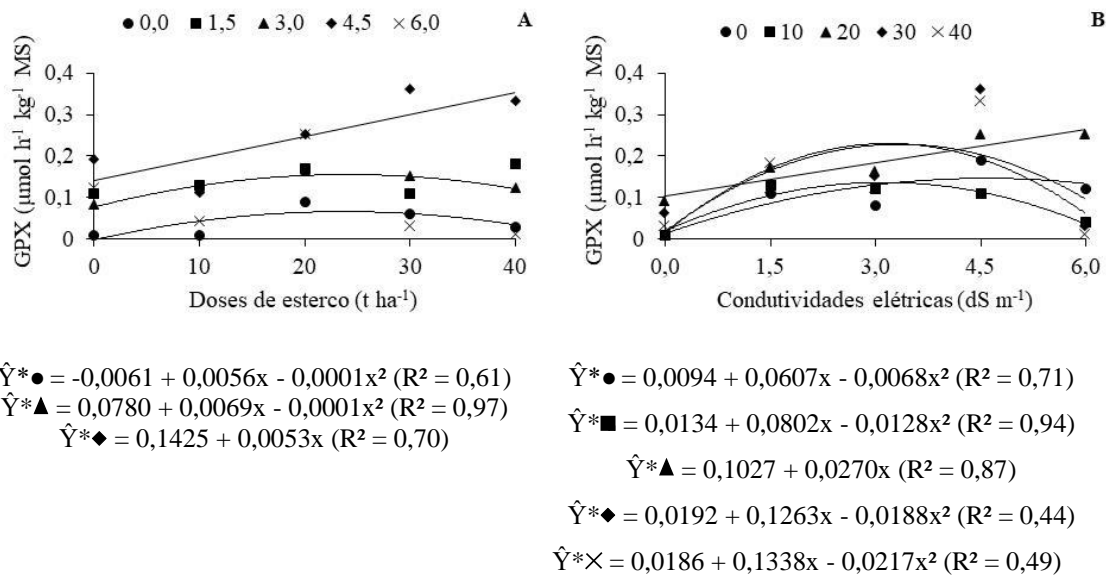


Figura 2.16. Peroxidase do guaiacol em plantas de *Vigna unguiculata*, cultivar BRS Guariba, submetidas a condutividades elétricas (A) e doses de esterco bovino (B) durante o período de colheita

4.4 Discussão

A aplicação de esterco com uso da água normal não favoreceu A, que decresceu linearmente de acordo as doses aplicadas, indicando uma possível ocorrência de fitotoxicidade, em detrimento do desequilíbrio nutricional causado pela composição química, taxa de mineralização e teor de nitrogênio do esterco (Gonçalves et al., 2009). Verificou-se efeito positivo na dose de 40 t ha^{-1} quando as plantas estavam submetidas ao estresse salino (Figura 2.1B). O que pode ter ocorrido devido a capacidade da matéria orgânica presente no esterco atuar como agente de ligação de íons salinos como o sódio (Na), desintoxicando íons que reduzem o potencial osmótico, favorecendo o movimento de água no solo e aumentando a disponibilidade de água para a cultura (Lacerda et al., 2016; Taiz e Zeiger 2017). Pesquisadores afirmam que a aplicação de insumo orgânico na forma de biofertilizante bovino atenua a redução da A de feijão-caupi irrigado com água salina (Silva et al., 2013)

O alto teor de sais na água de irrigação dificulta a absorção de água pelas raízes e promove estresse hídrico nas plantas. Nessas condições, as plantas reduzem a abertura estomática para aumentar a resistência estomática ao fluxo de vapor d'água para a

atmosfera o que resulta na restrição do fluxo normal de CO₂ para carboxilação, contribuindo com a redução da assimilação de CO₂ (Taiz e Zeiger, 2017; Silva et al., 2018). Fato este, encontrado nesse estudo, no qual houve redução de *A* e *g_s* nas plantas de feijão-caupi. Contudo, avaliando os efeitos da salinidade em feijão-caupi, Souza et al. (2011), também, verificaram redução na resposta fotossintética conforme aumento de concentrações de NaCl.

A redução da abertura estomática evita a perda de água da planta através das folhas (Oliveira et al., 2013). No entanto, apesar de ser um mecanismo adaptativo, a redução do fluxo transpiratório afeta a taxa de assimilação de CO₂ e promove o excesso de energia luminosa nos fotossistemas aumentando a susceptibilidade de danos fotoquímicos no aparato fotossintético das plantas (Machado et al., 2005; Parida e Das, 2005). Além disso, Silva et al. (2010) estudando plantas de feijão-caupi variedade BRS Xiquexique submetidas à deficiência hídrica, observou aumento na resistência difusiva ao vapor d'água mediante o fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, em consequência, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese.

A redução da *E* nos demais períodos em relação ao vegetativo pode ser explicada pelo fato que, em condições de uso crescente de adubos orgânicos, as plantas se apresentam nutricionalmente equilibradas apenas no final do ciclo da cultura (Oliveira et al., 2010). Outra possibilidade está ligada ao fato das plantas utilizarem maiores quantidades de água na fase reprodutiva e de enchimento de grãos, sendo mais sensíveis ao déficit hídrico. De modo que, o mecanismo de fechamento estomático seja mais evidente nessas fases devido a interrupção de maior fluxo de água em relação à fase vegetativa (Lima et al., 2011).

As condutividades elétricas influenciaram nos valores de *C_i* analisados isoladamente nos diversos períodos (Figura 2.4A). Os valores de *C_i* no mesófilo foliar são reduzidos pelo fechamento estomático com consequente redução de *A*, fato esse encontrado nesta pesquisa (Jadoski et al., 2005). Da mesma forma, o aumento dos valores de *C_i* com adição das doses de esterco comprova o aumento verificado em *A* (Figuras 2.1A e B), visto que, a diminuição de *A* está relacionado à menor concentração de CO₂ no interior das folhas (Paiva et al., 2005). Apesar da salinidade reduzir a captação de CO₂, o fator dose de esterco mitigou os efeitos negativos desse parâmetro pelos resultados observados em *A* e *C_i*. Contudo, Silva et al. (2017) também verificaram efeito positivo na aplicação de esterco bovino nas trocas gasosas foliares em feijão-caupi irrigado com água salina, uma vez que este produto favorece a disponibilidade de água no solo e

garante que a planta não precise gastar muita energia na absorção de água, mantendo um maior fluxo por transpiração para garantir o influxo de CO₂ (Moreira et al., 2015).

Os teores de clorofila nas folhas variam de acordo com o estresse salino, sendo comum encontrar situações de incremento de ChT como resposta ao estresse (Parida, 2005). Isso ocorre quando há ativação de mecanismos de proteção ao aparato fotossintético que promovem aumento no número de tilacóides ou de cloroplastos (García-Valenzuela et al., 2005). Além disso, tal efeito observado de forma mais evidente no período vegetativo pode ter ocorrido em razão da aplicação de água salina ainda não ter promovido danos que fossem evidenciados nas leituras das amostras coletadas nesse período (Figura 2.5A e B).

Redução nos teores de ChT com aumento da salinidade pode ter ocorrido em razão da degradação das moléculas deste pigmento, situação comum em condições de estresse hídrico (Zanella et al., 2004; Cavalcante et al., 2009). Tal redução foi mais evidente nos períodos de florescimento e colheita em comparação com o vegetativo (Figura 2.5), provavelmente, pelo maior tempo de exposição da cultura à salinidade. Além disso, a influência do estágio fenológico da cultura influencia na redução da ChT, visto que, os pigmentos fotossintéticos são encontrados em menor quantidade na fase final do ciclo, devido a degradação natural das clorofilas em razão da senescência das folhas, o que constata a redução acentuada da ChT no período de colheita (Santos et al., 2016). Abbas et al. (2013), ao avaliar o efeito da salinidade em feijão-caupi com aplicação de produtos naturais, também verificaram redução nos conteúdos de clorofilas totais nas folhas no decorrer do ciclo. A diminuição nos teores de clorofilas faz com que as moléculas que continuam atuando fiquem mais excitadas, o que pode causar a formação de radicais livres que afetariam outras moléculas de clorofila e membranas do processo fotossintético, provocando fotooxidação e possível morte da planta (Oliveira et al., 2018).

Os Car são antioxidantes não enzimáticos que protegem as proteínas e membranas celulares de danos, além de extinguir ERO's produzidos em detrimento da salinidade (Rady et al., 2019). No aparato fotossintético, estes antioxidantes protegem as clorofilas e evitam sua degradação, pois auxiliam na dissipação da energia excedente evitando a fotoinibição. A redução dos Car conforme aumento da condutividade elétrica dificulta o desempenho desses pigmentos na eliminação de espécies reativas de oxigênio (Taibi et al., 2016). Contudo, o aumento linear no teor de Car verificado com aumento de doses de esterco bovino é importante para proteção das clorofilas e, conseqüentemente, pode melhorar o desempenho fotossintético da planta. Ao estudar plantas de milho cultivadas

sob estresse salino, Rady et al. (2016) verificaram que a aplicação de esterco bovino aumentou significativamente o teor de carotenoides nas folhas.

Dentre os mecanismos de sobrevivência encontrados em situações de estresse hídrico tem-se a biossíntese de flavonoides e antocianinas, pigmentos com funções protetoras e com propriedades antioxidantes (Parida e Das, 2005). Os resultados observados demonstram que Ant são os pigmentos mais abundantes na classe dos flavonoides e maiores teores desse pigmento são correlacionados à maior resistência da planta à seca (Rodziewicz, et al., 2014). Apesar de não haver ajuste de modelo para esses pigmentos, a pequena redução em condições salinas suprimida pela aplicação de esterco bovino pode indicar a capacidade de mitigar o estresse salino. Além disso, o uso de esterco bovino em flores ornamentais promoveu aumento máximo nos teores de flavonoides e antocianinas das flores quando comparado à adubação com fertilizante químico, de modo que, a dose de 30 t ha⁻¹ revelou os melhores resultados (Akbarpour et al., 2016).

A redução do Ψ_s em condições de estresse hídrico está relacionada à maior concentração de solutos que pode ocorrer por desidratação da célula ou ocorrência de ajuste osmótico (Patakas et al., 2002). O ajuste osmótico é um mecanismo de resistência da planta ao estresse e ocorre através do acúmulo de solutos compatíveis (açúcares solúveis, proteínas e aminoácidos) para manter a turgescência das células sob baixa disponibilidade de água (Silveira et al., 2009; Taiz et al., 2017). Condição esta, encontradas neste estudo quando não houve aplicação de esterco no período de florescimento e colheita (Figura 2.8C). Assim, realização de ajuste osmótico foi evidenciado ao aumentar a concentração de sais na água de irrigação em um estudo conduzido por Dourado et al. (2019), que avaliaram o efeito salinidade em plantas de feijão-caupi.

Os resultados significativos observados no Ψ_s das plantas, indicam aumento no teor de solutos conforme aumento da solução salina aplicada, provavelmente, devido a ajuste osmótico por parte da planta. Correlacionado a esses resultados, os valores de TRA, que indicam o grau de hidratação das células (Silva, 2019), estavam em torno de 80% nos períodos analisados com aplicação de esterco bovino (Figura 2.9), permitindo afirmar que a aplicação do substrato favoreceu o ajuste osmótico e manutenção do status hídrico da planta, tendo em vista sua capacidade de manter o conteúdo de água relativamente adequado sob restrições hídricas. Tais observações são esperadas nessas condições tendo

em vista a afirmativa de que o feijão-caupi é uma cultivar de maior resistência à seca (Souza et al., 2004; Huang, 2009).

Valores crescentes do EE demonstram que a permeabilidade das membranas foi afetada pela deficiência hídrica. Podendo ser consequência da produção de ERO's devido à limitação da fotossíntese impostas pelo estresse. Danos em membranas foliares podem ser um dos primeiros sinais ao estresse hídrico (Bajji et al. 2002). No entanto, os valores de EE não demonstraram efeito do esterco, apenas danos para a salinidade (Figura 2.10). Maia et al. (2010) estudando o efeito da salinidade em cultivares de feijão-caupi verificaram aumento de 37 e 28% no extravasamento de eletrólitos das cultivares Pitiúba e Pérola com aplicação de 25 mmol dm^{-3} NaCl na solução nutritiva quando comparadas à testemunha.

Os açúcares solúveis contribuem para a osmorregulação e mantêm a integridade da membrana e a estabilidade das proteínas intracelulares (Najafi et al., 2010). O aumento no teor de AST observado na condutividade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ pode ter ocorrido em razão da ineficiência do esterco na troca catiônica dos sais no solo para esta condutividade; ou ainda, devido essa salinidade ser considerada menor que o limite tolerado pela cultura ($3,3 \text{ dS m}^{-1}$). Isso pode indicar ativação dos mecanismos de resistência da planta para ajuste osmótico. Já os resultados de AST verificados nas condutividades maiores que o tolerado, indica a necessidade de aplicação de agentes externos em situações extremas, ou seja, quando as condutividades da água de irrigação estão acima dos limites tolerados pela cultura.

Farooq et al. (2020) observaram redução de 48% no teor de açúcares solúveis em feijão-caupi submetido ao estresse salino, mas com aumento de 7,32% quando houve aplicação de carvão vegetal, um material rico em carbono. Em condições de estresse abiótico, as plantas tendem a aumentar o teor de osmólitos, como os açúcares solúveis mantendo o turgor das células e, conseqüentemente, o status hídrico da planta (Jafar et al., 2012). Além disso, como resultado do acúmulo de osmólitos, a atividade das organelas e do citoplasma ocorre em ritmo normal, favorecendo o crescimento, a eficiência fotossintética e a distribuição dos fotoassimilados na planta (Farooq et al., 2009; Mohamed e Latif, 2017). Logo, a redução desses teores observadas conforme aumento das doses de esterco bovino, indica que esse produto beneficia a disponibilidade hídrica do solo e conseqüente absorção de água pelas plantas.

O amido é um componente importante dos tecidos da planta e se acumula nas folhas como uma reserva temporária de carbono, e seu acúmulo pode ser visto como um

mecanismo de proteção durante o crescimento e desenvolvimento da planta (Mishra e Prakash, 2010). Dessa forma, o aumento no teor de AMD em condições de estresse hídrico (Figura 2.14) e o acúmulo de AST nas folhas (Figura 2.12A) com aplicação das maiores condutividades na água de irrigação e ausência de esterco bovino, indica degradação desse carboidrato, possivelmente, para ajustamento osmótico. Uma vez que, o teor de soluto medido nas folhas através do Ψ_s aumentou nessas condições mesmo no período de colheita, o que reduz a possibilidade de ser apenas efeito da translocação de fotoassimilados para os grãos.

Em condições de estresse hídrico, a correlação do teor de AST e AMD é esperada, não só pelo ajustamento osmótico, mas também, para superar a demanda de energia da planta observada com a redução de A (Sadeghipour, 2018; Olubodun et al., 2020). No entanto, Egashira et al. (2020) verificaram que, em condições de estresse hídrico, o feijão-caupi degrada o amido em açúcares para ajustamento osmótico e translocação para os grãos, demonstrando que, apesar da supressão imediata da fotossíntese observada, a planta consegue completar seu ciclo de produção. Neste estudo, a redução observada para o teor de AST e de AMD com a aplicação de esterco bovino, indica que este produto potencializa a manutenção do status hídrico da planta, principalmente, na maior dosagem (40 t ha^{-1}) e condutividade aplicada ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$).

Acumular osmólitos compatíveis, como a prolina, a nível de citoplasma celular, é uma das estratégias promovidas pelas plantas em condições de estresse hídrico, visando à redução do potencial hídrico e beneficiando a planta no processo de absorção de água do solo, promovendo ajuste osmótico (Oliveira-Neto et al., 2016). Além disso, a Pro está envolvida na redução de danos nos tilacóides das membranas e age como um eliminador de radicais livres (Reddy et al., 2004).

Dessa forma, o decréscimo nos valores de Pro observados com aplicação das doses de 30 e 40 t ha^{-1} mesmo na maior concentração de salinidade aplicada (Figuras 2.11A e B) demonstrou que houve atenuação da salinidade no solo o que favoreu a disponibilidade hídrica para as plantas sem necessidade de interferência acentuada desse osmólito no processo. Estudos feitos por Al-Taey e Majid (2018) verificaram redução no conteúdo de prolina quando houve aplicação de compostos orgânicos e com isso, afirmaram que é possível mitigar o efeito negativo do estresse salino pela aplicação desses compostos.

O mecanismo de fechamento estomático verificada neste estudo é benéfico por evitar a perda de água da cultura, mas pode desencadear a produção de ERO's que são

prejudiciais às células. A SOD atua como uma primeira linha de defesa no controle das ERO's por meio da desintoxicação de radicais superóxido em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) evitando o dano oxidativo (Polash et al., 2019) isso pode explicar o aumento da atividade dessa enzima proporcional ao aumento da salinidade e, ainda, valores maiores que os observados para APX (Figura 2.15) e GPX (Figura 2.16).

Logo, os resultados observados em SOD (Figura 2.14) indicam que o estresse salino favoreceu a produção de ERO's, mesmo que a aplicação das diferentes dosagens de esterco reduziu o déficit hídrico causado pelo excesso de sais na água de irrigação. A aplicação de esterco, principalmente, das maiores dosagens (30 e 40 t ha⁻¹) pode ter potencializado a atividade dessa enzima pelo fornecimento de micronutrientes (Tabela 2.3), tendo em vista que, a SOD quando encontrada no citoplasma é dependente de cobre e zinco, enquanto na mitocôndria, necessita do manganês como co-fator (Barbosa et al., 2010).

As peroxidases possuem um papel importante de conversão de H_2O_2 em H_2O , sendo a GPX considerada a principal enzima relacionada à remoção de H_2O_2 por estar ativa no meio intracelular (citosol e vacúolo) e extracelular (parede celular) (Das; Roychoudhury, 2014). A redução na atividade da APX verificada com aplicação das maiores condutividades e doses de esterco bovino demonstram que, aplicar esterco no solo em doses acima dos níveis recomendados favorece a tolerância do feijão-caupi ao estresse osmótico, mas não ao estresse oxidativo, uma vez que, a nível enzimático, a SOD atua em conjunto com as peroxidases para evitar o dano oxidativo. Assim, considerando que o aumento dos níveis das enzimas antioxidantes é correlacionado com a tolerância das plantas ao estresse oxidativo (Kaushal e Wani, 2016; Guo et al., 2018), apenas as dosagens de 10 e 20 t ha⁻¹ favoreceram a tolerância da cultura ao estresse salino. No entanto, para confirmar essa afirmativa, seria necessário avaliar também a produção de ERO's neste estudo.

4.5 Conclusões

O uso de água salina com concentração acima de níveis recomendados afeta a fotossíntese e a permeabilidade de membranas em feijão-caupi cultivar BRS Guariba.

A aplicação de esterco bovino em solo salino favorece a manutenção do status hídrico do feijão-caupi cultivado nesse ambiente expresso pelos valores de potencial osmótico e teor relativo de água.

A aplicação de doses de esterco bovino acima do recomendado favorece o ajuste osmótico em feijão-caupi cultivar BRS Guariba, expressa pela redução do conteúdo de açúcares solúveis totais, amido e prolina.

4.6 Referências

- Abbas, SM, Akladios, SA, 2013. Application of carrot root extract induced salinity tolerance in cowpea (*Vigna sinensis* L.) seedlings. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 3, 795-806.
- Adorian, GC, Lorençoni, R, Neto, D D, Reichardt K, 2015. Evapotranspiração potencial e coeficiente da cultura de dois genótipos de arroz de terras altas. *Revista de Agricultura* 90, 2, 128-140.
- Akbarpour, V, Ashnavar, M, Bahmanyar, MA, 2016. Effect of manure and chemical fertilizer on physiological and phytochemical properties of coneflower. *Journal of Crops Improvement*, 18, 3. doi: <https://doi.org/10.22059/jci.2016.56631>
- Al-Taey, DK, Majid, ZZ, 2018. Study effect of kinetin, bio-fertilizers and organic matter application in lettuce under salt stress. *Journal of Global Pharma Technology*, 10, 1, 148-164. doi: <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.32297.95847>

- Alzahrani, Y., Rady, M.M. Compared to antioxidants and polyamines, the role of maize grain-derived organic biostimulants in improving cadmium tolerance in wheat plants. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109378>
- Avinash, G, 2017. Effect of copper on lipid peroxidation and enzymatic antioxidants in sorghum bicolor. *International Journal of Advanced*, 5, 424-430. doi: <http://doi.org/10.21474/IJAR01/5346>
- Aydin, A, Kant, C, Turan, M, 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research* 7, 7,1073-1086. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR10.274>
- Bajji, M, Kinet, JM, Lutts, S, 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regulation*, 36, 1, 61-70.
- Bajji, M, Lutts, S, Kinet, JM, 2001. Water deficit effects on solute contribution osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science* 160, 4, 669- 681. doi: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00443-X](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00443-X)
- Barbosa, JC, Maldonado Junior, W, 2010. *AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 396.
- Barbosa, KBF, Costa, NMB, Alfenas, RDCG, De Paula, SO, Minim, VPR, Bressan, J. 2010. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de nutrição*, 23, 629-643. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732010000400013>
- Barrs, HD, Weatherley, PE, 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian journal of Biological Science* 273, 15, 413-428. doi: <https://doi.org/10.1071/BI9620413>
- Beauchamp, C, Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal Biochemical*, 44, 276-287.

- Ben-gal, A, Borochoy-Neori, H, Yermiyahu, U, Shani, URI, 2009. Is osmotic potential a more appropriate property than electrical conductivity for evaluating whole-plant response to salinity? *Environmental and Experimental Botany* 65, 2-3, 232-237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.09.006>
- Cavalcante, LF, Silva, GF, Gheyi, HR, Dias, TJ, Alves, JCE, Costa, APM, 2009. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4, 4, 414-420.
- Clegg, KM. 1956. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 3, 40-44.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. Observatório agrícola. Acompanhamento da safra brasileira – grãos. Safra 2019/20. 7, 12, 168
- Costa, AF da. 2020. Feijão-caupi no semiárido brasileiro. *Cadernos do Semiárido riquezas e oportunidades/Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco*, 17, 3, Recife: CREA-PE: Editora UFRPE.
- Das, K, Roychoudhury, A. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Science*, 2, 53.
- Desoky, E.S.M., El-maghraby, L.M., Awad, A.E., Abdo, A.I., Rady, M.M., Semida, W.M. 2020. Fennel and ammi seed extracts modulate antioxidant defence system and alleviate salinity stress in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Sci. Hortic.*, 272, 109576.
- Desoky, ESM, El-Maghraby, LM, Awad, AE, Abdo, AI, Rady, MM, Semida, WM. 2020. Fennel and ammi seed extracts modulate antioxidant defence system and alleviate salinity stress in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Scientia Horticulturae*, 272, 109576.
- Dias, TJ, Freire, JL de O, Cavalcante, LF, Nascimento ES do, Dantas LA, Dantas MM de M, 2015. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. *Revista principia* 1, 27, 19- 29. doi: <http://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n27p19-29>

- Dourado, PRM, Souza, ER de, Lins, CMT, Melo, HF. de, Santos, HRB, Monteiro, DR, Carvalho Leal, LY, 2019. Osmotic adjustment in cowpea plants: Interference of methods for estimating osmotic potential at full turgor. *Plant Physiology and Biochemistry* 145, 114-119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.020>
- Egashira, C, Hashiguchi, Y, Kurauchi, E, Tatsumi, Y, Nakagawa, ACS, Hamaoka, N, Yuasa, T, Iwaya-Inoue, M, Ishibashi, Y. 2020. A rapid translocation of photoassimilates from source organs maintains grain yield in cowpea subjected to drought stress during grain filling. *Biologia plantarum*, 64, 529-534.
- Farooq, M, Rehman, A, Al-Alawi, AK, Al-Busaidi, WM, Lee, DJ. 2020. Integrated use of seed priming and biochar improves salt tolerance in cowpea. *Scientia Horticulturae*, 272, 109507. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109507>
- Farooq, M, Wahid, A, Kobayashi, NSMA, Fujita, DBSMA, Basra, SMA. 2009. Plant drought stress: Effects, Mechanisms and Management. *Sustainable agriculture*, 153-188.
- García-Valenzuela, X, García-Moya, E, Rascón-Cruz, Q, Herrera-Estrella, L, Aguado-Santacruz, GA, 2005. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyllic cells. *Journal of Plant Physiology* 162, 6, 650-656. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.09.015>
- Gonçalves, MM, Schlegel, G, Schwengber, JE 2009. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica. Pelotas: Embrapa Clima Temperado: 7. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 78).
- Guo, YY, Tian, SS, Liu, SS, Wang, WQ, Sui, N. 2018. Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress. *Photosynthetica*, 56, 3, 861-872.
- Huang, WY, Cai, YZ, Zhang, Y, 2009. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutrition and câncer* 62, 1, 1-20. <https://doi.org/10.1080/01635580903191585>
- Jadoski, SO, Klar, AE, Salvador, ED, 2005. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. *Ambiência* 1, 1, 11-19.

- Jafar, MZ, Farooq, M, Cheema, MA, Afzal, I., Basra, SMA, Wahid, MA., Aziz, T, Shahid, M. 2012. Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 198, 1, 38-45. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00485.x>
- Kaushal, M, Wani, SP. 2016. Plant-growth-promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. *Annals of Microbiology*, 66, 1,35-42.
- Lacerda, CF de, Costa, RNT, Bezerra, MA, Gheyi, HR, 2016. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 337-352.
- Lacerda, CF, Sousa, GG, Silva, FLB, Guimarães, FVA, Silva, GL, Cavalcante, LF, 2011. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. *Engenharia Agrícola* 31, 4, 663-675. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400005>
- Lees, DH, Francis, FJ, 1972. Standardization of pigment analyses in cranberries. *HortScience* 7, 83-84.
- Lima, JRDS, Antonino, ACD, Lira, CABDO, Souza, ESD, Silva, IDFD, 2011. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro. *Revista Ciência Agronômica*, 42, 65-74.
- Machado, C de F, Teixeira, NJP, Filho, FRF, Rocha, M de M, Gomes, RLF, 2008. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. *Revista Ciência Agronômica* 39, 1, 114-123.
- Machado, EC, Schmidt, PT, Medina, CL, Ribeiro, RV, 2005. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40, 12, 1161-1170. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200002>
- Maia, JM, Macedo, CC de, Voigt, EL, Freitas, JBS., Silveira, JAG, 2010. Antioxidative enzymatic protection in leaves of two contrasting cowpea cultivars under salinity. *Biologia Plantarum*, 54, 1, 159-163.

- McCready, RM, Guggolz, J, Silveira, V, Owens, HS. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. *Analytical Chemistry* 22, 1156-1158.
- Mishra, MK, Prakash, V. 2010. Response of non- enzymatic antioxidants to zinc induced stress at different pH in *Glycine max* L. cv. Merrill. *Academic Journal of Plant Sciences*, 3, 1, 1-10.
- Mohamed, HI, Latif HH. 2017. Improvement of drought tolerance of soybean plants by using methyl jasmonate. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23, 3, 545-556.
- Moreira, RCL, Frade, LJG, Brito, MEB, Silva, LDA, Melo, A. S. de. 2015. Trocas gasosas em genótipos de feijão caupi de crescimento indeterminado sob estresse hídrico. In: *Inovagri International Meeting* 3, 3532-3540. <http://doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a380>
- Najafi, F, Khavari-Nejad, RA. 2010. The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6, 1.
- Nakano, Y, Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology*, 22, 1068-1072.
- Nazir, F, Hussain, A, Fariduddin, Q, 2019. Hydrogen peroxide modulate photosynthesis and antioxidant systems in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants under copper stress. *Chemosphere* 230, 544-558. <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.001>
- Oliveira, AES, Sá, JR, Medeiros, JF, Nogueira, NW, Silva, KJP, 2010. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. *Revista Verde* 5, 3, 53-58.
- Oliveira, FA, Medeiros, JF, Oliveira, MKT, Souza, AAT, Ferreira, JA, Souza, MS. 2013. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17, 465-471. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500001>
- Oliveira, WJ, Souza, ER de, Santos, HRB, França, ÊF de, Duarte, HHF, Melo, DVM de, 2018. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi.

Revista Brasileira de Agricultura Irrigada 12, 3, 25-92.
<https://doi.org/10.7127/RBAI.V12N300700>

Oliveira-Neto, CF de, Oliveira, TB de, Silva, KRS, Nogueira, GA dos S, Maltarolo, BM, Costa, TC, Cardoso, KPS, Souza, LC, Silva, RTL de, Siqueira, JAM da, 2016. Nitrogen compounds and enzyme activity in Young muruçi (*Byrsonima crassifolia* L.) plant subjected to water stress. Australian Journal of Crop Science, 10, 1, 111-117.

Olubodun, SO, Eriyamremu, GE, Eze, C. 2020. Starch and triglycerides in the root of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) grown in crude oil polluted soil treated with ash from palm bunch. Biokemistri, 32, 1.

Paiva, AS, Fernandes, EJ, Rodrigues, TJ, Turco, JE, 2005. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. Engenharia Agrícola 25: 161-169. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100018>

Parida, AK, Das, AB, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60, 3, 324-49. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>

Patakas, A, Nikolaou, N, Zioziou, E, Radoglou, K, Noitsakis, B, 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. Plant science 163, 2, 361-367. [http://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00140-1](http://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00140-1)

Pedrotti, A, Chagas, RM, Ramos, VC, Prata, APN, Lucas, AAT, Santos, PB, 2015. Causas e consequências dos processos de salinização dos solos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental 19, 2, 1308- 1324. <http://doi.org/105902/2236117016544>

Pereira, RF, Lima, AS de, Maia Filho, F das CF, Cavalcante, SN, Santos, JGR dos, Andrade, R, 2013. Produção de feijão vigna sob adubação orgânica em ambiente semiárido. Agropecuária Científica no Semiárido 9, 2, 27-32. <http://doi.org/10.30969/acsa.v9i2.317>

- Pettigrew, WT, 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*, Lund 13, 4, 670-681. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>
- Pirovani, CP, Carvalho, HAS, Machado, RCR, Gomes, DS, Alvim, FC, Pomella, AWV, Gramacho, KP, Cascardo, JCM, Pereira, GAG, Micheli, F. 2008. Protein 86 extraction for proteome analysis from cacao leaves and meristems, organs infected by *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of the witches' broom disease. *Electrophoresis*, 29,11, 2391-2401.
- Plazek, A, Tatrzańska, M, Maciejewski, M, Koscielniak, J, Gondek, K, Bojarczuk, J, Dubert, F, 2013. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum* 35, 8, 2513-2523. <http://doi.org/10.1007/s11738-013-1287-9>
- Polash, MAS, Sakil, A, Hossain, A. 2019. Plants responses and their physiological and biochemical defense mechanisms against salinity: a review. *Tropical Plant Research*, 6, 2, 250- 274. <https://doi.org/10.22271/tpr.2019.v6.i2.035>
- Rady, M.M., Talaat, N.B., Abdelhamid, M.T., Shawky, B.T., Desoky, E.S.M.. 2019. Maize (*Zea mays* L.) grains extract mitigates the deleterious effects of salt stress on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and physiology. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 1-13, <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1626773>
- Rady, MM, Mounzer, O, Alarcón, J, Abdelhamid, M, Howladar, S, 2016. Growth, heavy metal status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by the integrated application of bio-, organic and inorganic nitrogen-fertilizers. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 89. <http://doi.org/10.5073/JABFQ.2016.089.003>
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. LWW, Washington: US Department of Agriculture: 160. Agriculture Handbook, 60.
- Rodziewicz, P, Swarczewicz, B, Chmielewska, K, Wojakowska, A, Stobiecki, M, 2014. Influence of abiotic stresses on plant proteome and metabolome changes. *Acta Physiologiae Plantarum* 36, 1, 1-19. <http://doi.org/10.1007/s11738-013-1402-y>

- Saberli, S.F., Moradi, M., 2019. Effect of salinity on germination and seedling growth of *Trigonella foenum-graecum*, *Dracocephalum moldavica*, *Satureja hortensis* and *Anethum graveolens*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18, 3, 316-323. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.09.004>
- Sadeghipour, O. 2018. Drought tolerance of cowpea enhanced by exogenous application of methyl jasmonate. International Journal of Modern Agriculture, 7, 4, 51-57.
- Santos, PL de S, 2016. Respostas fisiológicas do feijão-caupi submetidos a restrição hídrica e aplicação de óxido de cálcio sobre as folhas. Dissertação. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. Sergipe, Brasil.
- Silva, CDS, Santos, PAA, Lira, JMS, Santana, MC, Junior, CDS, 2010. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. Revista Caatinga 23, 7-13.
- Silva, EM, Lima, GS, Gheyi, HR, Nobre, RG, Sá, FVS, Souza, LP, 2018. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 22, 11, 776-781. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p776-781>
- Silva, FLB da, Lacerda, CF de, Neves, ALR, Sousa, GG de, Sousa, CHC de, Ferreira, FJ, 2013. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. Irriga 18, 2: 304-317 <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n2p304>
- Silva, FLB, Lacerda, CF, Sousa, GG, Neves, ALR, Silva, GL, Sousa, CHC, 2011. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15, 4, 383-389. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400009>
- Silva, J de S, 2019. Estresse hídrico em variedades tradicionais de feijão-caupi: estratégias fisiológicas e bioquímicas para tolerância ao déficit hídrico. Dissertação (mestrado) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Fortaleza, 2019.

- Silveira, JAG, Araújo, SAM, Lima, JPMS, Viégas, RA, 2009. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex numularia*. *Environmental and Experimental Botany* 66, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.12.015>
- Singh, BK, Sharma, SR, Singh, B. 2010. Antioxidant enzymes in cabbage: variability and inheritance of superoxide dismutase, peroxidase and catalase. *Scientia Horticulturae*, 124, 9-13.
- Souza, RP, Machado, EC, Silveira, JAG, Ribeiro, RV, 2011. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46, 6. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600003>
- Taibi, K, Taibi, F, Abderrahim, LA, Ennajah, A, Belkhodja, M, Mulet, JM, 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany* 105, 306-312. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.03.011>
- Taiz, L, Zeiger, E, 2017. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. ArtMed, Porto Alegre, 954.
- Tarhanen, S, Metsärinne, S, Holopainen, T, Oksanen, J, 1999. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. *Environmental Pollution*, 104, 121-129. <https://doi.org/10.1016/S0269-7491%2898%2900157-2>
- Truner, Neil C, 2017. Turgor maintenance by osmotic adjustment, an adaptive mechanism for coping with plant water deficits. *Plant, cell e environment* 40, 1, 1-3. <https://doi.org/10.1111/pce.12839>
- Wanderley, JAC, Araújo Filho, JB, Souza, JS, Alves, LS, Maracajá, PB, 2010. Efeito de doses de rejeto de caulim em solo sódico no desenvolvimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 5,1, 26-38.

Wilson, JR, Fisher, M.J, Schulze, ED, Dolby, GR, Ludlow, MM. 1979. Comparison between pressure–volume and dew point-hygrometry techniques for determining the water relations characteristics of grass and legume leaves. *Oecologia*, 41, 77-88. <https://doi.org/10.1007/BF00344838>

Zanella, F, Watanabe, TM, Lima, ALS, Schiavinato, MA, 2004. Photosynthetic performance in jack bean [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] under drought and after rehydration. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 16, 3, 181-184. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202004000300008>

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento populacional demanda cada vez mais um aumento na produtividade agrícola. Com isso, a pesquisa sempre buscou solucionar problemas como a salinidade que dificultam a produção das culturas. No mercado existem poucas técnicas disponíveis, principalmente, para feijão-caupi, tornando importante a realização de estudos específicos com métodos viáveis que possam ser reproduzidos por grandes e pequenos produtores. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da matéria orgânica sobre a salinidade do solo e desenvolvimento do feijão caupi cultivar BRS Guariba. Apesar da salinidade afetar a fotossíntese do feijão-caupi cultivar BRS Guariba, aplicar esterco bovino favorece a produção da cultura, principalmente a dose de 40 t ha⁻¹ que dificultou o acúmulo total de sais na solução do solo, aumentou o conteúdo de osmólitos compatíveis além de ter favorecido a produção de grãos utilizando até a salinidade de 3,0 dS m⁻¹. Do ponto de vista bioquímico, a tolerância da planta foi verificada com uso da dosagem de 20 t ha⁻¹. Apesar de promissores, esses resultados demonstram a necessidade realizar estudos em campo em diferentes estações do ano e tipos de solo, além de análises do ponto de vista genético, que possam evidenciar a dosagem aplicada que favoreça o potencial máximo da cultura sob essas condutividades da água de irrigação.