



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

ANTONIO BATISTA CAVALCANTI BISNETO

**CRESCIMENTO DE ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM ÁGUA DE
DIFERENTES NÍVEIS SALINIDADE**

MOSSORÓ

2022

ANTONIO BATISTA CAVALCANTI BISNETO

**CRESCIMENTO DE ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM ÁGUA DE
DIFERENTES NÍVEIS SALINIDADE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Valadão Silva.

Coorientadora: Ms. Luma Lorena Loureiro da Silva Rodrigues

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

BBisn Bisneto, Antonio Batista Cavalcanti Bisneto.
etoc Crescimento de Adubos Verdes Irrigados com
 Água de Diferentes Níveis de Salinidade / Antonio
 Batista Cavalcanti Bisneto Bisneto. - 2022.
 32 f. : il.

 Orientador: Daniel Valadão Silva .
 Coorientador: Luna Lorena Loureiro da Silva
 Rodrigues .
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
 Curso ou Programa--, 2022.

 1. Irrigação. 2. Adubação verde. 3. Leguminosas.
 4. Estresse salino. I. , Daniel Valadão Silva,
 orient. II. , Luna Lorena Loureiro da Silva
 Rodrigues, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTONIO BATISTA CAVALCANTI BISNETO

**CRESCIMENTO DE ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM ÁGUA DE
DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em agronomia.

Defendida em: 28 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Valadão Silva (UFERSA)
Presidente

Ms. Luma Lorena Loureiro da Silva Rodrigues (UFERSA)
Membro Examinador

Ms. Juliana de Paiva Pamplona (UFERSA)
Membro Examinador

Ms. Lucrécia Pacheco Batista (UFERSA)
Membro Examinador

*Ao meu avô João Francisco Porto (João
Ferreira) e minha tia Cecília Batista
Cavalcante (tia neném)
(In Memoriam).
Com ternura e gratidão.
Ofereço.*

*Aos meus pais, Antônio Neto e Marlene Galvêncio.
As minhas irmãs Gabrielly e Maria Eduarda.
Familiares e amigos.
Com amor e gratidão
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar, me dar força, coragem, sabedoria e saúde para prosseguir nos momentos que parece sem sentido e sem saída. Sinto sua presença em cada momento da minha vida e sei que continuará comigo nessa nova caminhada.

Aos meus pais, Antonio Neto de Lima e Marlene Galvincto Porto que não tiveram a oportunidade de concluir os estudos, mas reconhecem a importância da educação para um futuro melhor, sou grato por todo carinho, amor, ensinamentos, conselhos, suporte e confiança.

Agradeço a minhas irmãs Gabrielly e Maria Eduarda que sempre me apoiarem.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido por todas as oportunidades de aprendizagem pessoal e profissional.

Agradeço o Professor Francisco Vanies da Silva Sá, pelos ensinamentos e orientações para a montagem e condução da pesquisa.

Agradeço a meu orientador o Professor Daniel Valadão Silva, pelos ensinamentos diários repassado durante todo a minha formação acadêmica e profissional.

A minha coorientadora Luma Lorena Loureiro da Silva Rodrigues, por toda a disponibilidade e prontidão para ajudar na pesquisa e amizade construída ao longo dessa jornada.

A toda equipe do grupo NOMATO, por sempre estarem dispostos a ajudar durante a pesquisa, em especial a Yansen, Carolina Ramirez, Paulo, Fredy, Luiz, Cristiane, Lidiane.

Agradeço aos meus Amigos e irmãos de coração Nathalia, Luany, Jadson e Marcos que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos do Grupo Caronas VIP, em especial Priscila, Amanda Balbi, Amanda Câmara, Andreia e Rodolfo pelos ensinamentos, e que faziam as viagens serem tranquilas.

Agradeço a minha turma do almoço, Kessya, Yasmim, Max, Alice e Marry por tornarem nossas refeições prazerosas e cheias de gargalhadas.

Agradeço o pessoal da casa 14, pelos anos que compartilhamos emoções vividas durante a nossa convivência.

Ainda que minha mente e o meu corpo
Enfraqueçam, Deus é a minha força, Ele é tudo
o que eu preciso.

(Salmo 73.26)

RESUMO

A adubação verde com leguminosas é uma prática utilizada pelos produtores para a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Para maximizar os benefícios dos adubos verdes é necessário o conhecimento das respostas das espécies em condições de estresse. No semiárido brasileiro é comum a ocorrência de águas com concentrações salinas para irrigação e/ou solos com maior teor de salinidade. Nesta pesquisa, avaliou-se o crescimento de espécies de adubos verdes irrigados com águas em diferentes concentrações salinas como forma de obter informações sobre as espécies mais tolerantes ao estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, no período de outubro a novembro de 2022. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 4x7, sendo o primeiro fator correspondente as 4 espécies de adubos verdes: feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* L.), mucuna preta (*Mucuna pruriens* L.) e mucuna cinza (*Mucuna pruriens* L.) sob irrigação com água salina. O segundo fator foi referente aos níveis de salinidade na água de irrigação (0,5 - controle; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; e 6,5 dS m⁻¹). Aos 20 dias após a semeadura (DAS) foram avaliadas as variáveis: altura da planta, número de folhas e diâmetro do caule, aos 30 DAS foram avaliadas as variáveis: altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da raiz, massa parte aérea, raiz fresca e seca, e condutividade elétrica do solo. O feijão de porco foi tolerante a todos os níveis de salinidade estudados, enquanto as plantas de feijão-guandu, morreram quando irrigadas a partir de 1,5 dS m⁻¹, mucuna-preta a partir de 3,5 dS m⁻¹ e mucuna-cinza a partir de 5,5 dS m⁻¹, o sistema radicular da mucuna cinza e preta foram afetados com o aumento da salinidade. Desta forma, o feijão de porco é alternativa para o uso de adubos verdes em solos salinos ou com irrigação de água salina.

Palavras-chave: Irrigação, Adubação verde, Leguminosas, Estresse salino.

ABSTRACT

Producers use green fertilization with legumes to improve the soil's chemical, physical and biological conditions. To maximize the benefits of green manures, it is necessary to know species' responses under stress conditions. In the Brazilian semi-arid region, waters with saline concentrations for irrigation or soils with a higher salinity content are expected. In this research, the growth of green manure species irrigated with water at different saline concentrations was evaluated to obtain information about the species most tolerant to saline stress. The experiment was conducted in a greenhouse belonging to the Agricultural Sciences Center of the Federal Rural University of the Semi-arid - UFERSA, from October to November 2022. The experimental design used was completely randomized, with four replications. The treatments were arranged in a 4x7 factorial scheme, the first factor corresponding to the 4 species of green manure: jack bean (*Canavalia ensiformis* L.), pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), velvet bean (*Mucuna pruriens* L.) and velvet bean ash (*Mucuna pruriens* L.) under irrigation with saline water. The second factor was related to salinity levels in irrigation water (0.5 - control; 1.5; 2.5; 3.5; 4.5; 5.5; and 6.5 dS m⁻¹). At 20 after sowing (DAS), the following variables were evaluated: plant height, number of leaves, and stem diameter; at 30 DAS, the following variables were evaluated: plant height, number of leaves, stem diameter, root length, mass aerial part, fresh and dry root, and electrical conductivity of the soil. Jack bean was tolerant to all salinity levels studied. At the same time, pigeon pea plants died when irrigated from 1.5dSm⁻¹, velvet bean from 3.5dSm⁻¹, and velvet bean from 5.5 dSm⁻¹, the root system of velvet bean cinca and preta were affected by the increase in salinity. In this way, jack bean is an alternative for using green manures in saline soils or with saline water irrigation.

Keywords: Irrigation, Green manuring, Legumes, Salt stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Altura do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 dias após a semeadura (DAS).....	16
Figura 2	– Número folhas do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS.....	21
Figura 3	– Diâmetro do caule do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS.....	23
Figura 4	– Massa fresca e massa seca parte aérea do feijão de porco em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	37
Figura 5	– Massa fresca e massa seca parte aérea da mucuna cinza em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS.....	46
Figura 6	– Massa fresca e massa seca parte aérea da mucuna cinza em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	25
Figura 7	– Massa fresca e massa seca raiz do feijão de porco em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	35
Figura 8	– Massa fresca e massa seca raiz da mucuna cinza em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	35
Figura 9	– Massa fresca e massa seca raiz da mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	26
Figura 10	– Comprimento da raiz do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	25
Figura 11	– Condutividade elétrica do solo de cultivo do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS	26
Figura 12	– Índice de tolerância do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Características químicas do solo utilizado do experimento	16
Tabela 2	–	Análise química da água de abastecimento, utilizada no preparo das soluções.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAS	Dias após a semeadura
ANOVA	Análise da variância
AT	Altura da planta
CE	Condutividade elétrica
DC	Diâmetro do caule
CR	Comprimento da raiz
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ITS	Índice de tolerância a salinidade
KCL	Cloreto de potássio
MAP	Monoamônio fosfato
MS	Moderadamente sensível
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
MST	Massa seca total
MT	Moderadamente tolerante
N	Nitrogênio
NF	Número de folhas
PPGATS	Programa de pós-graduação em ambiente tecnologia e sociedade
S	Sensível
SDT	Sais dissolvidos totais
T	Tolerante

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 Altura de plantas	20
3.2 Número de folhas.....	20
3.3 Diâmetro do caule	21
3.4 Massa Fresca e Seca da Parte aérea	22
3.5 Massa fresca e seca da Raiz	24
3.6 Comprimento da raiz	25
3.7 Condutividade elétrica do solo	27
3.8 Tolerância a salinidade	27
4 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A salinização dos solos tem sido um dos fatores mais preocupantes na agricultura, pois são uma das principais razões para o aumento do número de solos degradados devido à falta de manejo e medidas de conservação do solo e uso inadequado de fertilizantes (Beltrán et al., 2018). A salinidade do solo e até mesmo da água de irrigação pode ser um dos fatores limitantes no crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente em locais de clima semiárido, onde a demanda atmosférica é maior que a precipitação e que possuem solos rasos e um embasamento de rochas cristalinas, nessas regiões o acúmulo de sais, principalmente Na^+ e Cl^- , afeta diretamente a função do sistema radicular (ARAÚJO et al., 2016; JUSTO et al 2021; LIM. X et al., 2022). Estima-se que, mais de 20 % das terras irrigadas em todo o mundo estão em estágio de degradação devido a salinidade e quase 1,5 milhão de hectares são inutilizados a cada ano pela alta salinidade.

A perda da fertilidade do solo devido à degradação tem sido um problema crescente no nordeste do Brasil nos últimos anos. Dentre as práticas agroecológicas que viabilizam a produção de alimentos nessas regiões, destacam-se as adubações verdes, que envolvem a introdução de espécies nos sistemas de produção para depositar sua biomassa no solo (OLIVEIRA et al, 2018).

O estresse salino é um dos principais fatores abióticos que limitam o crescimento das plantas. Isso leva a um desequilíbrio geral nas espécies, levando a uma alteração nos processos fisiológicos e bioquímicos e, como resultado, uma queda drástica no desenvolvimento e produtividade das culturas (OLIVEIRA et al., 2019). O uso de água salina reduz o potencial osmótico na solução do solo e, portanto, reduz a utilização de água pelas plantas, limitando a condutância estomática e a transpiração, reduzindo a taxa de assimilação de CO_2 (SILVA et al., 2010). Dentre os processos fisiológicos que podem ser afetados pelo excesso de sal, destacam-se a fluorescência da clorofila e as trocas gasosas (AYDIN; KANT; TURAN, 2012). Quando submetidas a estresses abióticos, como a salinidade da água, as plantas apresentam sintomas de alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, que provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência (SILVA et al., 2011). As leguminosas são plantas rústicas que se adaptam a vários tipos de solos, promovendo benefícios na sua conservação e na ciclagem de nutrientes.

Em regiões com distribuição irregular de chuvas e altas taxas de evaporação, como o Nordeste do Brasil, as leguminosas devem ser utilizadas como planta de cobertura para diminuir a perda de água do solo para a atmosfera (BARBOSA et al, 2021). Além disso, o uso de plantas leguminosas nessas regiões pode contribuir para a melhoria da qualidade de solo, por meio da adição da matéria orgânica (MO) ao sistema, e para promover o aumento no desenvolvimento e na produtividade das culturas (PFULLER, 2019). O uso de leguminosas em áreas afetadas pela salinidade pode ajudar a melhorar a qualidade do solo, levando ao aumento do crescimento e produtividade das culturas (MARTINS et al., 2012.; SANTOS et al., 2014.; LEITE et al., 2020; SOUSA et al., 2021).

Para a implementação da prática de adubação verde é necessário a escolha de uma espécie adequada as condições ambientais da área, visando maximizar os benefícios do uso da prática. Desta forma, a obtenção de informações sobre espécies de adubos verdes tolerantes a estresses abióticos pode contribuir para adoção da prática pelos produtores. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o crescimento de espécies de adubos verdes irrigados com águas em diferentes concentrações salinas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação localizada Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, Mossoró/RN, Brasil, no período de outubro a novembro de 2022. O município fica localizado nas coordenadas geográficas de 5° 12' de latitude Sul e 37° 19' de longitude Oeste, com altitude média de 18 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw^h, no período de condução do experimento foram registradas as temperaturas máximas e mínimas de 40,2 e 20,5 °C, e umidades máximas e mínimas de 79 e 25%, respectivamente. A temperatura média e umidade média diária ao longo do experimento foram de 29,8 °C e 38%, respectivamente. O solo utilizado como substrato foi um Argissolo vermelho-amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado do experimento.

	pH	CE	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	H ₂ O	dS/m		mg/dm ³		Cmolc/dm ³	
0,4m	8,70	0,17	101,8	48,6	100,8	3,40	0,70

condutividade elétrica (CE), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺)

O experimento foi realizado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial, 4 x 7, sendo o primeiro fator correspondente as espécies de adubos verdes avaliadas: Feijão de Porco (*Canavalia ensiformis* L.); Feijão Guandu (*Cajanus cajan* L.); Mucuna Preta (*Mucuna pruriens* L.); Mucuna Cinza (*Mucuna pruriens* L.). O segundo fator foi referente aos níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 (controle); 1,5 (tratamento 1); 2,5 (tratamento 2); 3,5 (tratamento 3); 4,5 (tratamento 4); 5,5 (tratamento 5); e 6,5 (tratamento 5) dS m⁻¹). Cada unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade de 0,3 dm³ de solo, com uma planta por unidade.

As espécies de adubos verde foram cultivadas até os 30 dias após a semeadura (DAS). Para o semeio foram distribuídas duas sementes por lisímetro, após a total emergência, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por lisímetro. As sementes de Feijão de Porco e Mucuna Cinza foram doadas pelo grupo do Programa de Pós-graduação em Ambiente Tecnologia e Sociedade (PPGATS) as sementes de Feijão Guandu, Mucuna Preta foram adquiridas na empresa sementes Caiçara.

No preparo da água de irrigação com vários níveis de salinidade, foi considerada a relação entre CE_a e concentração de sais dissolvidos extraída de Rhoades et al. (1992), para CE_a de 0,1 a 5,0 dS m^{-1} (SDT (Sais dissolvidos totais) ($mg\ L^{-1}$) $CE_a \times 640$) e para $CE_a > 5,0$ dS m^{-1} (SDT ($mg\ L^{-1}$) $CE_a \times 800$) em que se enquadram os níveis testados. Foi utilizada água de abastecimento existente no local ($CE_a = 0,5\ dS\ m^{-1}$) acrescida de sais (NaCl) conforme necessário (Tabela 2).

Tabela 2. Análise química da água de abastecimento, utilizada no preparo das soluções

Parâmetros									
pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
	dS m^{-1}	-----mmol _c L ⁻¹ -----							
7,57	0,50	0,31	3,74	1,20	0,83	2,40	0,60	3,20	2,62

condutividade elétrica (CE), potássio (K), sódio (Na⁺), magnésio (Mg²⁺), cálcio (Ca²⁺), cloro (Cl⁻), carbonato (CO₃²⁻), bicarbonato (HCO₃⁻), razão de adsorção de sódio (RAS)

Após o desbaste, que ocorreu 10 DAS, a irrigação com água salina foi feita diariamente, de modo a deixar o solo com umidade próxima à máxima capacidade de retenção, com base no método da lisímetria de drenagem aplicado em parcelas adicionais do tratamento controle para cada espécie. Foi considerado dois lisímetros para cada espécies. O volume aplicado (V_a) por recipiente para cada espécie foi obtido pela diferença entre o volume anterior (V_{ant}) aplicada menos a média de drenagem (d) dos dois lisímetros, representados na equação 1:

$$V_a = V_{ant} - D \quad \text{Eq. 1}$$

Para preparo das águas, com as devidas condutividades elétricas (CE), os sais foram pesados conforme tratamento, adicionando-se águas, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil, com condutividade ajustada à temperatura de 25°C. Após preparadas, as águas salinizadas foram armazenadas em recipientes plásticos de 5 L, um para cada nível de CE_a estudado, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

Após a primeira irrigação o solo foi adubado com 50% da recomendação para vasos em cultivo protegido (NOVAIS et al., 1991), sendo aplicado 150 mg de P₂O₅, 75 mg de K₂O e 50 mg de N por dm³ de solo, por meio da fertirrigação, utilizando Ureia (45% de N), Cloreto de Potássio (KCl = 60% de K₂O) e Monoamônio Fosfato (MAP = 12% de N e 61% de P₂O₅).

Para a monitoração dos aspectos morfológicos das espécies, foi realizada análise de crescimento das plântulas aos 20 DAS, foram analisadas as seguintes variáveis: altura da planta (AT), realizada por fita métrica graduada em centímetros, número de folhas (NF), a parti da contagem das folhas expandidas e diâmetro do caule (DC), medindo-se a parte basal do caule a uma distância de 2 cm da altura da superfície do solo utilizando-se um paquímetro digital.

Aos 30 DAS foi realizada a última análise dos aspectos morfológicos das espécies, analisando AT, NF, DC, comprimento da raiz (CR) (através de uma régua graduada em centímetros). As plantas foram coletadas, separando-se a parte aérea das raízes e acondicionadas em estufa de circulação de ar à 65°C, para secagem do material que, após atingir massa constante, foram pesados em balança analítica para determinar a massa seca da parte aérea (MSPA) (g), e da raiz (MSR) (g). A massa seca total (MST) foi determinada por meio do somatório da MSPA e da MSR. E a relação raiz/parte aérea (RRPA) pela divisão da MSR pela MSPA.

Com os dados de produção de matéria seca total, foram calculadas as percentagens particionadas entre os órgãos vegetativos e o índice de tolerância à salinidade, comparando-se os dados dos tratamentos salinos com os do controle ($CEa = 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$), de acordo com a metodologia de Fageria et al. (2010), baseada em quatro níveis de classificação: T (tolerante; 0-20%), MT (moderadamente tolerante; 20,1-40%), MS (moderadamente sensível; 40,1-60%) e S (Sensível; > 60%). assim como disposto na Eq.:2

$$IT(\%) = \frac{\text{Produção de MST no tratamento salino}}{\text{Produção de MST no tratamento controle}} \times 100 \quad \text{Eq.2}$$

Nos cálculos desses índices utilizaram-se a produção de matéria seca total das espécies como parâmetro principal para determinação da tolerância dos materiais ao estresse salino. Para análise de condutividade elétrica dos extratos de saturação do solo foram preparados extratos aquosos com água destilada (30mL) em solo coletado dos lisímetros (30g) de acordo com os tratamentos. As leituras de condutividade foram feitas utilizando condutivímetro de bancada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O feijão guandu apresentou sensibilidade a todos os níveis de salinidade estudados, ocasionando morte das plantas, Ferro et al (2015) no seu estudo de guandu anão sob irrigação com águas salinas no solo sem e com fração de lixiviação obteve resultados semelhantes ao presente trabalho onde o feijão guandu foi sensível as salinidade a partir de 1,5 dSm⁻¹.

3.1 Altura de plantas

O aumento da concentração salina afetou a altura das plantas de feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta ao 30 dias após a semeadura (DAS), com o aumento da concentração salina as plantas tenderam a diminuir a sua altura (Figura 1). Lima et al (2022) ao estudarem amendoim sob estresse salino observaram resultados semelhantes, onde com o aumento do níveis de condutividade elétrica da água aconteceu linear decrescente na altura das plantas.

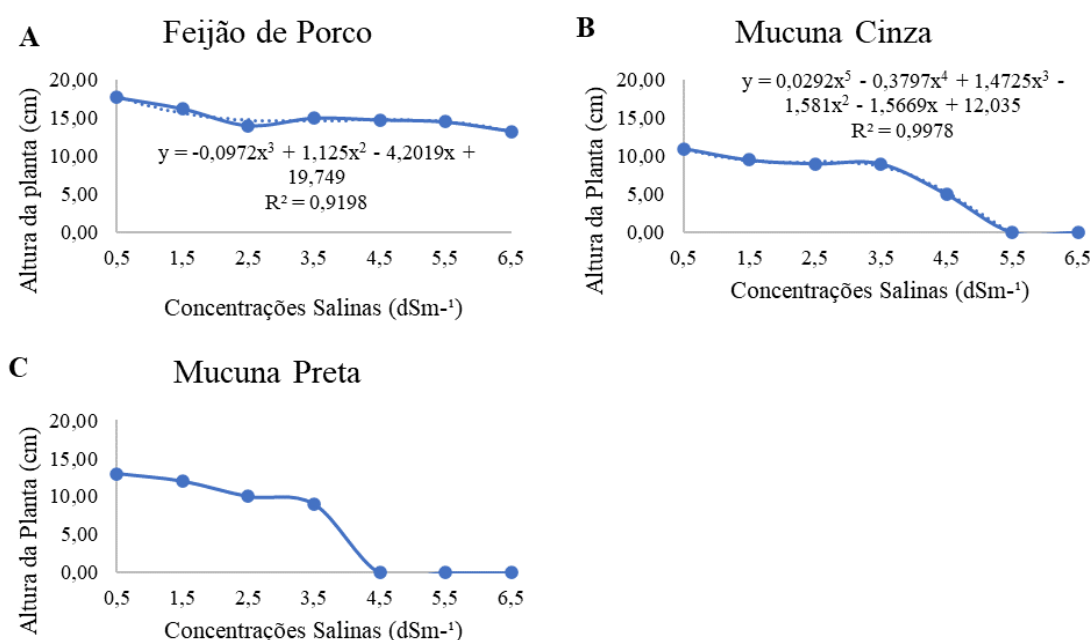


Figura 1 Altura do feijão de porco (A) , mucuna cinza (B) e mucuna preta (C) em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

3.2 Número de folhas

Para a espécie feijão de porco o número de folhas do tratamento 1 (1,5 dSm⁻¹) foi estatisticamente igual a testemunha (0,5 dSm⁻¹) (Figura 2), os demais tratamentos diferiram da

mesma, com o aumento da condutividade elétrica tende a diminuir a quantidade de folhas por planta. Lin et al. (2022) no estudo com ervilhaca comum encontrou resultados semelhantes obtido no presente trabalho, onde com o aumento da salinidade da água de irrigação as mudas de ervilhaca comum diminuíram o número de folhas.

A mucuna cinza apresentou redução de 81% no número de folhas da menor a maior condutividade elétrica tolerada pela mucuna, a espécie foi muito sensível a condutividade elétrica da água de irrigação 5,5 e 6,5 dSm^{-1} ocasionando morte das plantas (Figura 2 B). A presença de clorose nas folhas foi observada de acordo com o aumento da condutividade elétrica.

O comportamento em relação ao número de folhas da mucuna preta foi semelhante aos demais que com o aumento da condutividade elétrica da água diminuiu o número de folhas, o menor número de folhas observado em relação ao controle (0,5 dSm^{-1}) foi no tratamento 3 (3,5 dSm^{-1}), a espécie foi sensível a condutividade elétrica da água em 4,5; 5,5 e 6,5 dSm^{-1} ocasionando morte da planta (Figura 2 C). Com o aumento das concentrações salinas houve redução na área foliar. Isso pode ser atribuído a acelerada senescência das folhas, que pode provocar a morte da planta (SOUSA et al., 2018).

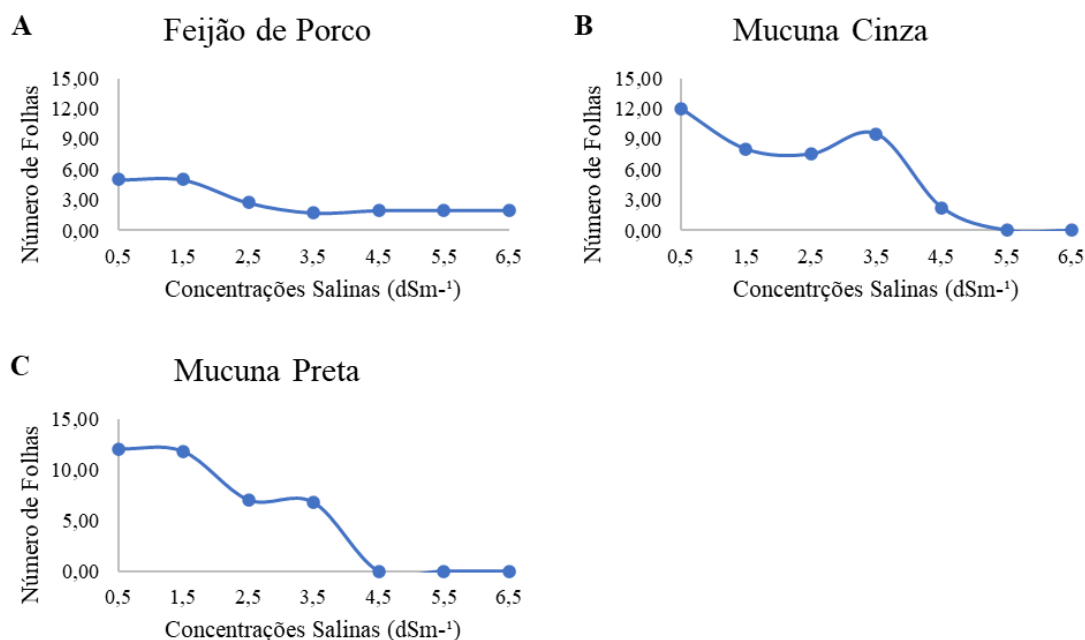


Figura 2 Número folhas do feijão de porco (A), mucuna cinza (B) e mucuna preta (C) em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

O diâmetro do caule do feijão de porco foi afetado com o acréscimo de salinidade na água de irrigação, apresentando redução de 8% no seu diâmetro em relação ao controle (0,5 dSm^{-1}) quando irrigado com água salina contendo 6,5 dSm^{-1} (Figura 3 A). Na mucuna cinza

foi observado o maior diâmetro do Caule (DC) no controle, sendo a maior redução no DC observada no Tratamento 4 (4,5 dSm⁻¹), a espécie foi sensível aos níveis de salinidade 5,5 e 6,5 dSm⁻¹ ocasionado morte da planta (Figura 3 B). na mucuna preta foi observado redução de 0,0506cm com o acréscimo de 1dSm⁻¹ na água de irrigação. Com acréscimo de 4, 5 e 6 dSm⁻¹ na água de irrigação a espécie foi sensível ocasionando morte da planta. Cabral et al (2022) no estudo com cultivares de soja observou resultados semelhantes no qual com o aumento da concentração salina ocorreu redução no diâmetro do caule.

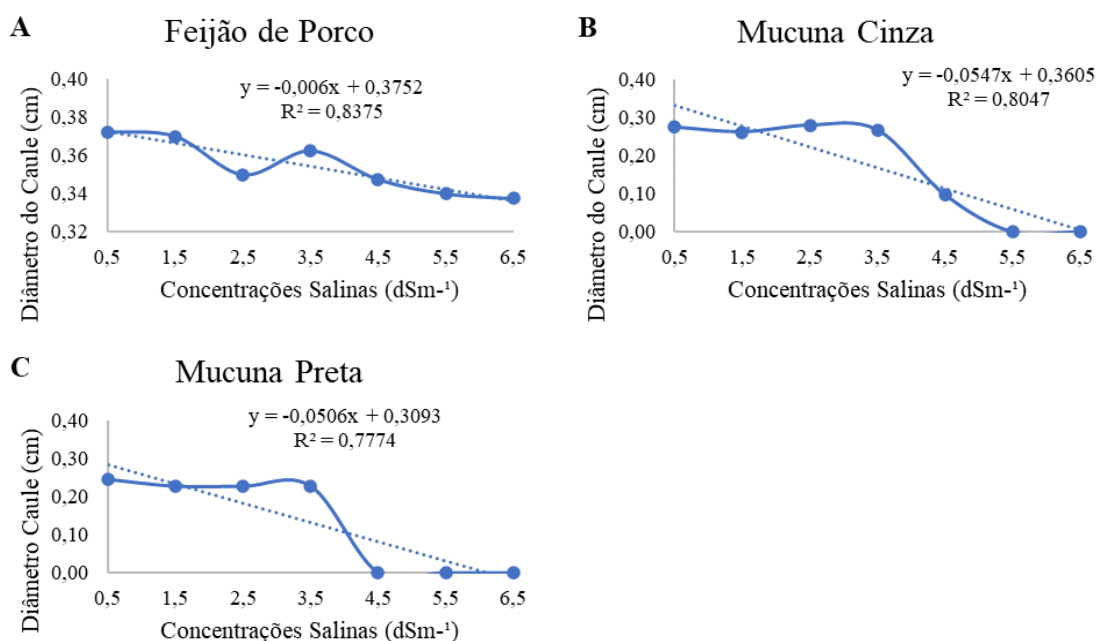


Figura 3 Diâmetro do caule do feijão de porco (A), mucuna cinza (B) e mucuna preta (C) em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

3.4 Massa Fresca e Seca da Parte aérea

O feijão de porco o controle (0,5 dSm⁻¹) obteve maior produção de massa fresca e seca da parte aérea em relação aos tratamentos salinos, com redução de 48% na produção de massa fresca da menor para a maior salinidade, enquanto na massa seca observou-se uma diferença de menor para maior salinidade de 38% (Figura 4). Essa redução se apresentou de forma gradativa conforme aumentava a salinidade da água de irrigação diminuía a produção de massa.

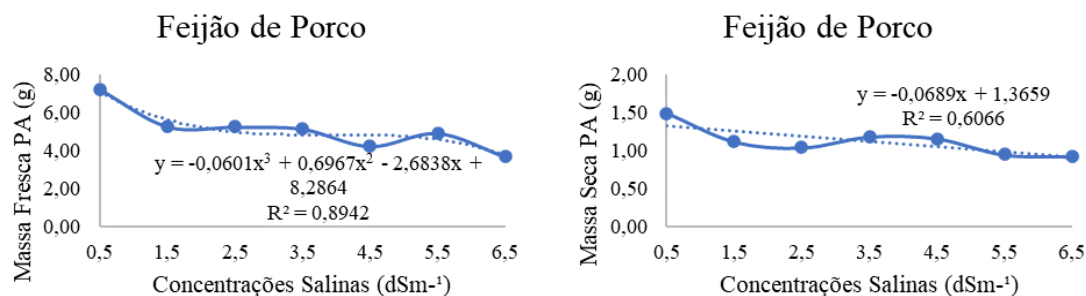


Figura 4 Massa fresca e massa seca parte aérea (PA) do feijão de porco em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

A mucuna cinza apresentou redução de 90% na produção de massa fresca e 73% na massa seca quando submetida a irrigação de água com condutividade elétrica 4,5 dSm⁻¹ (Figura 5). a espécie foi sensível aos níveis de salinidade 5,5 e 6,5 dSm⁻¹ ocasionado morte da planta (Figura 5).

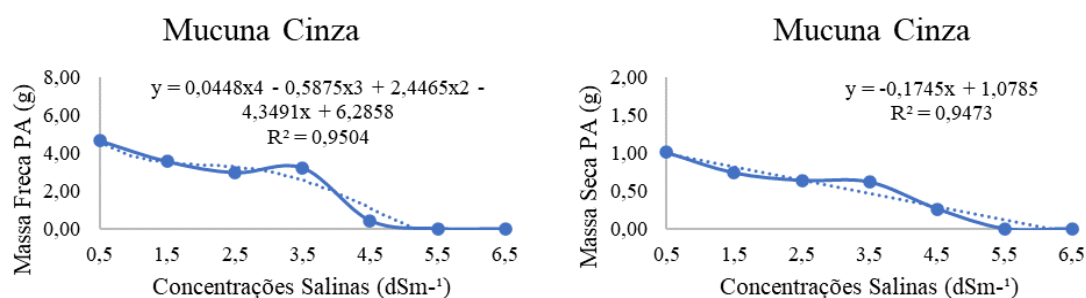


Figura 5 Massa fresca e massa seca parte aérea da mucuna cinza em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

A mucuna preta se comportou semelhante as demais que com o aumento da salinidade na água de irrigação reduziu sua produção de massa fresca em 67% de massa fresca e 61% na massa seca quando comparado com o controle (Figura 6). Nogueira et al. (2020) o aumento da concentração salina e o tempo vai reduzindo a quantidade de massa vegetal produzida. A salinidade reduz muito a capacidade de absorção de água que danifica as células e tecidos das plantas diminuindo os processos fisiológicos e metabólicos ocasionando diminuição na taxa de crescimento e o acúmulo de matéria seca, Kirova & Kocheva. (2021). Sena et al. (2018) estudando crescimento e acúmulo de biomassa em milho irrigado com água salina também constataram que quanto maior é a concentração salina na água utilizada para irrigar menor a produção de biomassa. Para os níveis de salinidade 4,5 a 6,5 a espécie foi sensível ocasionando morte da planta (Figura 6).

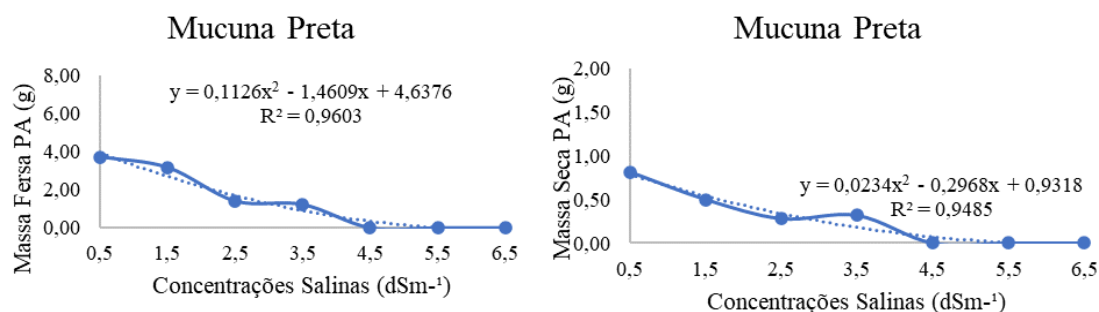


Figura 6 Massa fresca e massa seca parte aérea da mucuna cinza em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

3.5 Massa fresca e seca da Raiz

No feijão de porco a massa fresca da raiz não apresentou uma redução gradativa e uniforme, de modo geral o aumento da salinidade na água de irrigação diminuiu a massa fresca e seca da raiz (figura 7).

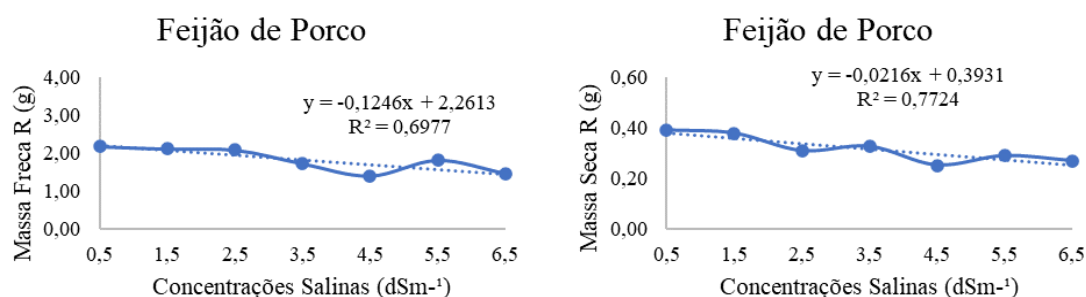


Figura 7 Massa fresca e massa seca raiz do feijão de porco em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

O desenvolvimento do sistema radicular da mucuna cinza foi afetado com o aumento da salinidade na água de irrigação refletindo na produção de massa fresca da raiz, onde a maior produção de massa fresca foi observada na testemunha 83% maior que a produzida na maior CE (4,5 dSm⁻¹) suportada pela mucuna cinza (figura 8). Semelhante ao que ocorreu na massa fresca, a massa seca da raiz foi reduzida de acordo com o aumento da salinidade na água de irrigação. A espécie foi sensível ao nível de salinidade 5,5 e 6,5 ocasionando morte da planta (Figura 8).

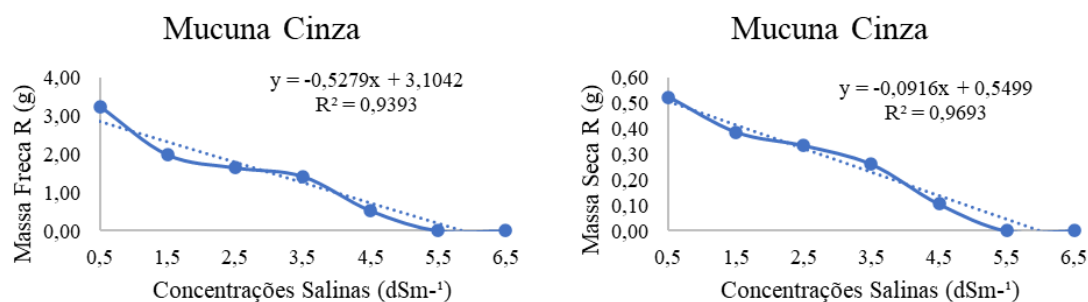


Figura 8 Massa fresca e massa seca raiz da mucuna cinza em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

O sistema radicular da mucuna preta teve seu desenvolvimento prejudicado com o aumento da salinidade na água de irrigação e concentração de sais no solo dificultando a absorção de água pela planta, consequentemente teve menor produção de massa da raiz, apresentando uma diferença de 40% na produção de massa fresca da raiz e 31% na produção de massa seca da raiz da menor para a maior salinidade na água suportada pela espécie, a mesmo foi sensível aos níveis de salinidade 4,5 a 6,5 dSm⁻¹ ocasionando morte da planta.

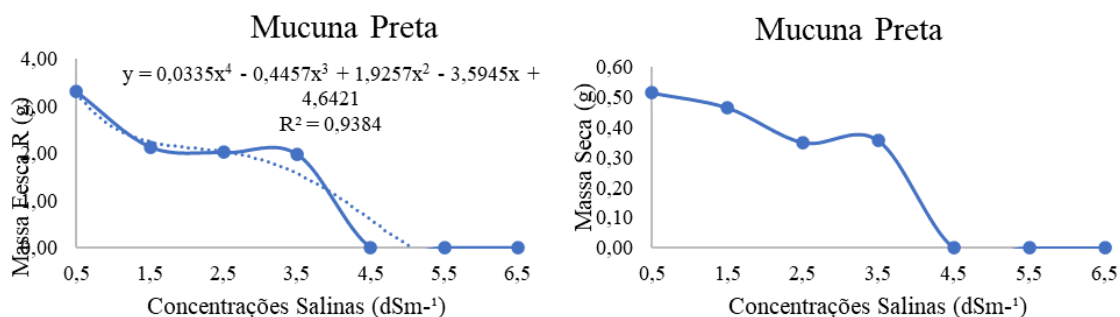


Figura 9 Massa fresca e massa seca raiz da mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

3.6 Comprimento da raiz

O feijão de porco o comprimento da raiz não foi afetado com o aumento da salinidade na água de irrigação, pois a redução no tamanho da raiz não foi expressiva (figura 10 A). Farias et al. (2019) no estudo com *Vigna luteola* obteve resultados semelhantes, onde o aumento da salinidade não afetou o comprimento da raiz. A mucuna cinza e mucuna preta se comportaram de forma semelhante com o aumento da condutividade elétrica na água de irrigação foi observado decréscimo no comprimento da raiz. Filho et al. (2020) no estudo com *moringa* obteve resultados semelhantes observado no presente trabalho, que com o aumento da concentração salina observou-se diminuição no comprimento radicular.

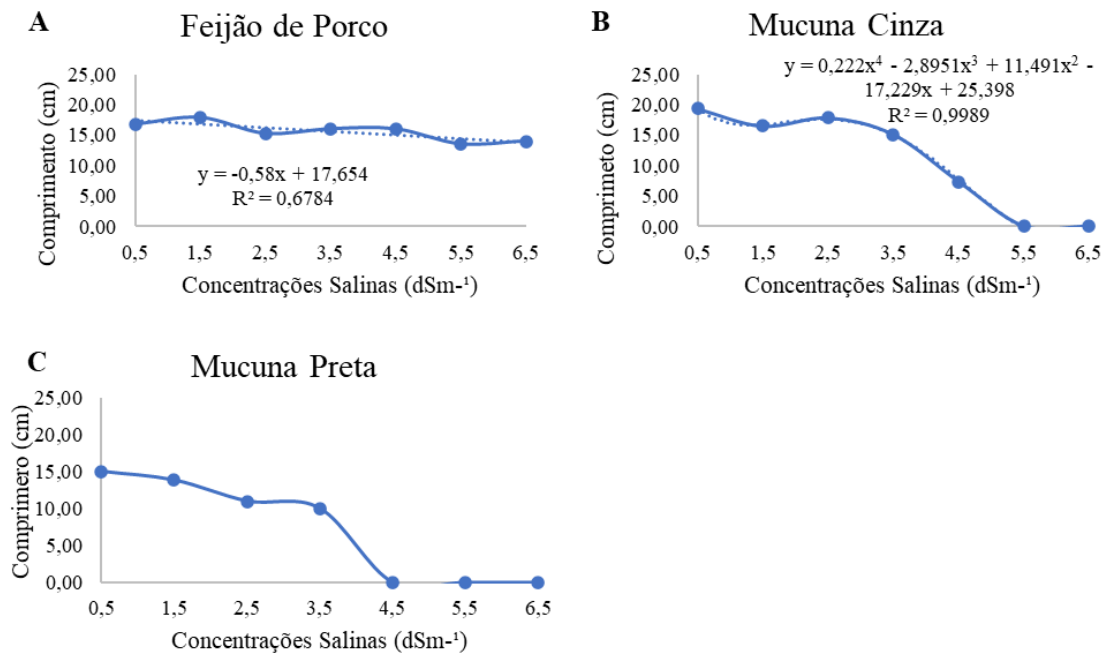


Figura 10 Comprimento da raiz do feijão de porco (A), mucuna cinza (B) e mucuna preta (C) em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

3.7 Condutividade elétrica do solo

O aumento da condutividade elétrica da água aumenta o potencial osmótico do solo, reduzindo sua capacidade de infiltração, fazendo com que os sais da irrigação se acumulem no solo, aumentando sua condutividade (Figura 11). Lima et al. (2020) no seu estudo do cultivo de milho irrigado com água salina em diferentes coberturas mortas, demonstra que o aumento da concentração salina diminui o potencial de lixiviação, fazendo com que os sais da irrigação fiquem no solo.

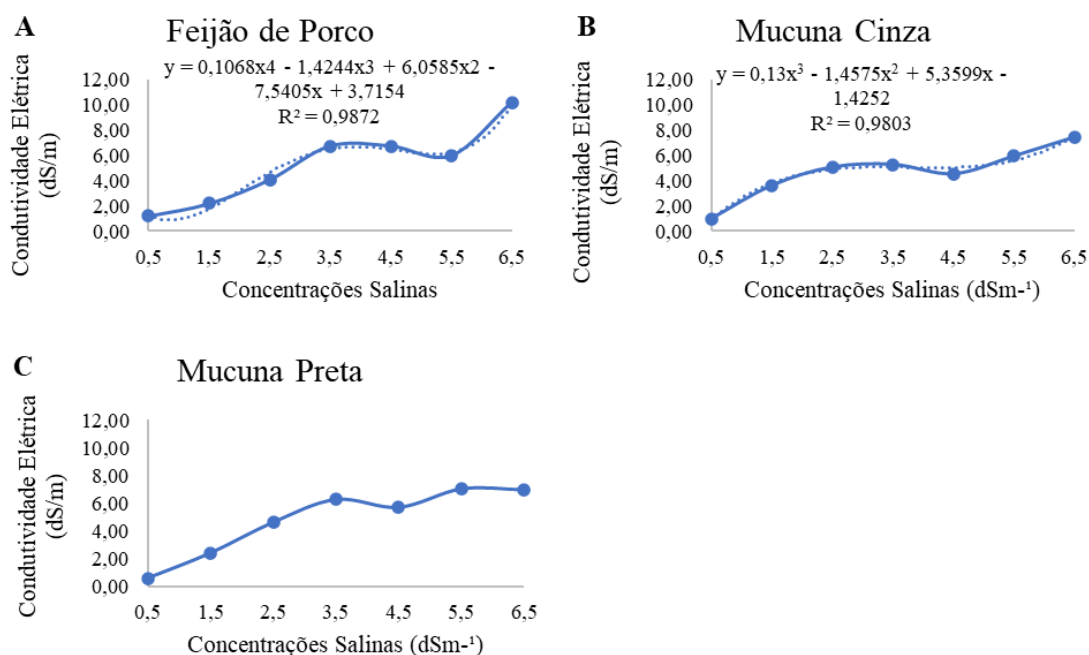


Figura 11 Condutividade elétrica do solo de cultivo do feijão de porco (A), mucuna cinza (B) e mucuna preta (C) em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

3.8 Tolerância a salinidade

A tolerância a salinidade foi reduzida conforme aumento dos níveis salinos. Com base nos dados de índice de tolerância a salinidade (ITS) as espécies poderão ser classificadas da seguinte maneira, feijão de porco tolerante ao nível de salinidade 3,5 dSm⁻¹ e moderadamente tolerante aos demais níveis de salinidade. Mucuna preta moderadamente tolerante ao nível de salinidade 1,5 dSm⁻¹, moderadamente sensível ao nível 3,5 dSm⁻¹ e sensível aos demais níveis de salinidade da água de irrigação. Mucuna cinza apresentou morada tolerância aos níveis de salinidade 1,5 e 2,5 dSm⁻¹, moderadamente sensível ao nível 3,5 dSm⁻¹ e sensível aos demais níveis. o Feijão Guandu foi sensível a todos os níveis de salinidade.

A tolerância à salinidade varia entre espécies (KUDO et al., 2010) e até mesmo dentro das espécies (MENDONÇA et al., 2007; ZHU et al., 2008) e depende de vários fatores como estágio fenológico (BUSTINGORRI & LAVADO, 2011), intensidade e duração do stress

(NEVES et al., 2009). O efeito da salinidade nas plantas pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento e sua tolerância genética a esse fator. A alta salinidade causa vários distúrbios no organismo da planta, como estresse hídrico, toxicidade de íons, desequilíbrio nutricional, estresse oxidativo, alterações metabólicas, ruptura de membranas e muitos outros, que acabam levando à redução do rendimento (MUNNS E TESTER 2008; FLOWERS, GALAL E BROMHAM). 2010; BRUNING et al.. 2015).

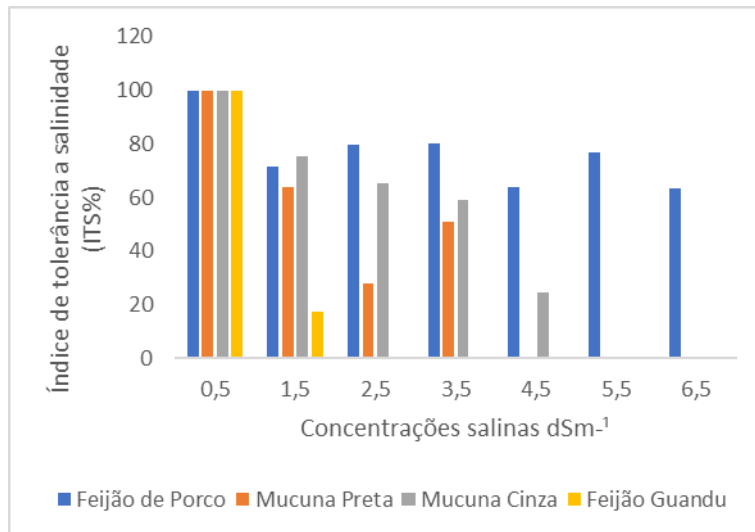


Figura 12. Índice de tolerância do feijão de porco, mucuna cinza e mucuna preta em função da condutividade elétrica da água irrigação aos 30 DAS

4 CONCLUSÃO

O aumento da condutividade elétrica na água de irrigação influencia negativamente o desenvolvimento das plantas ocasionando redução da produção de biomassa. O feijão guandu é a espécie mais sensível aos níveis de salinidade estudado e feijão de porco é o mais tolerante, sendo, portanto, alternativa de adubo verde para solos afetados por sais na região do semiárido.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro a salinidade. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 463-471, 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.172>
- AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 7, n. 7, p. 1073-1086, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR10.274>
- BARBOSA, I. J.; SOUSA, H. C.; SCHNEIDER, F.; DE SOUSA, G. G.; LESSA, C. I.; SANÓ, L.; Mulch with sugarcane bagasse and bamboo straw attenuates salt stress in cowpea cultivation1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.7, p.485-491. 2021
- BUSTINGORRI, C.; LAVADO, R. S. Soybean growth under stable versus peak salinity. **Scientia Agrícola**, v.68, p.102-108, 2011.
- CABRAL. R. C, ZUFFO. A. M, MAEKAWA. S. C. E, SILVA. K. C, STEINER. F. Identificação de cultivares de soja para tolerância aos estresses hídrico e salino durante a fase de estabelecimento da plântula. *Rev Agro Amb*, v. 15, n. 4, e9789, 2022.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A.; ANDRADE. E. M.; MEIRELES, A. C. M.; NESS, R. L. L. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.615- 621, 2005.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta. 403p, 2006
- FARIAS. I. B. M, BONILLA. O. H, LACERDA. C. D, SOLTYS. N. M. F, LIMA. F. R. A, SILVA. R. G. Crescimento de mudas de *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. submetidas a salinidade. I simpósio latino-americano de salinidade. 2019.
- FILHO, G.S.T.; SILVA, D.F.; LINS, R.C.; ARAÚJO, C.A.S.; OLIVEIRA, F.F.; MATIAS, S.S.R. Desenvolvimento de mudas de *moringa* oleífera submetida a diferentes níveis de água salina. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, nº 7, p. 48671-48683, 2020.
- JUSTO, F. A. J., BARRETO, A. C., SILVA. J. F., FERREIRA NETO, M., SÁ. F. V. S., OLIVEIRA. R. P.; Identificação e diagnóstico de solos afetados por sais no perímetro irrigado Baixo-Açu, RN, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.25, n.7, p.480-484, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n7p480-484>
- KIROVA, E.; KOCHEVA, K. (2021): Physiological effects of salinity on nitrogen fixation in legumes – a review, **Journal of Plant Nutrition**, DOI: 10.1080/01904167.2021.1921204
- KUDO, N.; SUDINO, T.; OKA, M.; FUJIYAMA, H. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.56, p.225-233, 2010

LEITE, K. N.; ANDRADE, Y.C.; MARQUES, M. D. K. MELHORANÇA FILHO, A. L.; OLIVEIRA JUNIOR, P. P.; SOUSA, G. G. Resposta germinativa do feijão arigó e manteiguinha (*Vigna unguicula* L. Walp) submetidas a condições de estresse salino. **Nativa**, Sinop. v.8, n. 2, p. 165- 166, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i2.9270>

LIMA, A. F. S.; LUZ, L. N.; SANTOS, M. F.; FILHO, V. S.; GOUVEIA, F. A. L.; CASIMIRO, J. A. O.; Eficiência fisiológica e desempenho do amendoim sob estresse salino e inoculado com *Bradyrhizobium*. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v.11, n.1-3, p.22-35, 2022. DOI:10.19149/wrim.v11i1-3.2819

LIMA, A.F.; SOUSA, G.G.; SOUZA, M.V.P.; JUNIOR, F.B.S.; GOMES, S.P.; MAGALHÃES, C. L. Cultivo do milheto irrigado com água salina em diferentes coberturas mortas. *Revista Irriga*, v. 25, nº2, p. 347-360, 2020.

LIN, X.; WANG, Q.; MIN, X.; LIU, W.; LIU, Z. Análise comparativa de transcrição de perfis de transcrição de raiz e folha revela a Mecanismos coordenados em Resposta ao Estresse de Salinidade em Ervilhaca Comum. **Int. J. Mol. Ciência** 2022, 23, 8477 DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23158477>

M. G. F. FERRO, A. M. S. ROCHA, C. F. G. ALVES, J. C. B. LÚCIO, N. DOS S. BATISTA, P. T. CANEIRO. Guandu anão sob irrigação com águas salinas no solo sem e com fração de lixiviação. *III Inovagri* 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a266>

MARTINS, S. S., PEREIRA, M. D. C., LIMA, M. A. G., QUEIROZ, A. A. D., SILVA, S. D. A. B., MISTURA, C., ONO, E. O. Morfologia da cunhã cultivada sob estresse salino. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.13-24, 2012.

MENDONÇA, A.V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; SANTIAGO, A. R.; RODRIGUES, L. A.; FREITAS, T. A. S. Características biométricas de mudas de *Eucalyptus* sp sob estresse salino. **Árvore**, v.31, p.365-372, 2007.

NEVES, A. L. R. et al. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

NOGUEIRA. N.W.; FREITAS, R.M.O.; LEAL, C.C.P.; TORRES, S.B. Estresse salino na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de jurema-branca. *Advances In Forestry Science*, v. 7, nº3, p.1081-1087, 2020.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p. 189-254.

OLIVEIRA, A.E.S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F.E.P.; GOMES, R.L.F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **Revista Holos**, v.1, p.143-151, 2014.

OLIVEIRA, F. F. M. et al.. Resposta ecofisiológica de *Lippia gracilis* (Verbanaceae) à duração do estresse salino. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 178, p. 202-210, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.04.016>

OLIVEIRA, F. R. A. et al. Green fertilization with residues of leguminous trees for cultivating maize in degraded soil. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 798 - 807, 2018.

PFULLER, E. E.; SANTOS, D. B.; AIRES, R. F.; Aspectos fenológicos e produtividade de espécies de verão para cobertura de solo em Vacaria, RS. *Investigación Agraria*, p. 23-30, 2019. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.junio.23-30>

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992. 133p. Irrigation and Drainage Paper, 48

SANTOS, A. et al. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18 n. 12, p.1255-1261, 2014. [http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1255-](http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1255-1261)

SENA, E. S. et al. Crescimento e acúmulo de biomassa em milho irrigado com água salina. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 39, n. 2, p. 164-172, 2018 DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v39i2.38466>

SILVA, E.N.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS,R.A.; SILVEIRA, J.A.G. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.69, n.3, p. 279–285, 2010

SILVA, F. L. B. et al. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.

SOUZA, B. E. L., DE SOUSA, G. G., DE MELO MENDONÇA, A., DOS SANTOS, M. F. A., SILVA JUNIOR, F. B., & MORAES, J. G. L. Irrigação com água salina e uso de substratos na cultura do feijão-caupi. *Nativa*, v. 9, n. 1, p. 86-91, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i1.9820>

ZHU, J.; ZHILONG, B.; LI, Y. Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. **Soil Science Plant Nutrition**, v.54, p.400-407, 2008.