



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
BACHARELADO EM AGRONOMIA

LARISSA DE SÁ GOMES LEAL

**CONDICIONADORES DO SOLO COMO POTENCIALIZADORES DO
CRESCIMENTO DE FORRAGEIRAS NA AGRICULTURA BLOSSALINA**

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO - BRASIL
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
BACHARELADO EM AGRONOMIA

**CONDICIONADORES DO SOLO COMO POTENCIALIZADORES DO
CRESCIMENTO DE FORRAGEIRAS NA AGRICULTURA BLOSSALINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na
Unidade Acadêmica de Serra Talhada da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como
requisito básico para conclusão do Curso de
Bacharelado em Agronomia.

**Orientador (a): Luiz Guilherme Medeiros
Pessoa**

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO - BRASIL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

L435c Leal, Larissa de Sá Gomes

Condicionadores do solo como potencializadores do crescimento de forrageiras na agricultura bioassalada / Larissa de Sá Gomes Leal. – Serra Talhada, 2019.

36 f.: il.

Orientador: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2019.

Inclui referências.

1. Semiárido brasileiro. 2. Salinização do solo. 3. Atriplex nummularia. I. Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros, orient. II. Título.

CDD 630

LARISSA DE SÁ GOMES LEAL

**CONDICIONADORES DO SOLO COMO POTENCIALIZADORES DO
CRESCIMENTO DE FORRAGEIRAS NA AGRICULTURA BLOSSALINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito básico para conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

APROVADA EM: ____/____/____

Prof. Eduardo Soares de Souza

(UFRPE/UAST - Examinador)

Profa. Maria Betânia Galvão dos S. Freire

(DEPAUFRPE - Examinadora)

Prof. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

(UFRPE/UAST - Orientador)

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO – BRASIL
2019

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, Autor da vida e do meu destino, à minha mãe (in memoriam) Francineide de Sá Nascimento, e ao meu pai Manoel Osmir Gomes Leal exemplos de seres humanos, batalhadores e resilientes, que sempre me concederam todo apoio, motivação e incentivo na minha escolha pela Agronomia e em toda a minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Grata primeiramente a Deus que me conduziu às ciências agrárias, abençoou com a oportunidade de cursar Agronomia na UFRPE – UAST e concedeu a graça de desenvolver uma pesquisa acerca de um tema tão relevante e urgente, o manejo de solos salinos e sódicos, para a sustentabilidade da agricultura no Semiárido brasileiro, especialmente nos perímetros irrigados. Foi realmente muito gratificante realizar uma pesquisa cujos resultados podem auxiliar os produtores locais, ao contribuir com a superação de um desafio deste porte.

Agradeço à minha mãe *Francineide*, hoje na glória do Senhor, ao meu pai *Manoel* e meu irmão *Emanuel* que sempre me incentivaram a estudar, confiaram no meu potencial e nas minhas escolhas, dando todo o apoio necessário, como também à tia/madrinha *Nide*, tios/padrinhos *Zirinho* e *Zair*, suas esposas e filhos pela motivação e suporte em todos os aspectos durante a graduação. A toda minha família, aos irmãos do Grupo de Oração Doce Mãe (Mayara, Ricardo, Maridalva, Fátima, Albinha, Robinho, Raily, Rayane, Lailson), às amigas/irmãs Camila Almeida e Camila Marcelly, personificação do cuidado de Deus na minha vida, sempre aconselhando e orando pela minha jornada acadêmica.

Meus agradecimentos ao professor Ubiraci e ao técnico agropecuário Liberato, funcionários da Escola Técnica Estadual de Serra Talhada, pelas contribuições tão importantes para realização deste trabalho, ao disponibilizarem a área para coleta do solo, além das mudas de Atriplex fornecidas.

Grata também a todos os amigos da turma Agronomia 2014.1, especialmente às amigas Ana Karlla, Andressa; Joyce e Aiane, por tudo que vivemos nesses 5 anos, principalmente pela paciência e lealdade. Obrigada por todos os momentos compartilhados nessa caminhada eletrizante de graduação, em que estiveram comigo dentro e fora da UAST. Jamais me esquecerei do companheirismo, da força nos dias mais difíceis que vivi, e do respeito, confiança e carinho para com a minha pessoa. Levarei todos comigo da universidade para a vida!

Agradeço também a todos os professores do curso de Agronomia da UAST pelas experiências e aprendizado, especialmente ao prof. Guilherme, meu prezado orientador, pela confiança em mim depositada, pelos ensinamentos, pela parceria no projeto de extensão, por entender minha ideia e me ajudar a fazer acontecer este trabalho que acredito tanto, como também aos amigos Jardel, Joel, Jéssica, Natália e Luiz, a equipe do NUPSSE (Núcleo de Pesquisa em Solos do Semiárido), parceiros de pesquisa durante a graduação, e à amiga Abda (minha querida chefinha) que me apresentou o mundo da experimentação agrícola, bem no início do curso, além dos muitos amigos que fiz não só do curso de Agronomia, mas dos demais cursos da UAST/UFRPE. Serei eternamente grata a todos que conheci, que estiveram comigo nessa etapa tão maravilhosa. Levarei todos no meu coração.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 A salinidade do solo no Semiárido brasileiro e no mundo	13
2.2 Condicionadores do solo como atenuadores do estresse salino sobre as plantas	15
2.3 Culturas tolerantes a salinidade	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Resistência das plantas ao estresse salino	21
4.2 Crescimento e nutrição da <i>Atriplex nummularia</i> em resposta aos condicionadores testados.....	23
4.3 Atributos do solo.....	28
4.4 Extração e alocação de sais pelas plantas	30
5. CONCLUSÕES.....	33
Referências bibliográficas	34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplar de sorgo antes do experimento (a); Efeito do estresse salino sobre o sorgo durante o experimento (b), (c) e (d). Serra Talhada-PE, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.....22
- Figura 2.** Exemplar de gliricídia antes do experimento (a). Efeito do estresse salino sobre a gliricídia durante o experimento (b), (c) e (d). Serra Talhada-PE, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.....23
- Figura 3.** Valores médios ($n = 4$) de massa fresca das folhas (a), hastes (b), raízes (c) e total (d) de *Atriplex nummularia* aos 60 dias após o transplântio, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S^0), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha).....24
- Figura 4.** Valores médios ($n = 4$) de massa seca das folhas (a), hastes (b), raízes (c) e total (d) de *Atriplex nummularia* aos 60 dias após o transplântio, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S^0), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha).....25
- Figura 5.** Alocação da biomassa (a), do cloro (b), do potássio (c) e do sódio (d) na folha, caule e raiz de plantas de *Atriplex nummularia*, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S^0), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha).....31
- Figura 6.** Fator de transferência (a) e eficiência da absorção do sódio (b) de plantas de *Atriplex nummularia* aos 60 dias do transplântio, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S^0), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.....32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização física e química da camada superficial (0-20cm) do solo estudado antes da experimentação.....	19
Tabela 2. Teores médios (n = 4) de sódio, potássio, relação Na/K e cloro em raízes, hastes e folhas de <i>Atriplex nummularia</i> em função dos condicionadores testados, aos 60 dias do transplântio.....	27
Tabela 3. Valores médios (n = 4) de pH, condutividade elétrica (CE), Na ⁺ e K ⁺ trocáveis, e porcentagem de sódio trocável (PST) do solo, em função dos condicionadores testados, aos 60 dias do transplântio de <i>Atriplex nummularia</i>	29

LEAL, Larissa de Sá Gomes. Condicionadores do solo como potencializadores do crescimento de forrageiras na agricultura bioassalina. 2019. 36 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.*

RESUMO

Dentre os processos de degradação do solo no Semiárido brasileiro, destaca-se a salinização secundária, resultante de práticas inadequadas de manejo de solo, que tem crescido substancialmente nos últimos anos. Sua evolução, sem que haja intervenção, tende a inviabilizar a produção agrícola, seguido pela desertificação e abandono das áreas salinizadas. Diante dos impactos sociais, ambientais e econômicos, faz-se necessário o desenvolvimento de técnicas de remediação de tais solos. Sendo assim, este trabalho objetivou avaliar o desempenho de três espécies forrageiras adaptadas ao semiárido e o potencial da mistura de condicionadores de solo, como estratégia para utilização de áreas degradadas por sais. Este ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 4 e quatro repetições, sendo o primeiro fator as espécies forrageiras e o segundo as combinações de condicionadores. Para isso, foi utilizado um Cambissolo Flúvico, classificado como salino-sódico. Esse foi coletado na camada superficial (0-20 cm), peneirado e uniformizado, para montagem do experimento e para caracterização química. Em seguida, foi acondicionado em vasos de polietileno com 14 kg de solo, onde receberam as misturas dos condicionadores químicos: T1: testemunha (sem condicionador de solo), T2: gesso + matéria orgânica, T3: enxofre elementar + matéria orgânica, T4: gesso + matéria orgânica + enxofre elementar. Um mês após essa aplicação, foram transplantadas as mudas de sorgo sudão, gliricídia e atriplex. A irrigação foi realizada em dias alternados, aplicando-se uma lâmina de irrigação equivalente a 40% da capacidade de campo. A dose do gesso foi de 16,9 t ha⁻¹, a de enxofre 3,97 t ha⁻¹ e a de matéria orgânica foi 30 t ha⁻¹. Aos 60 dias após o transplantio das mudas, estas foram coletadas e fracionadas em raízes, hastes e folhas para obtenção de suas massas frescas, secas e totais; alocação de biomassa, sódio, cloreto e potássio nas partes vegetais; além da medida de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), pH, determinação dos teores de sódio e potássio, e cálculo da porcentagem de sódio trocável no solo após o experimento. Foram também determinados a eficiência na absorção e transferência de sódio. Para as condições de salinidade estudadas, foi constatado que a Atriplex é a mais indicada para o produção de forragem e recuperação deste solo. Os condicionadores não influenciaram a produção de biomassa das plantas, no entanto, sua utilização associada ao cultivo da halófita contribuiu com a melhoria dos atributos químicos do solo, provocando maior redução da CEes, PST, e os teores de sódio, cloro e potássio, quando comparada ao cultivo na ausência dos mesmos. A combinação Gesso + matéria orgânica permitiu maior acúmulo de sódio, potássio e cloro nas folhas da atriplex, como também, maior redução da CE e da PST do solo. Portanto, para produção de forragem e remediação da área cujo solo foi coletado para essa pesquisa, recomenda-se a utilização da *Atriplex nummularia* associada à aplicação de gesso + matéria orgânica para acelerar o processo de recuperação do mesmo.

Palavras-chave: semiárido, salinização dos solos, *Atriplex nummularia*.

Orientador: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa - Universidade Federal Rural de Pernambuco/
Unidade Acadêmica de Serra Talhada

LEAL, Larissa de Sá Gomes. Soil conditioners as enhancers of forage growth in biosaline agriculture. 2019. 36 p. Monograph (Undergraduation in Agronomy) - Federal Rural University of Pernambuco / Academic Unit of Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, Brazil.*

ABSTRACT

The secondary salinization, resulting from inadequate soil management practices has grown substantially in recent years among soil degradation processes in Brazilian semiarid region. Its evolution, without intervention, tends to make agricultural production unviable, followed by desertification and abandonment of salinized areas. In view of its social, environmental and economic impacts, it is necessary to develop remediation techniques for such degraded soils. Thus, this work aimed to evaluate the performance of three forage species adapted to the semiarid and the potential of mixing soil conditioners, as a strategy for the use of degraded areas by salts. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 3 x 4 factorial arrangement and four replications, the first factor was the forage species and the second one were the soil conditioners mixture. For this, a Cambisol was used, classified as a saline-sodic soil. The soil sample was collected in the upper layer (0-20 cm), sieved and standardized, for assembly of the experiment and for chemical characterization. Then, it was packed in polyethylene vessels with 14 kg of soil, where they received the mixtures of soil conditioners: T1: control (without soil conditioner), T2: gypsum + organic matter, T3: elemental sulfur + organic matter, T4: gypsum + organic matter + elemental sulfur. One month after soil conditioners application, seedlings of sorghum, gliricidia and atriplex were transplanted. Irrigation was performed on alternate days, with an irrigation level equivalent to 40% of field capacity. The applied gypsum rate was 16.9 t ha^{-1} , the sulfur was 3.97 t ha^{-1} and the organic matter was 30 t ha^{-1} . At 60 days after transplanting the seedlings were collected and fractionated in roots, stems and leaves to obtain their fresh, dry and total weights; allocation of biomass, sodium, chloride and potassium in plant compartments; electrical conductivity of the saturation extract, pH, sodium and potassium content, and exchangeable sodium percentage in the soil after the experiment. Also the sodium absorption efficiency and transfer were determined. For the conditions of studied salinity, Atriplex is the most suitable for forage production and recovery of this soil. The conditioners did not influence the biomass production of the plants, however, their use associated to the halophyte cultivation contributed to the improvement of the chemical attributes of soil, promoting a greater reduction of the EC, ESP, and sodium, chlorine and potassium contents of the soil, compared to the crop in their absence. The combination of gypsum + organic matter allowed greater accumulation of sodium, potassium and chlorine in the leaves, as well as a greater reduction of EC and ESP. Therefore, for the production of forage and remediation of the area whose soil was collected for this research, it is recommended the use of *Atriplex nummularia* associated to the application of gypsum + organic matter to accelerate the remediation process.

Key words: semi-arid, soil salinization, *Atriplex nummularia*.

Advisor: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa - Federal Rural University of Pernambuco / Academic Unit of Serra Talhada.

1. INTRODUÇÃO

A atividade agrícola no Sertão do Pajeú tem se tornado cada vez mais desafiadora, principalmente devido aos anos de seca prolongada e à degradação dos recursos naturais locais. Dentre os principais processos de degradação do solo que ocorrem na região, destaca-se a salinização, que chega a inviabilizar a produção agrícola devido aos efeitos diretos e indiretos do excesso de sais e sódio às culturas. Este processo aumentou significativamente nos últimos anos como consequência, principalmente, do manejo inadequado dos solos e de irrigação com água de baixa qualidade, somado a uma drenagem ineficiente ou inexistente.

Com a evolução da salinidade, estas áreas tendem à desertificação, pois as características químicas e físicas degradadas dos solos limitam o desenvolvimento das plantas. Como consequência, os solos ficam expostos e sem cobertura vegetal, tornando-se susceptíveis aos processos erosivos e sem possibilidade de aproveitamento agrícola.

Os solos salinos e sódicos são recorrentes nas regiões áridas e semiáridas, pois o clima destes locais é caracterizado por um balanço hídrico negativo, o que favorece o acúmulo de íons nos solos, alguns tóxicos às plantas, principalmente sódio e cloreto. Estes elementos provocam efeitos que influenciam negativamente o desenvolvimento de grande parte das culturas alimentícias, classificadas como glicófitas pela sua sensibilidade a altos teores de sais.

Tendo em vista os impactos ambientais, sociais e econômicos causados pela salinidade, e o fato de que a evolução desse processo culmina com o abandono de áreas pela inviabilidade de produção agrícola em tais condições, torna-se urgente a realização de estudos para desenvolver estratégias de recuperação dos solos já salinizados. E a partir de então, através de trabalhos de extensão rural e assistência técnica, orientar e construir junto aos agricultores, técnicas mais apropriadas de manejo desses solos.

A aplicação de condicionadores de solos é utilizada com êxito na recuperação dos solos salinos e sódicos existentes. Os mesmos estão sendo avaliados não só isoladamente, mas associados também. Como estratégia de aproveitamento de áreas salinizadas também vem sendo adotado o cultivo de espécies halófitas e de espécies forrageiras que apresentam adaptação às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, onde os solos afetados por sais e sódio são frequentes. Estas plantas apresentam potencial para sobreviver e até mesmo promover a recuperação destes solos, no caso das halófitas fitoextratoras de sais, além de ser fonte de alimento aos animais na região.

Associando a rusticidade destas plantas às combinações de condicionadores de solo, espera-se atenuar os efeitos deletérios da salinidade às plantas, e consequentemente, melhorar o desenvolvimento vegetal nessas condições e viabilizar a agricultura bioassalada. Isto auxiliará no entendimento do mecanismo destas espécies para tolerar os altos teores de sais aos quais serão submetidas e de que forma esta mistura dos condicionadores testados contribuem para produção vegetal.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo geral avaliar o desempenho de três espécies forrageiras adaptadas ao semiárido e o potencial da mistura de condicionadores de solo, como estratégia para utilização de áreas degradadas por sais. Como objetivos específicos: verificar a espécie que se desenvolve melhor em um solo salino-sódico, mediante respostas fotossintéticas das plantas sob a aplicação de misturas de condicionadores; estudar as alterações nas propriedades do solo submetido à aplicação das misturas de condicionadores e cultivo de forrageiras; possibilitar a utilização de áreas degradadas por excesso de sais no semiárido de Pernambuco, favorecendo a agricultura bioassalada da região; contribuir com informações para as pesquisas que visam combinar técnicas e elaborar estratégias de recuperação de solos salinos e sódicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A salinidade do solo no Semiárido brasileiro e no mundo

A humanidade vive hoje o desafio de encontrar técnicas para produzir alimento suficiente e de maneira sustentável, para atender uma população que vem crescendo de forma intensa e acelerada. Entretanto, a pressão econômica para atender esta demanda e produzir alimentos em quantidade, tem contribuído com a degradação dos solos pela erosão, salinização, desertificação, compactação entre outros processos resultantes, principalmente, da ação antrópica através de um manejo inadequado do solo, de irrigação e drenagem. Um solo degradado é caracterizado pela modificação de seus atributos físicos, químicos e biológicos que comprometem a viabilidade do mesmo para os cultivos agrícolas (PEDROTTI et al., 2015).

Segundo a FAO (2011), em um estudo que avaliou o grau de degradação dos solos no mundo, a classificação é de: 8,0% moderadamente degradados; 10% em recuperação; 25% degradados; e 36% apresentam-se estáveis ou levemente degradados. Os outros 20% representam áreas sem cobertura vegetal (18%) ou cobertas por água (2,0%). Neste caso, a

deterioração dos solos estaria relacionada com práticas agrícolas intensivas que provocaram perda da biodiversidade e poluição de mananciais superficiais e subterrâneos devido ao uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos nas lavouras.

Analisando o fator de degradação “salinização e sodificação”, observa-se que já foi comprometida uma superfície de 9.500.000 km², que equivale a 7,0% de toda a superfície terrestre, como consequência de processos naturais relacionados à formação do próprio solo, mas fundamentalmente, pela atividade humana. Estes solos encontram-se na Austrália, Ásia, América do Sul e África (PEDROTTI et al., 2015).

No Brasil, solos salinos e sódicos ocorrem, predominantemente, na região Nordeste, em menor proporção no Rio Grande do Sul e no Pantanal Mato-grossense (RIBEIRO et al, 2003). Este grave problema ambiental tem sido responsável por perdas na agricultura, inviabilizando o uso de áreas já cultivadas e novas áreas agricultáveis. Segundo Holanda et al. (2007) e Ribeiro et al. (2016), os solos salinos concentram-se nas regiões áridas e semiáridas por causa de suas características climáticas, que são: precipitação pluvial anual inferior a evapotranspiração potencial, associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização, drenagem deficiente e à utilização de água de má qualidade.

De acordo com Freire et al. (2016) e Ribeiro et al. (2016), um agravante da degradação dos solos no semiárido brasileiro é que, além do clima resultar em um déficit hídrico anual e das estiagens prolongadas, a baixa qualidade da maioria das fontes de água, especialmente a subterrânea, tem intensificado a salinização de solos. Embora tenham altos teores de sais, essa água acaba sendo a única alternativa para alguns agricultores irrigarem suas culturas. Leite et al. (2010) destacam, ainda, que o excesso de sais e sódio nas áreas semiáridas irrigadas, respondem pela maior perda da capacidade produtiva dos solos.

A grande problemática do excesso de sais e sódio trocável se deve aos seus efeitos deletérios sobre as características físico-químicas do solo e sobre as plantas. A princípio, desencadeia a redução na disponibilidade de água e de nutrientes às plantas, uma vez que os sais exercem forte influência no potencial osmótico da solução do solo. O alto teor de sódio, por sua vez, provoca a dispersão das argilas e consequentemente desestruturação do solo, reduzindo drasticamente a aeração do mesmo (LEAL et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2013; PEDROTTI et al., 2015). Segundo Silveira et al. (2016), estes são os efeitos osmóticos, aqueles que primeiro se manifestam e afetam às plantas, em virtude do estresse salino.

Ainda de acordo com estes autores, na sequência, as plantas começam a sofrer os efeitos iônicos pela toxidez, principalmente ao sódio, boro, bicarbonatos e cloretos, que

passam a ser absorvidos e acumulados nos tecidos da planta, pela não seletividade durante a absorção. Isso ocasiona danos nutricionais e metabólicos capazes de comprometer seus processos fisiológicos básicos, como a fotossíntese, e consequentemente, a sobrevivência da planta submetida a esse tipo de estresse. A condição de salinidade do solo pode inclusive, inibir o processo de germinação das sementes e o desenvolvimento das raízes, além de promover uma série de distúrbios fisiológicos (LEAL et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2013; PEDROTTI et al., 2015; SILVEIRA et al. 2016).

Diante do desafio de produzir alimentos em condições de salinidade, no Semiárido brasileiro, é fundamental estudar e desenvolver técnicas que proporcionem a convivência com esta realidade, para que se possa exercer a agricultura bioassalada, isto é, a agricultura em ambiente salino, seja devido ao uso das águas subterrâneas na irrigação, ou através do uso dos solos sódicos, típicos da região com vegetação de Caatinga (DANTAS et al., 2014). Como também, desenvolver estratégias que permitam sua recuperação por meio da diminuição da concentração dos sais solúveis e do sódio trocável no perfil do solo, que possibilitem a manutenção da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas (LEAL et al., 2008; PEQUENO et al., 2014).

Atualmente, a recuperação desses solos vem sendo realizada pela aplicação de condicionadores químicos, seguida da aplicação de uma lâmina de lixiviação; adição de matéria orgânica e uso de máquinas e implementos, no intuito de descompactar o solo e recuperar sua estrutura; pelo uso de vegetação halófila capaz de realizar fitoextração de sais solúveis, devido seu metabolismo (LEAL et al., 2008; PEQUENO et al., 2014).

2.2. Condicionadores do solo como atenuadores do estresse salino sobre as plantas

Dentre os condicionadores existentes, o gesso agrícola é o mais utilizado no Brasil, na recuperação dos solos salino-sódicos e sódicos, atuando também como fonte de cálcio. Apesar do seu baixo custo e praticidade, é importante ressaltar que a eficiência deste método de recuperação depende de diversos fatores, como a dose, a forma de aplicação e granulometria do condicionador. Além disso, requer água de boa qualidade para lixiviar os sais, sendo este um recurso escasso no semiárido (VASCONCELOS et al., 2013; PEDROTTI et al., 2015).

Leite et al. (2010), em ensaio realizado com gesso agrícola e ácido sulfúrico como corretivos em um solo salino-sódico, perceberam que o gesso agrícola favoreceu mais a redução da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) e porcentagem de sódio

trocável (PST). O gesso foi mais eficiente na extração do sódio do complexo sortivo para a solução do solo, sendo posteriormente lixiviado com as sucessivas lavagens.

Outro corretivo utilizado é o enxofre elementar. Araújo et al. (2015), testando o enxofre e o gesso, observaram aumento da fertilidade de um solo salino-sódico, sendo que o enxofre além de melhorar os atributos químicos, foi mais eficiente que o gesso na diminuição do pH. Todavia, a aplicação do sulfato também provocou a redução do Na^+ trocável e ainda permitiu maior fornecimento de Ca^{2+} ao solo, em relação ao outro condicionador.

De acordo com Santos et al. (2016) a adição de matéria orgânica ao solo, além de favorecer a fertilidade, é uma importante fonte de cargas negativas no solo. É a responsável tanto pela retenção quanto pela liberação de nutrientes para a solução do solo, especialmente o N, P e S através do processo de mineralização, contribuindo com a melhoria do solo em termos químicos, físicos e biológicos. Por essa razão, o uso de fontes de matéria orgânica como esterco e compostos orgânicos também tem sido bastante frequente no semiárido, em virtude dos seus efeitos positivos sobre as características físicas dos solos salinizados. Estes auxiliam na recuperação da estrutura e porosidade de tais solos, além de disponibilizar nutrientes que podem favorecer o crescimento das plantas cultivadas em condições de estresse salino.

Freire et al. (2016) obtiveram bons resultados em uma pesquisa com a utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de gliricídia irrigadas com água em diferentes níveis de salinidade. Os pesquisadores observaram que o uso do biofertilizante permitiu maior emergência das sementes e crescimento epígeo das plantas, enquanto que a salinidade da água comprometeu significativamente o crescimento da gliricídia nos tratamentos em que biofertilizante bovino não foi utilizado. Este ainda minimizou os efeitos deletérios dos sais ao crescimento radicular da gliricídia.

Por essa razão, é fundamental realizar ainda mais estudos acerca dos produtos destinados à recuperação de tais solos, não só isoladamente, mas em misturas de condicionadores, bem como associá-los ao método de fitorremediação, para verificar se os resultados no processo de reincorporação destes solos ao sistema produtivo serão potencializados, isto é, mais eficazes e eficientes na atenuação da salinidade.

2.3 Culturas tolerantes a salinidade

Segundo Freire et al. (2010), a capacidade de sobreviver sob condições salinas é fundamental para a distribuição geográfica das plantas, especialmente as agrícolas localizadas em regiões com solos salinizados.

As halófitas, por exemplo, são utilizadas pela sua capacidade de acumular ou excluir íons de forma seletiva; por controlar a entrada de íons pelas raízes e transporte para as folhas; o acúmulo de íons a nível celular em seus vacúolos, e estrutural pelas folhas; síntese de osmólitos; alterações nas vias fotossintéticas; modificações nas estruturas das membranas; indução de hormônios e de enzimas (PEDROTTI et al., 2015). Nas regiões semiáridas da Austrália, destacam-se as halófitas do gênero *Atriplex* pelo fácil estabelecimento, potencial forrageiro e suporte proteico, com boa palatabilidade. A *A. nummularia*, por exemplo, é capaz de absorver $1,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de sais solúveis (LEAL et al., 2008).

O sorgo sudão (*Sorghum sudanense*), também conhecido como capim sudão, é uma gramínea anual, precoce, de origem africana e adaptada ao semiárido. Apresenta elevada eficiência de uso de água, resistência à seca e ainda possui aptidão expressiva para produção de forragem, na forma de feno, silagem ou pastejo. Visando utilização na pecuária bovina na região semiárida, foi selecionada e introduzida a variedade *sudan 4202* em Pernambuco, que possui alta tolerância ao déficit hídrico, alta tolerância à salinidade (até 10 dS m^{-1}), produção de $8\text{-}12 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca, baixo teor de ácido cianídrico, e de $900\text{-}1500 \text{ kg ha}^{-1}$ de proteína bruta (EMBRAPA, 1990). Por isso, vem sendo utilizada em diversos trabalhos como estratégia no manejo de solos salinizados.

De acordo com Pereira & Herling (2016), as leguminosas são importantes ferramentas na recuperação de áreas degradadas, pois aumentam o aporte de N para o ecossistema, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e, conseqüentemente, a pressão ambiental. Também permitem um aumento na oferta e valor nutritivo de forragem em algumas épocas do ano, favorecem a atividade biológica do solo em pastos consorciados, contribuindo para a velocidade de ciclagem de nutrientes e a redução de perdas pela incorporação dos resíduos, atuando para o aumento dos estoques de carbono. As leguminosas de rápido crescimento, podem, ainda, oferecer a possibilidade de gerar renda para os produtores, por meio da produção de madeira para lenha, carvão, celulose, forragem, utilização como quebra-vento (FREIRE et al., 2010).

A gliricídia, ainda não é reconhecida como espécie tolerante à salinidade. Em pesquisa realizada com a espécie *Gliricidia sepium* (Jacq. Walp), submetendo-a a estresse salino para avaliar germinação, crescimento e nutrição mineral nessas condições, Farias (2008) verificou que os teores crescentes de NaCl reduziram expressivamente os teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas raízes e folhas de gliricídia. Por outro lado, o aumento da salinidade provocou reduções nos parâmetros de crescimento e teores de macronutrientes. Todavia, constatou que as sementes de gliricídia apresentaram maior tolerância ao NaCl do que ao Polietileno glicol (PEG-6000).

Entretanto, por ser uma leguminosa arbórea cujo sistema radicular é profundo, permitindo maior tolerância ao déficit hídrico, e, ainda, de rápido crescimento, alta capacidade de rebrota e de múltiplos usos, incluindo seu potencial forrageiro, pode vir a ser uma alternativa para recuperação de áreas de caatinga degradada (CARVALHO FILHO et al., 1997). Tais características tem motivado a realização de estudos para avaliar seu comportamento em meio ao estresse salino também.

Trata-se de uma espécie promissora para o Semiárido e, associada a outros métodos de recuperação, poderá sobreviver nos ambientes salinos, devido a sua rusticidade e pode contribuir com produção de alimentos para os animais, como cerca viva ou na adubação verde, entre outras possibilidades.

Sendo assim, as espécies citadas podem ter potencialidade de uso em áreas acometidas pela salinidade, visto que são adaptadas ao semiárido brasileiro, ao clima da região e com características favoráveis, como sistema radicular profundo, podendo melhorar a estrutura dos solos afetados por sais. Com o uso de condicionadores, o desempenho das mesmas pode ser incrementado, devido às reações químicas que estes podem promover. No caso da matéria orgânica, contribui com os atributos físicos e biológicos do solo. Nessa perspectiva, este trabalho pretende investigar o desenvolvimento de algumas espécies forrageiras em um solo salino-sódico e a influência de alguns condicionadores sobre o desempenho destas plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em casa de vegetação, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Serra Talhada – PE. O solo utilizado foi um Cambissolo Flúvico, coletado na área experimental da Escola Técnica Estadual do referido município, na camada superficial (0-20 cm). Em seguida foi seco ao ar,

destorroado e peneirado em malha de 2 mm para as análises de caracterização química e física (Tabela 1); e em malha de 4 mm para a montagem do experimento. Trata-se de um solo de textura franco siltosa, caracterizado como salino-sódico, em função dos resultados de porcentagem de sódio trocável (PST), de pH e de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) (RICHARDS, 1954).

Tabela 1 Caracterização física e química da camada superficial (0-20cm) do solo estudado antes da experimentação.

pH _(H2O)	CE _{es}	P	K ⁺	Na ⁺	CTC	PST	Argila	Silte	Areia	Ds
	dS m ⁻¹	mg.Kg ⁻¹	-----	cmol.c.kg ⁻¹ -----		-----	% -----			g cm ⁻³
6,1	29,00	83,86	0,48	7,77	21,73	35,75	17	34	49	1,38

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições em arranjo fatorial 3 x 4, sendo três espécies forrageiras e quatro diferentes misturas de condicionadores de solo, totalizando 12 tratamentos, contabilizando 48 unidades experimentais.

Na montagem do experimento, todo solo peneirado foi homogeneizado e acondicionado em vasos de polietileno com 14 kg de solo, onde foram aplicadas as misturas dos condicionadores químicos: T1: testemunha (sem condicionador de solo), T2: gesso + matéria orgânica, T3: enxofre elementar + matéria orgânica, T4: gesso + matéria orgânica + enxofre elementar.

As doses de gesso e de enxofre foram 100% da necessidade de gesso e de enxofre, calculadas com base nos resultados da caracterização química do referido solo. Desta forma, as doses definidas foram de 16,89 t ha⁻¹ de gesso e 3,97 t ha⁻¹ de enxofre, sendo aplicados 86 g vaso⁻¹ de gesso e 21 g vaso⁻¹ de enxofre. Com relação à matéria orgânica, utilizou-se um composto orgânico à base de esterco bovino, e foram aplicados 150g vaso⁻¹, equivalente a 30 t ha⁻¹, de acordo com Miranda et al. (2011).

Os condicionadores foram bem incorporados ao solo, a uma profundidade de 20 cm do vaso, e em seguida, receberam o volume de 3,0 L de água, o necessário para levá-los a umidade na capacidade de campo. Esta foi previamente determinada por diferença de massa de um vaso com solo seco, que foi saturado por capilaridade, e a massa do solo úmido depois de cessada a drenagem natural. A aplicação de água foi realizada a cada 48 horas, por 30 dias, para promover as reações químicas entre corretivos e sais presentes nas argilas do solo.

Passados 30 dias da aplicação dos condicionadores os solos foram submetidos ao cultivo de três forrageiras adaptadas ao semiárido, sendo uma halófita, a *Atriplex* (*Atriplex nummularia*), uma leguminosa – a *Gliricídia* (*Gliricidia sepium*) e uma gramínea – o sorgo Sudão (*Sorghum sudanense*). As mudas de gliricídia e de sorgo, foram transplantadas aos 55 dias após a semeadura e após dez dias de aclimação. Quanto às mudas de *Atriplex*, foram fornecidas pela Escola Técnica Estadual de Serra Talhada, propagadas por estaquia e transplantadas aos 120 dias.

A irrigação foi realizada aplicando-se uma lâmina equivalente a 40% da capacidade de campo do solo, isto é $1200 \text{ mL vaso}^{-1}$, em dias alternados, totalizando um turno de rega de 48 horas. A água utilizada na irrigação do experimento apresentou um $\text{pH}=6,54$ e $\text{CE}=0,735 \text{ dS.m}^{-1}$, classificada como água da classe C2, com risco de salinidade moderado (AYERS & WESTCOT, 1991).

Completados 60 dias do transplântio, as plantas foram coletadas rente ao solo para pesagem da massa fresca da parte aérea, que foi seca em estufa a 65°C até peso constante, para obtenção da massa seca. O sistema radicular foi separado do solo utilizando água corrente e peneira, sendo obtida a massa fresca e seca das raízes. A matéria seca da parte aérea e raízes foi moída, para a determinação dos teores de sódio, potássio e cloreto nas folhas, hastes e raízes da *A. nummularia*. Sendo o sódio extraído por fervura em água e o potássio por titulação em nitrato de prata. Ambos dosados por fotometria de emissão de chama (MALAVOLTA et al., 1989). Posteriormente, foram calculados os conteúdos extraídos e acumulados na parte aérea e raízes das plantas em função da salinidade aplicada.

Com base nos teores dos elementos foi calculado o fator de transferência do Na (FTNa), por meio da equação (1), conforme SAEFL (1998):

$$(1) \quad FTNa = \frac{Na_{folhas}}{Na_{solo}}$$

e a eficiência de absorção do Na (EANA), pela equação (2), conforme Benzarti et al. (2014):

$$(2) \quad EANA \left(\mu\text{molK} / \text{mgMSraiz} \right) = \frac{Na_{totalda\text{planta}}}{Na_{MSraiz}}$$

Sendo Na_{folhas} , o teor de sódio nas folhas; Na_{solo} , o teor de sódio no solo; Na_{total} da planta, conteúdo de sódio na planta; Na_{MSraiz} , o teor de sódio na massa seca das raízes.

Para a avaliação dos atributos químicos do solo ao final do experimento, foram coletadas amostras de cada vaso, submetidas às análises dos elementos solúveis, com o

preparo da pasta de saturação (RICHARDS, 1954). No extrato da pasta saturada foi medida a condutividade elétrica (CE a 25°C) e o pH em água. Os cátions trocáveis Na^+ e K^+ foram extraídos com solução de acetato de amônio 1 mol L^{-1} e determinados por fotometria de emissão de chama (RICHARDS, 1954).

Os dados obtidos foram submetidos a uma verificação e constatação da distribuição normal e homocedasticidade, premissas da análise de variância. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância com as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência das plantas ao estresse salino

Transcorridos os 60 dias de experimento, houve sobrevivência de apenas 25% das plantas de sorgo Sudão, o que corresponde a quatro exemplares da espécie e, ainda, 18,75% de gliricídia, ou seja, três indivíduos. Este resultado decorre do elevado nível de estresse salino a que essas espécies glicófitas foram submetidas e, provavelmente, pelo período de ação dos condicionadores de solo ter sido insuficiente, para atenuar os efeitos deletérios da salinidade, sobre os atributos físicos e químicos do solo e às plantas sensíveis aos sais.

Dias et al. (2016), afirmam que a sensibilidade das plantas à salinidade depende, em primeiro lugar, do tipo de sal, método e frequência de irrigação e das condições climáticas. Fernandes et al. (2016) acrescentam que a capacidade da planta em controlar a absorção e o transporte dos sais, bem como a sua compartimentalização em órgãos menos ativos fisiologicamente, também são determinantes da tolerância das plantas à salinidade. Todavia, as glicófitas são bem menos eficientes no processo de ajuste osmótico e compartimentalização dos íons em relação às halófitas. Por isso, são mais sensíveis ao estresse salino e, dependendo do nível, tem seu crescimento, expansão da superfície foliar e metabolismo do carbono primário comprometidos, tendendo ao total colapso dos processos celulares e, até mesmo, à morte da planta (FERNANDES et al., 2016).

Vale destacar que a morte das plantas de sorgo concentraram-se nos primeiros 15 dias de experimento, a partir de então houve estabilidade da população conduzida no ensaio. Enquanto a mortalidade das mudas de gliricídia foi mais distribuída ao longo do período de investigação.

Todos os indivíduos de sorgo sobreviventes, mesmo diante da intensidade do estresse salino a qual foram sujeitos, conseguiram emitir inflorescências e perfilhos (Figura 1d). Além disso, apresentaram os sintomas típicos da toxicidade aos sais, que podem ser vistos na Figura 1b e 1c, com queima do bordo do limbo foliar. Na Figura 1a, apresenta-se uma muda de sorgo antes do transplantio.



Figura 1 Exemplar de sorgo antes do experimento (a); Efeito do estresse salino sobre o sorgo, durante o experimento (b), (c) e (d); Serra Talhada-PE, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.

As plantas de glicíndia também apresentaram tais sintomas, que podem ser visualizados na Figura 2b. Além deste, verificou-se murcha (Figura 2b), provavelmente devido ao elevado potencial osmótico da solução do solo, e abscisão das folhas (Figura 2c) poucos dias após o transplantio das mudas. Posteriormente, as plantas emitiram brotos e foi então observada a diminuição da área foliar, conforme a Figura 2d.

Estas espécies, por serem glicófitas, sofreram toxidez pelo excesso dos sais, especialmente pelo sódio e cloreto, que inibem o desenvolvimento das raízes, alteram o potencial osmótico da solução do solo e provocam distúrbios fisiológicos (LEAL et al. 2008; VASCONCELOS et al., 2013; PEDROTTI et al., 2015).

De acordo com Dias et al. (2016), os sintomas de toxicidade surgem uma vez que os íons presentes na solução do solo são absorvidos e acumulados nos tecidos vegetais, provocando queda no rendimento, como resultado de um desbalanceamento osmótico celular. Este é sucedido pela toxidez iônica que ocasiona danos ao citoplasma e que são refletidos na bordadura e no ápice das folhas, especialmente nas mais velhas, pois, em decorrência da transpiração, os sais absorvidos do solo tornam-se excessivos na folha, isto é, acima do seu nível de tolerância.

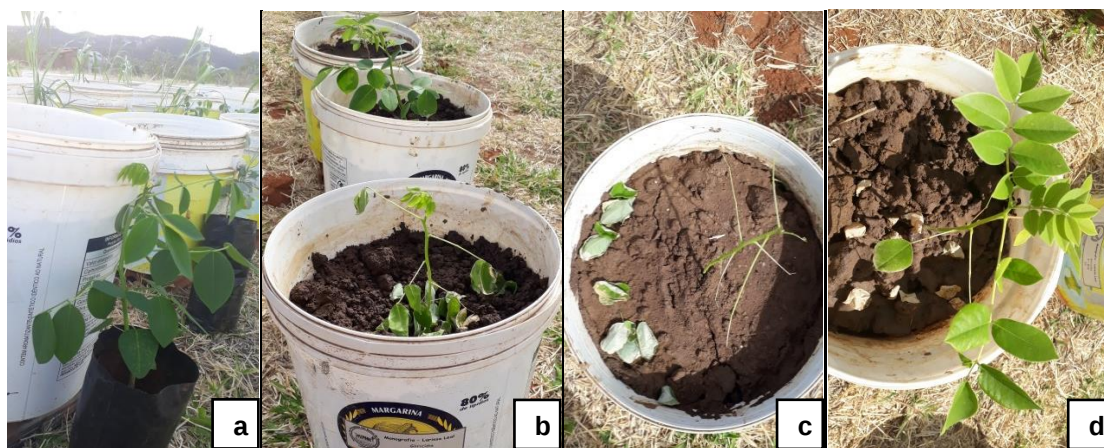


Figura 2 Exemplar de gliricídia antes do experimento (a). Efeito do estresse salino sobre a gliricídia, durante o experimento (b), (c) e (d). Serra Talhada-PE, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.

Ainda segundo estes autores, tais sintomas de toxidez salina são decorrentes, principalmente, do cloreto, sódio e boro, sendo a necrose da borda um sintoma típico do excesso de sódio, e o amarelecimento, queima do ápice e abscisão foliar característico da toxidez pelo cloreto.

Contudo, é fundamental a continuidade de estudos com estas espécies, pois, apesar do baixo percentual de sobrevivência, em outras condições, em um nível de salinidade do solo menor, as mesmas podem apresentar melhores resultados, menor mortalidade, auxiliando no processo de recuperação das áreas degradadas por sais. Sendo assim, procederam-se as avaliações apenas com as plantas de *A. nummularia*.

4.2 Crescimento e nutrição da *Atriplex nummularia* em resposta aos condicionadores testados

Verificou-se que as misturas de condicionadores não influenciaram significativamente a massa fresca das frações (folhas, hastes e raízes) nem total da planta, pois não houve diferença significativa em relação à testemunha.

Para as variáveis hastes, raízes e massa fresca total, a aplicação de S^0+MO proporcionou um incremento de 20%, 13% e 11%, quando comparada à testemunha (Figura 3). Melo et al. (2016), em seu estudo com a *A. nummularia*, submetendo-a a um estresse hídrico e salino, através da água de irrigação de CE_a 20 dS m^{-1} e umidade do solo em 37% da

CC, observaram médias de 9,82; 8,43; e 6,38 g de massa fresca de folhas, hastes e raízes, respectivamente.

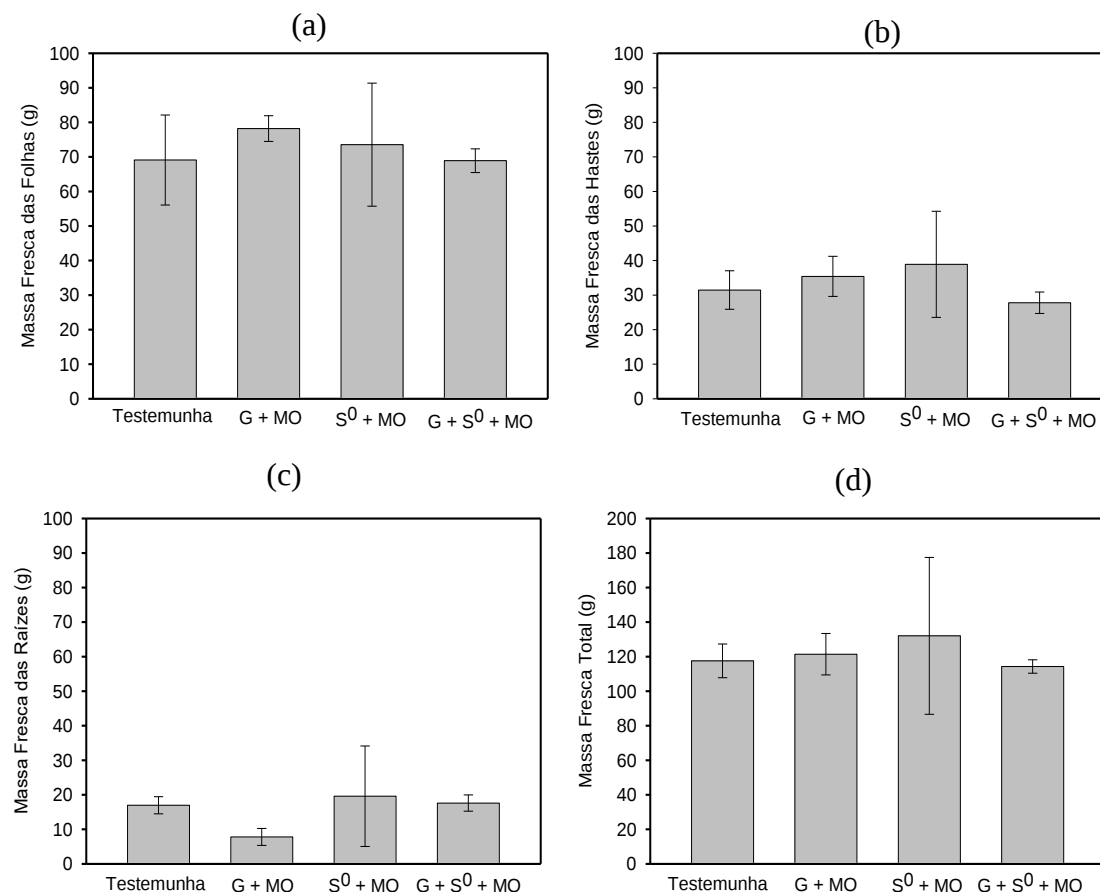


Figura 3. Valores médios ($n = 4$) de massa fresca das folhas (a), hastes (b), raízes (c) e total (d) de *Atriplex nummularia* aos 60 dias após o transplante, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S⁰), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha).

Este padrão se repetiu para as massas seca total e das frações avaliadas. Também não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a matéria seca total das plantas, isto é, a utilização dos condicionadores de solo não interferiu sobre a mesma (Figura 4d).

Quanto à massa seca das folhas, foi superior nas plantas que receberam o G+MO, atingindo os 18,40 gramas, superando em 8% a da testemunha. As médias observadas no presente trabalho foram superiores às obtidas por Melo et al. (2016), de 2,6; 4,7 e 2,1 g de massa seca de folhas, hastes e raízes, respectivamente.

Oliveira (2017), avaliando a *A. nummularia* durante 163 dias, sob irrigação com água de rejeito salino com condutividades elétricas entre 0,39 e 3,63 dS m⁻¹, e o efeito da umidades dos solos a 50 e 100% da capacidade de campo (CC), obteve maior média de massa seca das

folhas e parte aérea na condutividade de $2,79 \text{ dS m}^{-1}$ e umidade de 100% da CC alcançando, aproximadamente, 16,0 e 48,0 g, respectivamente. Por outro lado, no presente estudo, as hastes apresentaram maior massa na ausência dos condicionadores 17,06 g.

A sobrevivência, o crescimento e a produção da *A. nummularia* no nível de salinidade experimentado neste trabalho foram possíveis graças às características (morfológicas, fisiológicas e anatômicas) que as halófitas possuem que, juntas, possibilitam a adaptação e, até mesmo, que as plantas tirem proveito do ambiente salino (FLOWERS & COLMER, 2008).

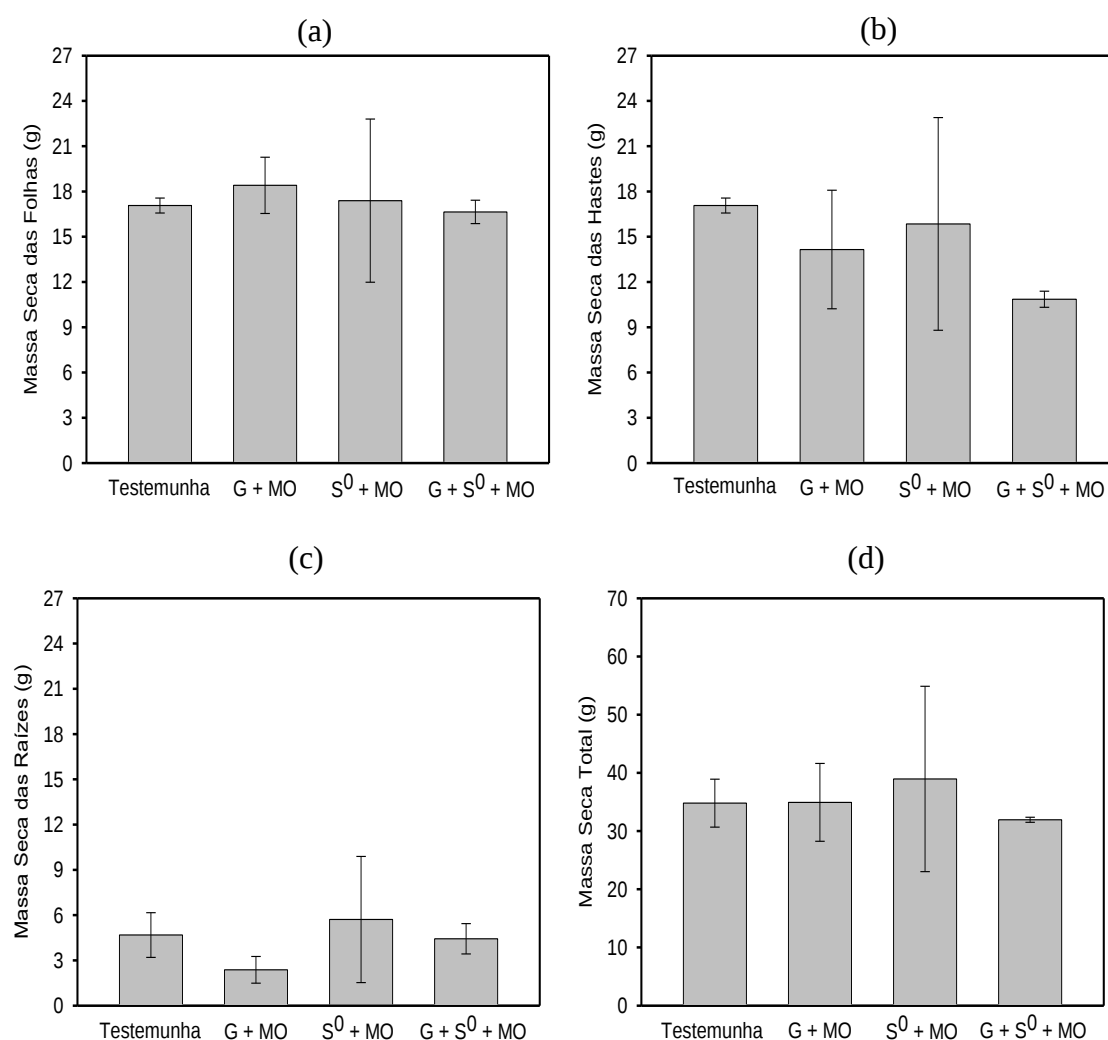


Figura 4. Valores médios ($n = 4$) de massa seca das folhas (a), hastes (b), raízes (c) e total (d) de *Atriplex nummularia* aos 60 dias após o transplântio, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S⁰), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha).

A eficiência do mecanismo de ajustamento osmótico, a capacidade de alocar os sais nos tecidos e de reduzir a abertura estomática durante o dia, aumentando a eficiência no uso de água sem interferir na assimilação do CO₂, são fatores determinantes para adaptação da atriplex ao excesso de sais, como foi colocado por Oliveira (2017). O ajuste osmótico consiste no aumento líquido na concentração de solutos na célula, por meio da síntese e mobilização de solutos orgânicos e ainda, a absorção e/ou migração para outros tecidos de solutos inorgânicos, especialmente dos próprios íons salinos como o K⁺. Isso reduz o potencial osmótico e eleva o potencial de turgescência da célula, viabilizando a absorção de água e a manutenção do crescimento celular, primeiros fatores a impactarem as espécies glicófitas submetidas ao estresse salino (SILVEIRA et al., 2016).

Além disso, a atriplex é capaz de absorver sais e armazenar no vacúolo das células dos pelos vesiculares (semelhantes aos tricomas), tornando mais negativo o potencial osmótico da célula (FLOWERS & COLMER, 2008).

Com relação aos íons nos diferentes compartimentos da planta, foi constatado efeito significativo dos condicionadores de solo sobre o teor dos elementos sódio, potássio e cloreto presentes nas raízes (Tabela 2). Houve maior concentração de sódio nas raízes das plantas submetidas ao tratamento G+MO, atingindo um valor médio de 16,08 g kg⁻¹ deste elemento, correspondendo a quase o quádruplo do teor verificado nas raízes das plantas do tratamento testemunha (4,45 g kg⁻¹). Souza et al. (2011), avaliando a fitoextração de sais pela Atriplex aos 134 dias, em diferentes níveis de umidade do solo, chegaram a um teor médio de 15,29 g kg⁻¹ nas raízes das plantas. Estes resultados corroboram ainda com os obtidos por Leal et al. (2008), que observaram maior teor de sódio nas folhas, quando utilizaram o gesso de jazida e diferentes classes de salinidade da água de irrigação. Estes últimos encontraram, em média 7,67 g kg⁻¹ de sódio aos 70 dias de cultivo da *Atriplex nummularia* e, ainda, 2,96 g kg⁻¹ nas raízes, ambos inferiores aos valores encontrados neste ensaio.

Por outro lado, o potássio esteve presente em maior concentração nas raízes das plantas submetidas ao tratamento G+S⁰+MO, ao ultrapassar os 10 g kg⁻¹ do elemento, diferiu estatisticamente da testemunha e do tratamento G+MO, e ainda superou o valor de 7,09 g kg⁻¹ observado por Souza et al. (2011). Neste ensaio, as raízes das plantas apresentaram o menor teor de potássio (6,08 g kg⁻¹) na ausência de condicionadores.

Tabela 2. Teores médios (n = 4) de sódio, potássio, relação Na/K e cloro em raízes, hastes e folhas de *Atriplex nummularia* em função dos condicionadores testados, aos 60 dias do transplântio.

Tratamento	Na	K	Na/K	Cl
g kg ⁻¹				
Raiz				
Testemunha	4,45 c	6,08 c	0,73 c	31,33 b
G + MO	16,08 a	7,59 bc	2,11 a	35,00 ab
S ⁰ + MO	12,05 b	8,81 ab	1,36 b	39,00 a
G + S ⁰ + MO	11,01 b	10,26 a	1,09 bc	39,67 a
Haste				
Testemunha	1,42 c	2,35 a	0,60 b	31,33 b
G + MO	3,42 a	2,56 a	1,34 a	35,00 ab
S ⁰ + MO	2,04 b	1,58 b	1,29 a	39,00 a
G + S ⁰ + MO	1,76 bc	1,45 b	1,21 a	39,67 a
Folha				
Testemunha	33,74 c	1,14 c	29,4 ab	85,00 b
G + MO	44,91 b	1,42 bc	31,5 a	93,33 ab
S ⁰ + MO	48,65 a	1,98 a	24,4 c	99,67 a
G + S ⁰ + MO	43,26 b	1,72 ab	25,3 bc	100,66 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Percebe-se que a relação de Na/K também foi favorecida pelo G+MO, pois houve diferença significativa quando comparada aos demais tratamentos. O teor cloreto, por sua vez, se sobressaiu nas raízes das plantas que receberam os condicionadores, sendo o G+S⁰+MO o que provocou maior concentração deste sal, em média 39,67 g kg⁻¹. Em seguida, veio o tratamento S⁰+MO, com média de 39,00 g kg⁻¹ e o G+MO com média de 35,00 g kg⁻¹, diferindo estatisticamente das plantas do tratamento testemunha, que apresentou uma média de 31 g kg⁻¹. Para este íon, Souza et al. (2011) observaram uma média bem inferior às obtidas neste experimento, ficando em 19,96 g kg⁻¹. Enquanto Melo et al. (2016) obtiveram apenas 18 g kg⁻¹ nas raízes. Possivelmente, porque nestes dois trabalhos não foi aplicada nenhuma fonte de sulfato para competir com o cloreto, liberando-o para absorção pelas plantas.

Nas hastes, a concentração de sódio foi superior nas plantas submetidas à combinação G+MO (3,42 g kg⁻¹) diferindo da testemunha, com uma concentração 2,4 vezes maior que a verificada nessas plantas, que absorveram em média 1,42 g kg⁻¹. Com relação ao teor de potássio, o tratamento S⁰+MO e a testemunha não apresentaram diferença significativa, pois a média ficou torno de 2,5 g kg⁻¹. A mistura G+S⁰+MO foi responsável pela menor concentração deste elemento.

Verificou-se, ainda, que os condicionadores influenciaram a relação Na/K e o teor de cloreto, resultando em médias superiores às das plantas da testemunha, porém que não diferiram entre si (Tabela 2). Estes valores foram inferiores aos obtidos por Souza et al. (2011), cujo teor de sódio, potássio e cloro nas hastes atingiram 10,50; 13,01 e 26,52 g kg⁻¹, respectivamente. Melo et al. (2016) também observaram valores superiores aos do presente trabalho, chegando a 15, 16 e 35 g kg⁻¹ de sódio, potássio e cloreto, na mesma ordem.

Quanto às folhas, o efeito dos condicionadores foi significativo, pois os maiores teores de sódio e de potássio foram percebidos nas plantas submetidas ao tratamento S⁰+MO, que resultaram em 48,65 e 1,98 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto a testemunha teve concentrações de apenas 33,74 e 1,14 g kg⁻¹, respectivamente. Melo et al. (2016) verificaram teores nas folhas em torno de 110 g kg⁻¹, nas hastes 15 g kg⁻¹ e nas raízes 50 g kg⁻¹ do elemento sódio.

As maiores concentrações dos elementos salinos nas folhas, principalmente de sódio e cloreto, pode ser explicada pelo fato de que nessa parte vegetal encontram-se pequenas vesículas e pelos epidérmicos em maior quantidade, estruturas que acumulam e expelem os sais para diminuir as concentrações no citoplasma. Além disso, para as halófitas de metabolismo C₄, como a atriplex, o sódio constitui um micronutriente, uma vez que atua na translocação de piruvato através do revestimento de cloroplastos (FREIRE et al., 2010; OLIVEIRA, 2017).

A relação de Na/K e o teor de cloreto também foram favorecidos pelo uso dos corretivos, uma vez que o tratamento G+MO proporcionou maior relação Na/K e que o G+S⁰+MO promoveu a presença de 100,66 g kg⁻¹ de cloreto nas folhas, superando em 15,5% a concentração observada nas plantas testemunhas.

Souza et al. (2011) obtiveram médias ainda maiores para estes íons nas folhas de Atriplex, alcançando 124,73 g kg⁻¹ de sódio, 19,33 g kg⁻¹ de potássio e 149,45 g kg⁻¹ de cloro após 134 dias de cultivo da Atriplex. E, ainda, apontaram que é preferível ter uma alta relação Na/K, pois indica maior absorção de sódio em relação ao potássio, o que, por sua vez, diminui o desequilíbrio iônico nestes solos, fator almejado em trabalhos de recuperação de áreas salinas.

4.3 Atributos do solo

Foi possível verificar o efeito significativo do uso dos corretivos sobre as características químicas do solo estudado (Tabela 3). O pH não apresentou grande variação em relação ao pH inicial de 6,1, assim como no trabalho de Souza et al (2011). O único

tratamento que resultou em redução do pH foi a combinação G+S⁰+MO, que o reduziu para 5,94. Embora o solo contivesse altíssimo teor de sais, o pH não era alcalino pois se tratavam de sais neutros.

Tabela 3. Valores médios (n = 4) de pH, condutividade elétrica (CE), Na⁺ e K⁺ trocáveis, e percentagem de sódio trocável (PST) do solo, em função dos condicionadores testados, aos 60 dias do transplante de *Atriplex nummularia*

Tratamento	pH	CE (dS m ⁻¹)	Na ⁺ — cmol _c kg —	K ⁺	PST (%)
Testemunha	6.15 a	12.22 a	1,37 a	0,32 a	6,32 a
G + MO	6.23 a	9.03 b	1,05 b	0,13 b	4,84 b
S ⁰ + MO	6.26 a	11.61 ab	1,08 b	0,13 b	4,98 b
G + S ⁰ + MO	5.94 b	9.57 b	1,04 b	0,11 b	4,85 b

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Por outro lado, a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) foi reduzida drasticamente durante o experimento (Tabela 3). A maior redução foi provocada pelo G+MO, que passou de 29 para 9,03 dS m⁻¹, diferindo significativamente dos demais. Os teores de Na⁺ e K⁺ no solo também foram influenciados pelo uso dos corretivos, diminuindo com a aplicação dos tratamentos G+MO, S⁰+MO e G+S⁰+MO em relação à testemunha, mas não diferiram entre si. Souza et al. (2011) verificaram uma redução de 25% do teor de sódio e do potássio, após aplicação do gesso em um solo salino-sódico. Neste trabalho, houve uma redução ainda maior, chegando a 86% menos de Na⁺ e 73% menos K⁺.

A porcentagem de sódio trocável foi consideravelmente reduzida após a aplicação dos condicionadores associados ao cultivo da *A. nummularia* (Tabela 3). Também não houve diferença significativa entre os tratamentos de aplicação de condicionadores, mas estes diferiram da testemunha. A PST inicial foi de 35%, e foi reduzida a 6,32% no tratamento testemunha, provavelmente devido à lixiviação de sais, uma vez que foi observada drenagem após as irrigações. E quando foram aplicados os condicionadores, a PST foi reduzida a 4,84, 4,85 e 4,98%. Isto corrobora com os estudos de Araújo et al. (2015), em que o uso de gesso e enxofre elementar promoveu redução acentuada desta variável. Souza et al. (2011) obtiveram uma redução menor da PST, de 32,29% para 25,67%, apenas com o cultivo da *Atriplex* em solo salino sódico.

O resultado obtido no presente estudo confirma o fato de que os corretivos podem potencializar a remediação dos solos acometidos por sais e sódio, reduzindo o tempo de recuperação dos mesmos. Isso se deve, provavelmente, à redução no teor de sódio trocável como consequência das reações químicas de troca do Na^+ no complexo sortivo pelo Ca^+ (fornecido pelo gesso), disponibilizando maior concentração deste íon na solução do solo para ser absorvido pelas raízes da planta. Desta forma, foi possível contribuir com a melhoria dos atributos químicos do solo, possivelmente, levando a melhorias nos atributos físicos também (ARAÚJO et al., 2015).

4.4. Extração e alocação de sais pelas plantas

A maior alocação de biomassa ocorreu nas hastes e nas folhas da *A. nummularia* (Figura 5a). O tratamento G+MO foi o que promoveu menor acúmulo de biomassa nas raízes, alocando mais nas folhas e hastes, em relação aos demais tratamentos. Este comportamento se repetiu para a alocação do cloreto, com mais de 70% deste elemento alocado nas folhas, cerca de 20% nas hastes e de 10% nas raízes (Figura 5b).

Os trabalhos realizados por Leal et al. (2008), Souza et al. (2011) e Oliveira (2017) confirmam o potencial da *A. nummularia* na recuperação das áreas degradadas pela alta produção de biomassa e capacidade de acumular os sais, especialmente nas folhas. Segundo Lowers & Colmer (2008) e Melo et al. (2016), as plantas do gênero *Atriplex* apresentam um maior acúmulo dos íons cloreto e sódio e, ainda, destacam que algumas espécies armazenam em compartimentos especializados, como é o caso das microvesículas.

Outra vantagem da utilização dessa espécie no manejo de solos salinos é a possibilidade de compor a dieta de ruminantes, funcionando como uma fonte mineral, rica em antioxidantes e proteínas (MELO et al., 2016; BEN SALEM et al., 2010).

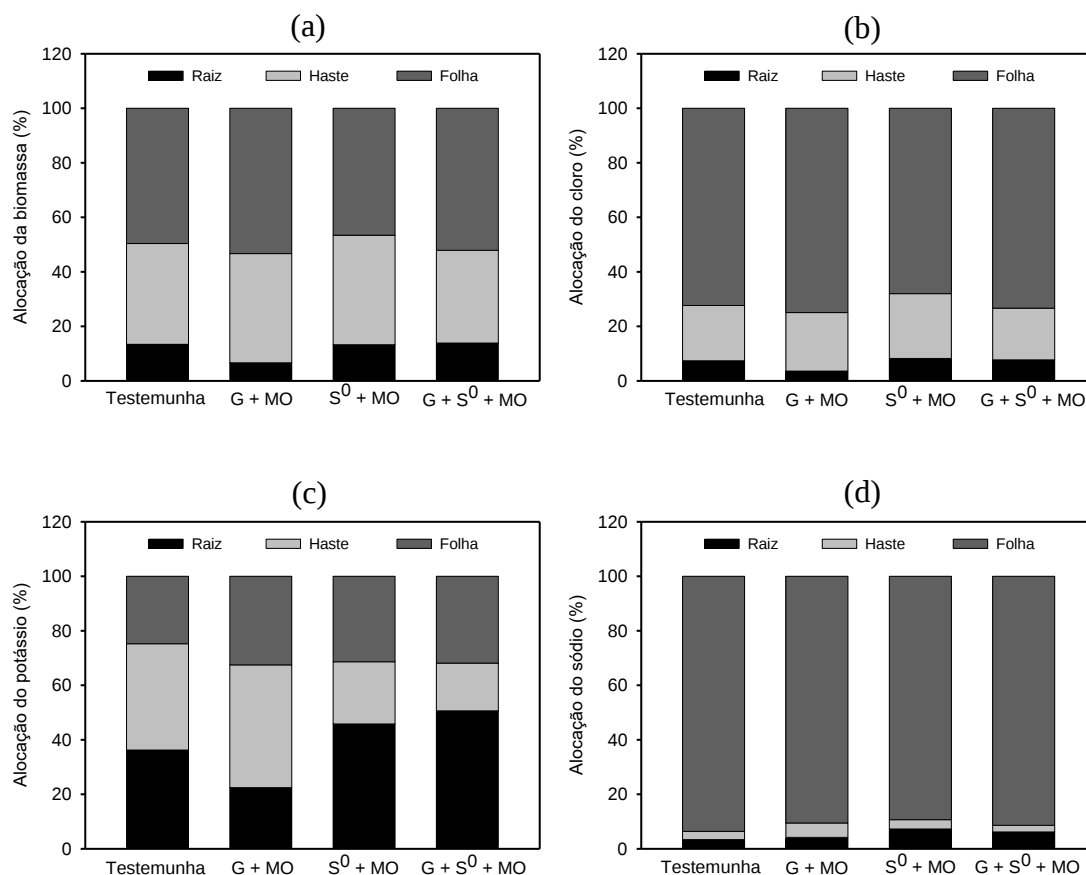


Figura 5. Alocação da biomassa (a), do cloro (b), do potássio (c) e do sódio (d) na folha, caule e raiz de plantas de *Atriplex nummularia*, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S⁰), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha).

Com relação à alocação do potássio nas partes da planta, verificou-se que as plantas do tratamento testemunha apresentaram uma maior alocação nas hastes, seguido pelas folhas e raízes, diferente dos resultados obtidos por Silveira et al. (2009) que, estudando os mecanismos de ajuste osmótico da *A. nummularia* irrigada com solução de cloreto de sódio em diferentes concentrações, observaram maior concentração de potássio nas raízes.

Enquanto o tratamento G+S⁰+MO apresentou maior alocação de cloro nas raízes, folhas e hastes, respectivamente. Quanto ao acúmulo de sódio foi majoritariamente nas folhas, em todos os tratamentos, pois mais de 90% deste elemento encontrava-se nessa parte vegetal, corroborando com os resultados obtidos por Silveira et al. (2009), divergindo apenas quanto ao cloro, que também se apresentou em maior quantidade nas folhas.

Este mecanismo de extração e alocação de íons, aliado a sua boa produção de biomassa, caracterizam-na como espécie fitoextratora de sais de grande potencial, justificando sua utilização na remediação de áreas salinizadas. Além disso, pode ter aproveitamento como

forrageira, pois o sódio e o cloreto se concentram majoritariamente nas folhas, sendo possível retirar os sais da área a partir do cultivo e fornecimento das mesmas na alimentação dos animais (LEAL et al., 2008; SOUZA et al., 2011).

O fator de transferência diferiu significativamente quando os corretivos foram aplicados, no entanto, não diferiram entre si (Figura 6a). Houve um acréscimo de mais de 80% na transferência de sódio entre os tratamentos de condicionadores e o da testemunha, indicando que os condicionadores potencializaram a retirada de sais pela *A. nummularia* e, por isso, podem contribuir acelerando o processo de recuperação de solos salinos-sódico. Tais resultados corroboram com os obtidos por Leal et al. (2008), que verificaram um maior fator de transferência de sódio na Atriplex quando aplicou-se o gesso, um aumento 37% em relação à ausência desse insumo.

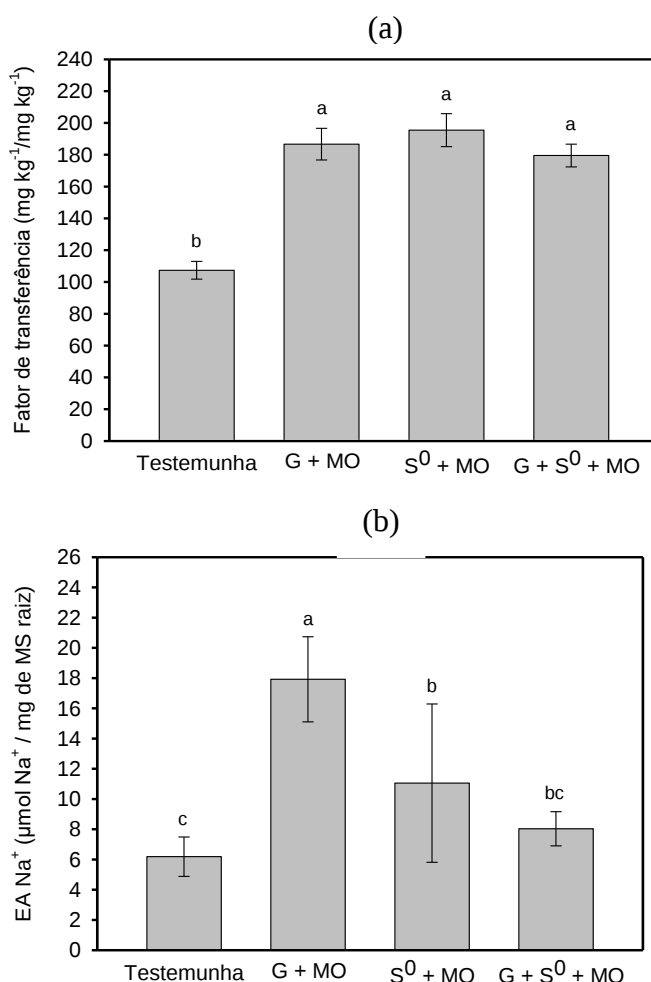


Figura 6. Fator de Transferência (a) e Eficiência da absorção do Sódio (EA Na⁺) de plantas de *Atriplex nummularia* aos 60 dias do transplantio, em função das combinações dos condicionadores de solo gesso (G), matéria orgânica (MO) e enxofre elementar (S⁰), e na ausência de condicionador de solo (Testemunha). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Também foi possível notar que a maior eficiência na absorção de sódio ocorreu quando foi aplicado G+MO ao solo, com aproximadamente 18 $\mu\text{molNa}/\text{mg}$ de MS da raiz enquanto a testemunha não passou do 6 $\mu\text{molNa}/\text{mg}$ de MS (Figura 6b). Souza et al. (2011) constataram que a absorção de Na^+ pelas raízes e acumulação nas folhas é favorecida pela maior umidade do solo, uma vez que isso implica em maior disponibilidade dos sais solúveis.

O melhor resultado para a combinação G+MO, pode ser justificado pelo fato de que uma elevada concentração de Na^+ no complexo de troca do solo, provoca dispersão das argilas, influenciando sobre as propriedades físicas do mesmo. A partir da aplicação de $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$ (gesso), ocorreu a substituição do Na^+ pelo Ca^{2+} , disponibilizando o sódio na solução do solo para ser absorvido pelas raízes. Como consequência dessa reação, além da redução da concentração de sódio no solo, pode-se destacar o transporte de água e ar no solo, melhor desenvolvimento das raízes, e melhor absorção radicular e extração de sais do solo por plantas fitorremediadoras como a *A. nummularia* (LEAL et al., 2008).

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, foi possível concluir que para a condição de salinidade testada, a *Atriplex* foi a espécie que melhor se desenvolveu, tanto na presença quanto na ausência dos condicionadores, sendo a recomendada para a produção de forragem no solo estudado, bem como para remediação da área cujo solo foi coletado.

As misturas de condicionadores, potencializaram a recuperação do solo, contribuindo com a diminuição da condutividade elétrica, teores de sódio e potássio e da PST.

A combinação G+MO (gesso + matéria orgânica) proporcionou maior atenuação dos efeitos deletérios da salinidade sobre o solo, e consequentemente às plantas nele cultivadas.

Recomenda-se a utilização dos condicionadores de solo associados ao cultivo da *Atriplex nummularia* por favorecer uma maior extração de sais pelas plantas bem como promover maior transferência e eficiência de absorção do sódio nas plantas estudadas.

A continuidade da pesquisa nesse âmbito é fundamental para que se possa obter ainda mais informações e estratégias que norteiem o manejo eficiente das áreas degradadas por sais, de forma que orientem os produtores, considerando a viabilidade técnica, social e econômica do método de recuperação.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, J.L.; SEVERO, J.S.; LUCENA, F.T.C.; VERIATO, R.G.; PAIVA, K.F. Enxofre elementar ou sulfato de cálcio para remediação de solos salino-sódicos? **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 388-396, 2015.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de CHEYI, H.R., MEDEIROS, J.F., DAMASCENO, F.A.V. XXVIII, 218 p., (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1), Campina Grande, PB, 1991.
- BEN SALEM, H.; NORMAN, H.B.C.; NEFZAOU, A.; MAYBERRY, D.E.; PEARCE, K.L.; REVELL, D.K. Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. **Small Ruminant Research**, v.91, p.13-28, 2010.
- BENZARTI, M.; REJEB, K.B.; MESSEDI, D.; MNA, A.B.; HESSINI, K.; KSONTINI, M.; ABDELLY, C.; DEBEZ, A. 2014. Effect of high salinity on *Atriplex portulacoides*: Growth, leaf water relations and solute accumulation in relation with osmotic adjustment. *South African Journal of Botany*, v.95, p.70-77.
- CARVALHO FILHO, O.M.; DRUMOND, M.A. & LANGUIDEY, P.H. *Gliricidia sepium* leguminosa promissora para regiões semiáridas. Embrapa/CPATSA, Petrolina, PE, 1997.
- DANTAS, B.F.; RIBEIRO, R. C.; MATIAS, J. R.; ARAÚJO, G. G. L. Germinative metabolism of Caatinga forest species in biosaline agriculture. **Journal of Seed Science**, v.36, n.2, p.194-203, 2014.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F.F.; SOUZA, E.R.; FERREIRA, J. F. DA S.; SOUSA NETO, O.N.; QUEIROZ, I.S.R.; **Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade**. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. [livro eletrônico]/ GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (editores). Fortaleza, CE, 2016.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Milho e Sorgo - Folder /Folheto / Cartilha (INFOTECA-E) Folder / Folheto / Cartilha (INFOTECA-E). Sete Lagoas, MG, 1990.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture**. Roma: FAO, 2011. 50p
- FARIAS, S.G.G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral da gliricídia** (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp). Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. Patos, PB, 2008.
- FERNANDES, P.D.; BRITO, M.E.B.; GHEYI, H.R.; ALBERICIO P. DE ANDRADE, A.P.; MEDEIROS, S. S.; **Halofitismo e agricultura bioassalada**. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.), 2016.
- FLOWERS, T.J.; COLMER, T.D. Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, 179, 945-963 (2008). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>> Acesso em: 03 jan. 2019.

FREIRE, A.L.O.; RODRIGUES, T.J.D; MIRANDA, J.R.P. Crescimento e nutrição de plantas de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Vit) sob salinidade. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 1-6, 2010.

FREIRE, B.J.L.O.; SANTOS, S.J.A.; NASCIMENTO, J.J.V.R. GONZAGA NETO, L.; ARRUDA, J.A. **Produção de mudas de gliricídia irrigadas com águas salinas e uso de biofertilizante bovino**. In: Descobertas das ciências agrárias e ambientais [livro eletrônico] / Adriane Theodoro Santos Alfaro, Daiane Garabeli Trojan (organizadoras). – Curitiba, PR: Atena Editora, 2016.

HOLANDA, A.C.; SANTOS, R.V.; SOUTO, J.S.; ALVES, A.R.; Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** [online] 2007. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50007105>> ISSN 1519-5228. Acesso em: 10 de nov. 2018.

LEAL, I.G.; ACCIOLY, A.M.A.; NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, M.B.G.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; FERREIRA, F.L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1065-1072, 2008.

LEITE, E. M.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; CAMPOS, V. B.; **Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola**. UFERSA: 2010. Disponível em: <http://Www.Redalyc.Org/Html/2371/237116915014/>. Acessado em: 22 de nov. 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba POTAFOS, 1989. 219p.

MELO, H. F.; SOUZA, E. R. de; ALMEIDA, B. G. de, FREIRE, M. B. G. dos S.; MAIA, F. E. Crescimento, produção de biomassa e acumulação de íons em *Atriplex* cultivada sob estresses abióticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. [online]. vol.20, n.2, p.144-151, 2016.

OLIVEIRA, A. S. L. **Trocas gasosas e crescimento de *Atriplex nummularia* Lindl. irrigada com água proveniente de rejeito salino**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Serra Talhada, PE, 2017.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, 2015.

PEQUENO O.T.B.L.; SILVA, J.L.B.C.; BRASILEIRO IMN. Fitoextração de sais por *Atriplex nummularia* em solo do semiárido paraibano. **Revista Saúde e Ciência (Online)**, 3(3): 37-52, 2014.

PEREIRA, L. E. T. HERLING, V. R. **Leguminosas forrageiras de clima tropical e temperado**. Universidade de São Paulo Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pirassununga, SP, 2016.

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J.; MONTENEGRO, A.A. **Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S.; Alvarez V, V. H. (ed.). Tópicos em ciência do solo. v.3. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.165-208.

RIBEIRO, M.R.; RIBEIRO FILHO, M.R.; JACOMINE, P. K. T.; **Origem e classificação dos solos afetados por sais**. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.), 2016.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory. 1954. 160p.USDA: Agriculture Handbook,60.

SAEFL - WISS AGENCY FOR THE ENVIRONMENT, FOREST AND LANDSCAPE. **Derivation of trigger and cleanup values for inorganic pollutants in the soils**. Brnee, 1998. 103p. (Environmental Documentation, 83).

SANTOS, R.V.; CAVALCANTE, L.F.; VITAL, A.F.M.; LACERDA, C.F.; SOUZA, E.R.; LIMA, G.S.; **Interação salinidade-fertilidade do solo**. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.), 2016.

SILVEIRA, J. A. G.; ARAÚJO, S. A. M.; LIMA, J. P. M. S.; VIÉGAS, R. A.V. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. **Journal Environmental and Experimental Botany**. v. 66, n.1, , p.1-8. 2009. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.12.015>> Acesso em: 03 jan 2018.

SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIÉGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos e aplicados. GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.), 2016.

SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G.S.; NASCIMENTO, C. W. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; FREIRE, F. J.; MELO, H. F.; Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* Lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.5, p.477–483, 2011.

VASCONCELOS, R. R. A.; BARROS, M. F. C.; SILVA, Ê. F. F.; GRACIANO, E.S.A., FONTENELE, A.J.P.B.; SILVA, N.M.L. Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.12, p.1318–1325, 2013.