



Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

**Editores Técnicos**

*Paulo Ricardo Santos Cerqueira*

*Claudivan Feitosa de Lacerda*

*Gherman Garcia Leal de Araujo*

*Hans Raj Gheyi*

*Welson Lima Simões*

---

# **AGRICULTURA IRRIGADA EM AMBIENTES SALINOS**

---

**Brasília, DF  
Codevasf  
2021**

© 2021 Codevasf

É permitida a reprodução de dados e informações contidas nessa publicação, desde que citada a fonte.

Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/Plone/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geraldo-rocha> → Catálogo on-line

Disponível também em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geraldo-rocha/publicacoes>

A Webinar “Agricultura irrigada em Ambientes Salinos” pode ser vista em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=y6cfXm6Fit4&t=42s>

Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – Codevasf  
SGAN 601 – Conj. I – Ed. Deputado Manoel Novaes  
CEP 70.830-019 Brasília - DF

Capa

*Frederico Celente*

*Paulo Ricardo Santos Cerqueira*

Fotos da capa

*Gherman Garcia Leal de Araujo (Embrapa Semiárido)*

*Acervo Codevasf*

Projeto gráfico

*Nilva chaves*

Normalização bibliográfica

*Nilva Chaves*

*Diana Augusta Formiga da Luz*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Agricultura irrigada em ambientes salinos / editores técnicos, Paulo Cerqueira *et al.* –  
Brasília : Codevasf, 2021.  
363 p : il.

ISBN 978-65-88380-06-2 - eBook

1. Agricultura biossalina. 2. Planta halófitas. 3. Sustentabilidade. 4. Drenagem agrícola. 5. Solo e água - monitoramento. 6. Região semiárida. I. Lacerda, Claudivan Feitosa de. II. Araujo, Gherman Garcia Leal de. III. Gheyi, Hans Raj. IV. Simões, Welson Lima. V. Codevasf.

CDU: 631.587

---

# CAPÍTULO 6

## Agricultura bioassalina e uso de águas salobras na produção de forragem

*Gherman G. L. de Araujo, Thieres G. F. Silva, Fleming S. Campos*

### 6.1 INTRODUÇÃO

As zonas áridas e semiáridas ou sub úmidas são caracterizadas por chuvas baixas e irregulares de até 800 milímetros por ano, secas periódicas e diferentes associações de cobertura vegetal e solos. A precipitação interanual varia de 50-100% nas zonas áridas do mundo, com médias de até 350 mm. Nas zonas semiáridas, a precipitação interanual varia de 20-50% com médias de até 700 mm. No caso dos sistemas de subsistência, em geral, a pecuária é possível em áreas áridas e a agricultura de sequeiro normalmente não é possível. Já nas áreas semiáridas as safras agrícolas irregulares, entretanto, a pecuária é satisfatória (GOODIN; NORTHINGTON, 1985).

Quanto a produção animal, em particular, as distribuições de ruminantes em todo o mundo, se refletem de acordo com as condições eco climáticas, particularmente, na forma expressa pela disponibilidade de pastagem e de recursos hídricos. Os pequenos ruminantes (ovinos e caprinos) são mantidos ao longo de todos os agro-ecossistemas, incluindo as regiões pastoris de terras extremamente secas da África e Ásia. Ovinos e caprinos são muitas vezes mantidos juntos no mesmo rebanho. Os bovinos também são comuns em regiões semiáridas e zonas sub úmidas secas da África e da Ásia, sendo a Índia detentora do maior rebanho de

bovinos e búfalos e, globalmente, junto a países da América Latina, vem se transformando em grandes exportadores de gado. No semiárido brasileiro a pecuária de terras secas desponta como uma atividade extremamente relevante e a menos vulnerável às diversas condições edafoclimáticas.

Nessas regiões os pecuaristas dos sistemas de produção de caprinos, ovinos e bovinos, apresentam como um de seus maiores desafios a produção de forragem. Os fatores agrometeorológicos da região, naturalmente já apresentam uma adversidade que deve ser encarada com muito conhecimento, planejamento e organização, sempre atrelados aos ciclos hidrológicos característicos as áreas de produção. De fato, a irregularidade de precipitação inerente a região é o ponto de maior preocupação para os cultivos, que devem ter espécies com características biológicas que se adequem as flutuações pluviométricas, suas baixas disponibilidades e as diversas características de solos, que sempre serão pontos de inflexão para os cultivos.

Nesta perspectiva, o produtor deve selecionar espécies forrageiras que apresentem alta eficiência hídrica, ou seja, aquelas plantas que conseguem a máxima produtividade com o mínimo de chuva disponível. Estas espécies são fisiologicamente adaptadas as condições de estresse hídrico e podem na maioria das vezes obterem sucesso em seus cultivos, com crescimento e produtividades bem expressivas para os ambientes semiáridos.

Todavia, é comum que esse sucesso, nem sempre seja alcançado apenas com as precipitações e tipos de solos, logo se houver a possibilidade de algum aporte hídrico, seja de água doce ou salobra, essa não poderá deixar de ser adotada desde que sua disponibilidade e custo sejam compatíveis com os bons resultados.

Quanto a disponibilidade, ressalta-se que nessas regiões semiáridas, nos períodos prolongados de secas, as recargas dos corpos superficiais de água doce se tornam muito pouco prováveis, restando na maioria das vezes certas reservas de

águas dos aquíferos subterrâneos, que por sua vez apresentam em quase sua totalidade, nas regiões dos cristalinos, águas com certas condutividades elétricas, que são chamadas de águas salobras, que podem se tornar excelentes alternativas de aporte hídricos para algumas espécies, em condições críticas e extremas de falta de água.

O uso dessas águas salobras para produção de forragem na região semiárida, não é algo novo, todavia, as suas formas de utilizações são desprovidas de critérios técnicos o que pode levar os solos, à uma rápida salinização e saturação, destruindo todo seu potencial produtivo.

Entretanto, em muitas regiões do mundo, essas águas quando bem administradas, concomitantemente, com solos adequados e espécies forrageiras adaptadas, alcançam índices de produtividades bastante expressivos para essas condições, tipo de cultivo ou agricultura que é denominada “Agricultura Bioossalina”.

## **6.2 AGRICULTURA BIOSSALINA**

A Agricultura Bioossalina é uma prática de cultivos em condições “salinas”, ainda muito pouco conhecida e trabalhada no Brasil. A possibilidade de uso desse tipo de agricultura pode abranger desde as regiões costeiras do sul do país até amplas áreas do semiárido brasileiro. Na literatura internacional existem algumas definições para esse tipo de agricultura.

Segundo MASTERS *et al.* (2007) a agricultura biosalina é um termo amplo usado para descrever a agricultura sob uma gama de níveis de salinidade, com o uso de águas subterrâneas, solos, ou uma combinação de ambos. Esse mesmos autores citam, (GHASSEMI; JAKEMAN; NIX, 1995) que apresentam três abordagens sobre tipos de agricultura bioossalina: 1) aquela que faz o uso de águas subterrâneas salinas com não salinas, com solos permeáveis, como ocorre em partes do

Mediterrâneo Oriental, 2) a que usa águas subterrâneas altamente salinas com solos salinos e/ou sódicos, como na Ásia Central e Austrália e 3) que utilizam as águas salinas para irrigação, como ocorre no rio Colorado Watershed, EUA, ou utilizam as águas salinas de drenagem, como fontes para irrigação, a exemplo do Vale de San Joaquin, no lado oeste de Califórnia.

Para Ayyam *et al.* (2019) agricultura bioassalina, apresenta-se com uma prática de cultivo baseada em uso de plantas, solos e águas afetadas pelo sal, em diferentes faixas de salinidades. De acordo com esses autores o potencial de uso dessa agricultura se deve ao fato que está ocorrendo um rápido crescimento da população humana e da demanda por alimentos, assim as alternativas agrícolas precisam ser exploradas para que a segurança alimentar seja garantida. Ao mesmo tempo, ressaltam que as terras aráveis e os recursos hídricos para irrigação de boa qualidade estão se esgotando mais rapidamente, principalmente nas regiões áridas, semiáridas e tropicais. Ao longo dos anos, a salinização do solo e da água tem aumentado continuamente devido a várias causas, e o aumento da produção alimentar dependerá também destes recursos. Segundo os autores as estratégias gerais de bases agrícolas bioassalinas, são soluções para dar uso aos solos e águas afetados por sal, que passa principalmente pela seleção de plantas halófitas (tolerantes a sais) e a produção de novos materiais genéticos capazes de crescer em ambientes salinos. Na visão deles, a agricultura bioassalina não só ajuda a conter a deterioração das terras marginais, mas também tem usos comerciais diretos, como alimentos, forragens para os animais, usos medicinais, madeireiros, biocombustíveis e bioenergia.

De fato, muitas definições, conceitos e concepções podem ser dado à agricultura bioassalina, que abrangem uma ampla possibilidade de usos, o que a transforma numa alternativa robusta de produção nos mais distintos ambientes que envolvam uma grande faixa de salinidade. Essa agricultura, de maneira geral,

se adequa perfeitamente as pequenas áreas de produção, como as da agricultura familiar do semiárido brasileiro, aonde existem mais de 200 mil poços subterrâneos perfurados e com a presença massiva de águas salobras.

### **6.3 AS ÁGUAS SALOBRAS DOS POÇOS SUBTERRÂNEOS NO SEMIÁRIDO**

No Nordeste semiárido do Brasil, carente de águas superficiais, verifica-se que a utilização dos recursos hídricos subterrâneos vem sendo feita normalmente sem o desenvolvimento de estudos hidrológicos e hidrogeológicos específicos ou mesmo básicos, o que impossibilita a elaboração de programas gerenciais de natureza conservativa. Nessa região, embora os poços produtores de água subterrânea sejam perfurados desde o início do século passado, é por demais conhecido que apenas a partir de 1960, com a criação da SUDENE, a hidrogeologia no Brasil começou a ser tratada como ciência. Na época, a SUDENE, atuando dentro de sua missão, promoveu um reconhecimento hidrogeológico pioneiro da sua região de atuação, materializado no *Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste*, cujas informações ainda são referências até hoje. Esses estudos, que abriram as portas para uma visualização da potencialidade hidrogeológica da região, foram paralisados no início da década de 70 em função da desmobilização da SUDENE como órgão executor (FEITOSA *et al.*, 2004).

Mesmo assim, ressaltam Feitosa *et al.* (2004), a utilização dos recursos hídricos subterrâneos aumentou vertiginosamente, principalmente nos locais de maior potencialidade e em função da necessidade de uma fonte de água para a região, imposta pelas suas condições climáticas. O reflexo disso é a contribuição da água subterrânea em parcelas significativas, tanto para o abastecimento público como para usos diversos, inclusive irrigação. Contudo, esse aumento do uso, em grande parte, não foi conduzido através de planejamentos calcados no

conhecimento, sendo o resultado de consecutivos programas emergenciais de combate aos efeitos da seca e de esforços isolados de companhias de saneamento e da iniciativa privada. Tratando-se de uma região semiárida, a água subterrânea torna-se um recurso estratégico para o desenvolvimento.

A pequena disponibilidade de água superficial aliada à baixa e irregular pluviosidade explica a grande dependência dos habitantes e dos rebanhos da região semiárida em relação à água subterrânea, mesmo sendo essa, na maior parte, uma alternativa pouco explorada em função da sua salinidade em função das rochas cristalinas. Todavia, há de se considerar que apesar da baixa vazão e dos níveis de sal o relevante número de poços perfurados, atualmente, estimados em mais 200 mil, podem no seu conjunto, ser uma alternativa a ser somada a outras já existentes na mitigação dos efeitos das alterações climáticas.

Em boa parte da região Nordeste, observa-se uma diferença marcante entre as salinidades das águas procedentes dos aquíferos sedimentares e a dos aquíferos cristalinos. Os sedimentares, por apresentarem melhor poro-permeabilidade, oferecem melhores condições de infiltração e circulação de suas águas subterrâneas, o que influencia de modo decisivo na salinidade. Por outro lado, as rochas cristalinas por possuírem reduzida capacidade de armazenar e circular suas águas subterrâneas apresenta uma concentração muitas vezes excessiva de sais, especialmente onde são mais deficientes as condições de recarga a partir das precipitações pluviométricas (LIMA *et al.*, 2015).

De maneira geral, as águas subterrâneas dos terrenos cristalinos, com teores de sais que ultrapassam os 4.000 mg/l, apresentam como principal característica uma grande predominância do íon cloreto, com aptidão para irrigação variando entre as classes C5-S2 a C6-S4. Com relação aos aquíferos sedimentares, as águas bicarbonatadas (44%) apresentam discreto predomínio sobre as

cloretadas (34%) e cerca de 69% destas ocupam a faixa de boa potabilidade, com aptidão para irrigação girando em torno de C1-S1 a C3-S1 (LIMA *et al.*, 2015).

As águas subterrâneas, independentemente de suas características qualitativas são alternativas de uso para irrigação e produção em várias regiões do mundo. Em algumas dessas regiões a dependência desse tipo de água é extremamente elevada e, seu potencial de uso passa pela vazão dos poços subterrâneos e pela composição química. No semiárido brasileiro o uso dessas águas pelos produtores é muito comum, todavia, ainda falta um melhor direcionamento e mais estudos sobre esses usos (Figura 01).



Figura 1 - Águas salobra de poços subterrâneos e alguns usos em áreas de produtores no sertão pernambucano

#### 6.4 ESTRATÉGIAS DE USO DA ÁGUA SALOBRAS PARA FINS FORRAGEIRO

Segundo Araújo *et al.* (2010), a região semiárida está caminhando no sentido de ampliação de suas áreas áridas, reduzindo a capacidade de suporte dos pastos e a produção de forragens como um todo e, desse modo será estratégico

para pecuária utilizar culturas com maiores eficiência de uso da água, otimizar a produtividade das forrageiras em decorrência de práticas de manejo da água, do solo, aumentar as estratégias de captação de água de chuva e ampliar estrategicamente o uso de águas subterrâneas.

O fato é que esta situação tende a se agravar com as mudanças climáticas, que estão atingindo a pecuária das regiões semiáridas e, conseqüentemente, suas produções estão sendo afetadas significativamente, por problemas de bem-estar para o animal, baixa oferta hídrica, queda na produção e disponibilidade de forragens, tudo isso, causado por alterações da temperatura, radiação solar, evapotranspiração, pluviosidade e umidade do solo. A busca por soluções é urgentíssima e uma das alternativas que desponta com grande potencial de para produção de forragem é o uso de águas consideradas marginais ou de qualidades inferiores que podem ser utilizadas para irrigar algumas espécies tolerantes a sais, principalmente, às águas salobras, que são encontradas em abundância nos mais de 200 mil poços perfurados no semiárido brasileiro.

A utilização de água salobra para irrigação tem sido utilizada com sucesso em muitos países que tem deficiência hídrica. É uma pratica relativamente antiga com uso de planta halófitas (plantas que toleram e realizam seu ciclo de vida em ambiente com elevada concentração salina) e de plantas miohalófitas (toleram a quantidade de sais até um limite, a partir do qual decresce sua produção com o aumento da salinidade no solo). O uso destas plantas irrigadas com águas salinas ou salobras provenientes de poços subterrâneos podem ser uma das alternativas para o aumento da oferta de alimentos e aporte de nutrientes para os ruminantes da região semiárida, sendo uma das opções mitigadoras aos efeitos das mudanças climáticas.

Além das águas salobras subterrâneas, existem alternativas de águas salobras/salinas que podem ser usadas para fins produtivos, como as provenientes

das drenagens das áreas de irrigação. Grattan *et al.* (2004), realizou estudos sobre o reaproveitamento de águas salinas de drenagem, considerando essas como uma opção de manejo que tem sido sugerida para o San Joaquin Valley (SJV) da Califórnia-EUA, a fim de reduzir a área afetada por lençóis freáticos rasos e a volume de efluente de drenagem que requer descarte. As forragens tolerantes ao sal podem desempenhar um papel importante nesta estratégia, ao mesmo tempo que produz uma fonte de alimento para ovinos e bovinos. Logo, a seleção de culturas para serem cultivadas em sistemas com a reutilização dessas águas, dependerão do potencial de produção delas sob condições salino-sódicas.

Independentemente do tipo de água salobra disponível (subterrânea, drenagem, corpos superficiais etc.) para diferentes usos é importante destacar que critérios técnicos rigorosos devem ser adotados para sua utilização, sem jamais esquecer o tipo de solo adequado.

As estratégias de usos podem ser várias, todavia, elas devem estar conectadas as tolerâncias à salinidade da espécie cultivada e de suas eficiências hídricas. Quando se utilizam águas de poços subterrâneos é necessário que se conheçam a vazão do poço e a composição química de sua água, principalmente, condutividade elétrica e sodicidade. A partir dessas premissas, da escolha das espécies forrageira e do tipo de solo, um planejamento deve ser elaborado, para que a exploração desse cultivo bioassalino seja feito respeitando, principalmente, o ciclo hidrológico, a sazonalidade e a periodicidade de aporte hídrico, que dever ser o mínimo necessário para não saturar o solo e o máximo necessário para garantir a umidade do solo que possibilite a planta, toda eficiência necessária para absorção de nutrientes do solo.

É fato que não existe uma única estratégia de uso dessas águas com diferentes condutividades. Até porque, os sistemas bioassalinos em suas simplicidades de cultivos, apresentam um conjunto de componentes que precisam

ser avaliados no tempo e no espaço, dentro de um objeto de sustentabilidade, aonde a máxima produtividade biológica a ser atingida tem que estar em sintonia com o equilíbrio dos elementos básicos que possibilitem uma longevidade de produção, maximizando a biomassa forrageira, com base nos princípios bioassalinos. Dito isso, é preciso ficar entendido, que nunca se deve criar uma expectativa de alcances de produção, semelhantes as características de cultivos convencionais onde a água, solo e planta estão em perfeitas condições.

## **6.5 AS CARACTERISTICAS BIOSSALINAS DAS ESPECIES FORRAGEIRAS**

A evolução de muitas culturas agrícolas à tolerância ao sal é interessante por várias razões. Em primeiro lugar, uma vez que as plantas tolerantes ao sal (halófitas) empregam vários mecanismos diferentes para lidar com o sal, a evolução da tolerância ao sal representa um caso de estudo fascinante na evolução de uma característica complexa. Em segundo lugar, a diversidade de mecanismos empregados pelas halófitas, com base em processos comuns a todas as plantas, esclarece como a fisiologia de uma planta pode se adaptar para lidar com condições extremas. Terceiro, à medida que a quantidade de terras afetadas pelo sal aumenta em todo o mundo, a compreensão das origens da diversidade de halófitas deve fornecer uma base para o uso de novas espécies em biorremediação e conservação (FLOWERS *et al.*, 2010).

Existe uma variedade de plantas que são capazes de crescer em condições de solo salino e água. Muitas dessas plantas representam recurso forrageiro para alimentar o gado. Nos níveis mais baixos de salinidade (<15 dS m<sup>-1</sup>), tanto as leguminosas quanto as gramíneas com tolerância moderada ao sal são capazes de fornecendo de 5 a 10 t de matéria seca (MS) por ano, particularmente quando a disponibilidade de água é alta. Em altas concentrações de sal (> 25 dS m<sup>-1</sup>), os níveis

de produção caem e as opções de planta diminuem significativamente. No entanto, mesmo nessas altas salinidades, há uma variedade de gramíneas e arbustos halófitos que podem produzir entre 0,5 e 5 t de MS por ano (MASTERS *et al.*, 2007).

Pesquisas têm sido realizadas e recentes avanços estão sendo alcançados na seleção de espécies com alta produção de biomassa, elevado níveis de proteína e boa capacidade de sobreviver a uma ampla gama de condições ambientais incluindo salinidade. Entre as espécies selecionadas com potencial forrageiro e tolerantes ao sal, pelo Centro Internacional de Agricultura Biosalina (ICBA) pode-se destacar: (i) Leguminosas: *Acacia ampliceps*; *Acacia cyanophylla*, *Sesbania sesban* e *Cajanus cajan*, e (ii) Gramíneas: *Cenchrus ciliaris*; *Panicum maximum*; *P. maximum var. trichoglume*; *Pennisetum americanum*; *Sorghum bicolor* e *Sorghum sudanense* (ICBA, 2006).

O teor de proteína bruta e fibra digestível dessas plantas são variáveis, mas provavelmente não são influenciadas diretamente pelo nível de salinidade. Porém, é importante ressaltar que a composição mineral das plantas pode ser significativamente alterada pela concentração e tipo de sais no solo e na água. Para plantas com tolerância moderada ao sal, pode ocorrer acúmulo de enxofre e selênio. Para as plantas halofíticas, particularmente os arbustos de chenopodeaceas, o sódio, potássio, cloreto, cálcio e o magnésio podem se acumular acima dos níveis máximos toleráveis pelos ruminantes, (MASTERS *et al.*, 2007).

As altas concentrações de cloreto de sódio em particular, causará diminuição do consumo de ração e, em algumas condições, comprometerá a saúde animal. Também não é incomum descobrir que as plantas crescendo em ambientes salinos acumulam uma variedade de compostos secundários. Estes podem ter efeitos benéficos no gado pastando (por exemplo, vitamina E e betaína) ou pode ser tóxico (por exemplo, oxalato, cumarina e nitrato). É importante ressaltar que essas plantas podem ser gerenciadas de modo a fornecer uma contribuição

significativa para um sistema de alimentação para ruminantes. As perspectivas para o futuro são boas, pois até o momento, pouco esforço tem sido feito para melhorar o valor alimentar de plantas tolerantes ao sal por meio da reprodução ou seleção, ou para selecionar animais que são mais capazes de tolerar a alta ingestão de sal, (MASTERS *et al.*, 2007).

De uma maneira geral a existência de plantas com caráter halófito, ou seja, plantas que suportam ou necessitam de sais (cloreto de sódio, carbonato de cálcio, sulfato de magnésio ou sulfato de sódio) para o seu desenvolvimento normal, despertam o interesse de agricultores e melhoristas que visam a obtenção de plantas com resistência ou tolerância à salinidade e à seca (halofitismo e xerofitismo).

Entretanto há poucos exemplos bem-sucedidos de transferência de características relacionadas com halofitismo e/ou xerofitismo para genótipos intolerantes e comercialmente cultivados. Desta forma, cresceu a importância da seleção de plantas halófitas e xerófitas como opção para o manejo adequado ou para a recuperação de áreas salinizadas em região áridas. Apesar do grande potencial para introdução no Semiárido Brasileiro, são raros os estudos visando uma efetiva introdução destas espécies para fins forrageiros e aporte de nutrientes para os animais.

## **6.6 PRODUÇÃO BIOSALINA DE ERVA SAL (*Atriplex nummularia*)**

A *Atriplex numulária*, muito conhecida como erva-sal, uma forrageira arbustiva, de porte médio e perene, mas que tem vários outros fins como madeireiro, hortaliça, ornamental (Figura 02). O nome de erva-sal é devido à particularidade de que ela é capaz de absorver sal através de seu sistema fisiológico. Esta planta requer sódio como elemento essencial em sua nutrição e por meio de

seu sistema radicular desenvolvido e outros mecanismos que regulam o armazenamento e a utilização das reservas nutritivas, tanto para sobrevivência como para produção, consegue atingir as camadas mais profundas do solo (PORTO; ARAÚJO, 1999).

Essa planta é uma das forrageiras halófitas mais cultivadas no mundo. Ela é considerada cosmopolita estando presente em várias regiões do planeta, sendo uma planta de fácil cultivo, boas produtividades e muito pouco susceptível às pragas e doenças, de uma maneira em geral.



Figura 2 - Erva-sal (*Atriplex nummularia* Lind.) em sistemas integrados do uso de rejeito de dessalinizadores, na Embrapa Semiárido, Área de Prospecção e Pesquisa em Agricultura Biossalina, Petrolina – PE

Fonte: PORTO; ARAÚJO, 1999.

Com o objetivo de avaliar a influência no rendimento da erva-sal (*Atriplex nummularia*) num espaçamento entre covas de 4,0 x 4,0 m e em algumas características do solo, quando irrigada em sulcos com efluentes da criação de tilápia (*Oreochromis sp.*) em rejeito da dessalinização de água salobra no semiárido brasileiro Porto *et al.* (2006), irrigaram a erva-sal durante um ano com quatro volumes de efluentes, em Petrolina, PE, cuja salinidade média foi, de 8,29 dS m<sup>-1</sup>. O

delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 correspondem, respectivamente, aos volumes de efluentes aplicados semanalmente, de 75, 150, 225 e 300 L planta<sup>-1</sup>.

Porto *et al.* (2006) observaram que a salinidade média do solo na profundidade 0 – 90 cm foi de 0,40 dS m<sup>-1</sup>, antes de serem iniciadas as irrigações. Após a colheita, respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, as salinidades médias dos perfis de solo na mesma profundidade (0 – 90 cm) foram de 8,02, 6,09, 4,97 e 4,60 dS m<sup>-1</sup> e os rendimentos de matéria seca da erva-sal, de 9,75, 12,26, 14,49 e 13,81 t ha<sup>-1</sup>, observados na Tabela 01. O maior rendimento de matéria seca por litro de efluente aplicado foi para o tratamento T1, com 4,84 g L<sup>-1</sup> que apresentou, também, a melhor relação entrada/saída de sal, removendo 13,84% do total de sal incorporado ao solo.

Tabela 1 - Estimativas dos rendimentos totais e de partes da planta expressas em matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>), de acordo com os tratamentos

Tratamento	Parte colhida					
	Total	Lenha	Caule Grosso	Caule Fino	Folha	Total Forrageiro
T1	9.758	2.253	1.985	1.898	3.622	5.519,8
T2	12.269	2.555	2.561	2.511	4.641	7.152,7
T3	14497	3.081	3.087	3.071	5.257	8.328,8
T4	13.819	2894	3.045	2.821	5.070	7.891,4

Fonte: Adaptado de PORTO *et al.*, 2006.

A produtividade da erva-sal em diferentes sistemas de produção, expressa em tonelada por hectare de matéria seca comestível (MSC) foi observado por Ben Salem *et al.* (2010) e os dados podem ser observados na Tabela 02. Segundo os autores a MSC é composta por folhas e ramos macios e, galhos com diâmetros

inferiores a 6 mm, podendo ela ter uma variação de 27 a 50% do total da MS. A erva-sal é uma planta de via fotossintética C4 e o crescimento de sua biomassa tende a ser maior durante os meses mais quentes, se outros recursos não são limitantes.

Tabela 2 - Produtividade da erva-sal em diferentes sistemas de produção

Sistema de Produção	Plantas ha <sup>-1</sup>	MSC* (t ha <sup>-1</sup> )	País
Lençol freático (1m) ligeiramente salino	4665	3,30	Argentina
Chuva (350 mm), lençol freático altamente salino	650	0,70	Austrália
Chuva 362 mm	670	0,50	Austrália
Chuva 80 mm e irrigação 18,2 mm	400	2,52	Iraque
Chuva 227 mm	625	0,90	Israel
Chuva 227 mm	10.000	3,20	Israel
Chuva 390 mm	2.500	3,50	Tunísia
Irrigado	17.000	12,30	EUA

Fonte: Adaptado de BEN SALEM *et al.*, 2010.

\* MSC = matéria seca comestível.

Silva *et al.* (2009), avaliaram a produção de erva-sal cultivada em diferentes espaçamentos e irrigada com rejeito de dessalinizadores no semiárido. O delineamento experimental utilizado foi bloco ao acaso, onde foram avaliados quatro espaçamentos (1x1; 2x2; 3x3 e 4x4 m) e três repetições. As plantas foram irrigadas unicamente com água resultante do processo de dessalinização e do meio de cultivo para tilápia rosa (*Oriochromis sp.*) de água salobra, aplicando uma proporção de 100 L por sulco de 4,00 m no T1; 200 L por sulco de 8,00 m no T2; 300 L por sulco de 12,00 m no T3 e 400 L por sulco de 16,00 m no T4, equivalente ao produto de 50% da ETP média semanal da região (49 mm), pela faixa de umedecimento de 1,0 m de largura ao longo de cada sulco ( $V = 0,50 \times 49,0 \times 1,00 \times 1,00 \text{ m} \approx 25,00 \text{ L m}^{-1}$ ). O corte da erva-sal foi realizado aos seis meses de idade,

sendo o material colhido, pesado e separado em seus componentes (folhas e caules) ainda no campo, retirando-se amostras para estimar as produções da erva-sal por hectare e por planta, para as análises bromatológicas e para quantificar as diferentes variáveis respostas.

Foram comparados (Tabela 03) as produções de matéria seca (PMS) da parte aérea (PMS-PA), caules finos (PMS-CF), caules grossos (PMS-CG), total de caule (PMS-TC), folhas (PMS-F) por planta e por hectare, além da área foliar (AF), dos teores de matéria seca (%-MS) das frações da folha (Flh), caules finos (CF) e caules grossos (CG) e da relação da folha:caule. O espaçamento 1x1 m, apresentou maior rendimento por hectare ( $P < 0,05$ ) de PMS-PA, PMS-CF, PMS-CG, PMS-TC e PMS-F, enquanto as produções por planta foram maiores ( $P < 0,05$ ) nos espaçamentos 3x3 e 4x4 m para as mesmas variáveis citadas, não diferindo para a relação folha:caule e percentagem da matéria seca da Flh, CF e CG. O corte aos seis meses de idade indica que o espaçamento de 1x1 m, pode ser a melhor recomendação de cultivo em função da maior produção de acúmulos na maioria das frações da planta da erva-sal, (SILVA *et al.*, 2009).

Ben Salem *et al.* (2010) reportou teores de nutrientes da erva-sal de diferentes estudos mostrando que, em geral, se percebe elevados teores de minerais (cinzas) variando de 16,54 a 35,40% e proteína bruta de 8,85 a 20,00%, porém baixa disponibilidade de energia, que variou de 2,57 a 7,90 MJ por quilograma de matéria seca. Este grande campo de variação está relacionado provavelmente as idades das plantas, às diferentes condições edafoclimáticas e em função das estações do ano. Já os teores de fibra em detergente neutro da erva-sal ficou dentro da faixa aceitável para as espécies arbustivas forrageiras (34,80 a 68,19%).

Tabela 3 - Produção de matéria seca (PMS), parte aérea (PA), caules finos (CF), caules grossos (CG) e Folhas (F) por planta e por hectare, área foliar (AF), percentagem de matéria seca (%MS) da F, CF e CG e a relação folha: caule (RF:C) da erva-sal cultivada em diferentes espaçamentos e irrigada com rejeito de dessalinizados na região semiárida

Variáveis respostas	Espaçamento entre Plantas (m)				Média	CV (%)
	1x1	2x2	3x3	4x4		
Quantificadas por planta						
PMS-PA (kg)	1,08 c	1,96 b	3,40 a	3,68 a	---	10,32
PMS-CF (kg)	0,27 b	0,39 b	0,66 a	0,71 a	---	14,46
PMS-CG (kg)	0,23 c	0,44 bc	0,59 ab	0,88 a	---	21,35
PMS-TC (kg)	0,50 b	0,84 b	1,25 a	1,59 a	---	12,02
PMS-F (kg)	0,58 c	1,12 b	2,15 a	2,09 a	---	12,69
AF (cm <sup>2</sup> )	63.804 c	114.503b	203.392a	238.733a	---	11,40
% MSF	28,51 a	29,00 a	27,02 a	26,50 a	27,76	3,81
% MSCF	62,31 a	59,61 a	56,29 a	52,85 a	57,76	6,54
% MSCG	67,61 a	65,40 a	62,14 a	62,32 a	64,37	4,70
Quantificadas por hectare						
PMS-PA (kg)	10.814a	4.887 b	3.775 bc	2.298 c	---	13,12
PMS-CF (kg)	2.694 a	977 b	730 b	441 b	---	27,32
PMS-CG (kg)	2.292 a	1.110 b	653 b	549 b	---	17,54
PMS-TC (kg)	4.986 a	2.088 b	1.384 b	991 b	---	21,52
PMS-F (kg)	5.827 a	2.799 b	2.391 b	1.306 b	5.95736	22,64
RF:C	1,23 a	1,34 a	1,79 a	1,33 a	1,42	16,00

Fonte: SILVA *et al.*, 2009.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

## 6.7 PRODUÇÃO BIOSALINA DE PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira é uma espécie amplamente cultivada na região semiárida brasileira, com estimativas de cultivos acima de 600 mil hectares (Figura 3). Essa forrageira tem seu cultivo em áreas de sequeiro como a principal forma de produção, sendo bastante tolerante as condições de baixa oferta hídrica do semiárido. O uso da irrigação convencional, com águas de qualidade superior (doce) já é uma realidade para o cultivo da palma, mas a falta de fontes hídricas de corpos

superficiais limita muito a possibilidade de ampliação dessa técnica, que sem dúvidas apresenta potenciais bastante interessante, desde que os custos e benéficos sejam considerados.

Em um tempo recente, estudos têm sido feito no intuito de avaliar o potencial de produção de palma forrageira quando submetida a oferta hídrica de águas salobras de poços subterrâneos. Essas pesquisas têm sido mais direcionadas para as regiões de baixas altitudes, as chamadas “Depressões Sertanejas” onde as possibilidades de cultivos da palma forrageira nem sempre obtêm sucessos. Os resultados já obtidos têm demonstrado que o uso estratégico e sazonal de águas salobras pode garantir o sucesso do cultivo bem como produções bem acima dos alcançados em condições de sequeiro, sendo esses resultados mais expressivos quando as precipitações são bem abaixo das médias anuais.



Figura 3 - Produção bio-salina de palma forrageira, experimentos realizados na Embrapa Semiárido, Área de Prospecção e Pesquisa em Agricultura Bio-salina, Petrolina – PE

Silva (2017) conduziu um experimento com o objetivo de avaliar o impacto do estresse salino e a frequência de irrigação sobre a fisiologia do crescimento em dois gêneros de palma forrageira cultivadas em região de semiárido, localizada na Chapada do Apodi, em Limoeiro do Norte, CE. Foram utilizados dois gêneros de

palma, a *Opuntia* variedade Orelha-de-elefante Mexicana e a *Nopalea* variedade IPA Sertânia. Utilizou-se cinco níveis de salinidade (S), em que a S1 foi o controle (água do canal de irrigação, com condutividade elétrica (C.E.) média em torno de  $0,58 \text{ dS m}^{-1}$ ) e mais quatro níveis de salinidade (S2, S3, S4 e S5, respectivamente, com condutividade média em torno de  $1,67$ ,  $2,69$ ,  $3,77$  e  $4,78 \text{ dS m}^{-1}$ ) e ainda três frequências de irrigação: frequência 1 = uma irrigação por semana de  $500 \text{ mL planta}^{-1}$ ; frequência 2 = duas irrigações por semana de  $500 \text{ mL planta}^{-1}$ ; e frequência 3 = três irrigações por semana de  $500 \text{ mL}$  por planta em dias alternados. Ao final, pode-se concluir que é viável utilizar água salinizada com C.E. de até  $4,78 \text{ dS m}^{-1}$  e com irrigação uma vez por semana na produção de palma forrageiras dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, e ainda, que o cultivo de palma com água salinizada até  $4,78 \text{ dS m}^{-1}$  para manutenção da cultura no período seco é uma opção viável, onde este recurso pode garantir a sobrevivência do cultivo no período escassez hídrica nas condições do semiárido brasileiro.

Ao avaliar o efeito de diferentes intensidades de corte (preservando o cladódio mãe (PCM), os cladódios primários (PCP) e os secundários (PCS) e dois anos de colheita, sobre características morfológicas e produções de matéria verde (PMV) e seca (PMS) da palma forrageira cv. Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) em um solo classificado como Cambissolo Háplico, densidade de  $50.000 \text{ plantas ha}^{-1}$  e a água de irrigação C4S1 (CE  $5,25 \text{ dS.m}^{-1}$ ) aplicada durante os dois anos de experimento com  $5 \text{ L por m linear (2,5 mm)}$  a cada sete dias, totalizando  $10 \text{ mm por mês}$ , com a aplicação independente do índice de precipitação, em sistema de irrigação de gotejamento em fileiras únicas. Lima *et al.* (2015) observaram que o tratamento PCS resultou na maior PMS ( $P < 0,05$ ) com produtividade média de  $27,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , quando comparada à PCP ( $18,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) ou PCM ( $11,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Sem dúvidas as produtividades alcançadas demonstraram que a palma pode responder

muito bem as águas com certas condutividades elétricas, comuns dos poços subterrâneos do semiárido.

Nunes (2018) avaliou o potencial de produção da palma forrageira (cv. Orelha de Elefante Mexicana), em um fatorial 4 x 4 em sistemas bioassalinos de produção. O delineamento adotado foi em blocos ao acaso, arranjo fatorial 4 x 4 e quatro repetições. As parcelas foram compostas por três lâminas de água (LA) (360, 520 e 700 mm), com condutividade média de 3,8 dS m<sup>-1</sup>, mais a condição de sequeiro (130 mm) e, as subparcelas por quatro níveis de matéria orgânica (MO) (0, 15, 30 e 45 t ha<sup>-1</sup>) mais o controle sem adição de matéria orgânica. A aplicação de LA na palma incrementou linearmente o crescimento, as produtividades, alterando de maneira aceitável, a composição bromatológica, enquanto o incremento de MO entre as doses de 30 t ha<sup>-1</sup> a 45 t ha<sup>-1</sup> aumentou linearmente o desempenho agrônômico da cultura.

Tabela 4 - Efeitos de lâminas de água (130, 360, 520 e 700 mm) e da matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t ha<sup>-1</sup>) sobre a produtividade da matéria verde (PMV), produtividade da matéria seca (PMS) expressas em tonelada por hectare da palma forrageira aos 15 meses de idade em sistema de agricultura bioassalina.

Lâminas de irrigação							
Item	Un	130	360	520	700	M	P
PMV	t ha <sup>-1</sup>	43,3	94,5	91,8	98,6	Q	0,001
PMS	t ha <sup>-1</sup>	2,8	6,3	6,8	6,3	Q	0,001
PA	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	40,5	88,2	85,0	79,3	L	0,001
Matéria Orgânica							
Item	Un	00	15	30	45	M	P
PMV	t ha <sup>-1</sup>	23,4	68,1	105,8	130,8	Q	0,001
PMS	t ha <sup>-1</sup>	1,7	4,6	7,0	8,9	Q	0,001
PA	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	21,8	63,5	98,7	121,9	L	0,001

Fonte: Adaptado de NUNES, 2018.

A combinação do uso de lâmina de água salobras com cargas de matéria orgânica promoveu incremento na produtividade da matéria verde e da matéria seca da palma forrageira aos 15 meses de corte (Figura 4). Percebe-se que o aporte adicional de 230 mm de água salobra associadas às diferentes cargas de matéria orgânica (esterco) foi suficiente para alcançar níveis de produtividades maiores ou iguais as demais lâminas aplicadas, demonstrando a tolerância da palma as quantidades de sais carregadas via água, bem como sua eficiência hídrica. A conclusão foi que, o uso de água salina com condutividade média de 3,8 dS m<sup>-1</sup> associados a doses crescentes de matéria orgânica em cultivos de palma forrageira podem aumentar significativamente a produção, Nunes (2018).

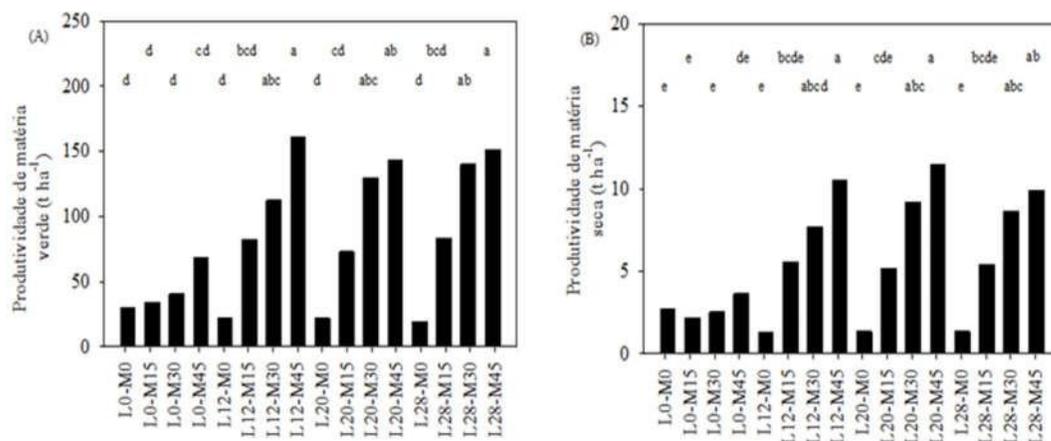


Figura 4 - Interação entre as lâminas de água (LO 130 mm (precipitado), L12 360 mm, L20 520 mm e L28 700 mm) e doses de matéria orgânica (M - 0, 15, 30 e 45 t ha<sup>-1</sup>) sobre a produtividade de matéria verde e de matéria seca da palma forrageira aos 15 meses de idade sob sistema de agricultura bioessalina

Fonte: Adaptado de NUNES, 2018.

Quanto aos custos da irrigação uma boa referência para analisar a viabilidade da mesma é a Dantas *et al.* (2017) que a partir da análise dos dados de produção de um hectare no município de Apodi, Rio Grande do Norte, chegaram a alguns resultados, onde foram analisados o investimento, custos de manutenção,

rentabilidade e estimativa de crescimento ao longo de oito anos, por meio de fluxo de caixa, considerando taxa mínima de atratividade de 8%, foram obtidos o Valor Presente Líquido [VPL], taxa interna de retorno [TIR] e o payback, assim como o cálculo do ponto de nivelamento. O cultivo foi considerado economicamente viável, com a constatação de VPL igual a R\$ 105.892,49 e TIR de 88%. O lucro líquido anual do projeto alcançou R\$ 22.552,20, o que acumulado durante oito anos pode atingir R\$ 158.319,80. Com base no payback o investidor teria retorno do investimento inicial em um ano e nove meses. A produtividade mínima para que a atividade desse lucro foi de 70.103 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

## 6.8 PRODUÇÃO BIOSALINA DE GLIRICÍDIA

A gliricídia, *Gliricidia sepium* (Jacq.), é uma espécie da família *Fabaceae*, que apresenta perenidade e reprodução assexuada por estaquia e sexuada, por meio de sementes, tem porte arbóreo, variando entre 12 e 15 m de altura, com diâmetros de até 30 cm e crescimento cespitoso, formando em média de 4 a 5 fustes (Figura 5). Possui casca fina, lisa e esbranquiçada, com copa ampla, todavia, o desenvolvimento da árvore é bastante variável, dependendo das condições de manejo da planta (NATIONAL ACADEMY SCIENCES, 1980). No Brasil a gliricídia foi inicialmente cultivada no sudoeste da Bahia, posteriormente foi introduzida em outras localidades do Nordeste brasileiro, sendo de fácil propagação estando presente em quase todas as regiões do país (DRUMOND; CARVALHO FILHO, 1999).

Tem um potencial forrageiro bastante interessante, podendo ser utilizada na forma de pastejo direto, bem como na forma de feno ou silagem, sendo um volumoso rico em proteína para dietas de caprinos, ovinos e bovinos. Na literatura, ainda são raros os resultados de trabalhos sobre seu cultivo com o uso de águas salobras ou salinas.



Figura 5 - Produção bioessalina de *Gliricidia sepium*, experimentos realizados na Embrapa Semiárido, Área de Prospecção e Pesquisa em Agricultura Bioessalina, Petrolina – PE

No noroeste da Venezuela, Clavero e Razz (2002) estudaram o efeito da salinidade no crescimento de plantas de *Gliricidia sepium* cultivadas em vasos. Os tratamentos foram quatro concentrações de salinidade ajustadas à condutividade elétrica (0, 3, 6 e 9 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento do experimento foi um arranjo inteiramente casualizado com seis repetições. Foram avaliados a altura das plantas, a produção de matéria seca, o número de nódulos e a atividade fotossintética. Os resultados mostraram uma diminuição significativa em todos os indicadores avaliados com o aumento dos níveis de salinidade, principalmente com níveis superiores a 3 dS m<sup>-1</sup>, Tabela 5.

Tabela 5 – Efeito da salinidade sobre o crescimento da *gliricídia sepium*.

Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> )	Altura da planta (cm)	Produtividade da matéria Seca (g planta <sup>-1</sup> )	Nódulos (nº)	Fotossíntese (umoles CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /seg)
0	127a	145,1a	46a	21,4a
3	115b	124,7b	39b	18,2b
6	107c	82,8c	28c	17,1bc
9	106c	80,4c	26c	14,9c

Fonte: Adaptado de CLAVERO, RAZZ, 2002.

Valores com letras iguais dentro de mesma coluna não diferem entre si (Duncan, P<0,05)

Rahman *et al.* (2019) constataram que a glirícidia suporta elevados níveis de salinidade, ao avaliarem a produção inicial em casa de vegetação, as plantas foram cultivadas em solo franco arenoso associado a esterco bovino e submetida a irrigação com água de diferentes níveis de salinidade, sendo o controle, 20, 40, 60 dS m<sup>-1</sup>, após noventa dias de o plantio, obtiveram a produtividade de 12,75, 8,83, 7,00 e 6,67 gramas por planta de MS, respectivamente.

Rodrigues (2017) avaliou o crescimento, a produtividade e a qualidade da *Gliricídia sepium* sob diferentes lâminas de irrigação, doses de matéria orgânica e momentos de corte em um sistema de agricultura bioessalina. O trabalho foi conduzido na Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, sendo adotado um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com arranjo fatorial 4 x 4 x 4, resultantes da combinação entre quatro regimes hídricos (três irrigações com base na fração evapotranspiração de referência – (ET<sub>o</sub>) 17% ET<sub>o</sub>; 26% ET<sub>o</sub> e 32% ET<sub>o</sub> e outro sob condições de sequeiro, quatro doses de matéria orgânica (0, 15; 30; 45 t ha<sup>-1</sup>) e quatro intervalos de corte (3, 6, 9 e 12 meses). Houve interação entre os intervalos de cortes associados às lâminas de água salobra, com o aumento da produção de matéria seca da folha (MSF) e da matéria seca total (MST), respectivamente, 1.621, kg ha<sup>-1</sup> e 4.895 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6). Conclui-se que a lâmina de água de 615 mm associada ao momento de corte de 9 meses proporcionou melhores incrementos de massa de forragem da *Gliricídia sepium*.

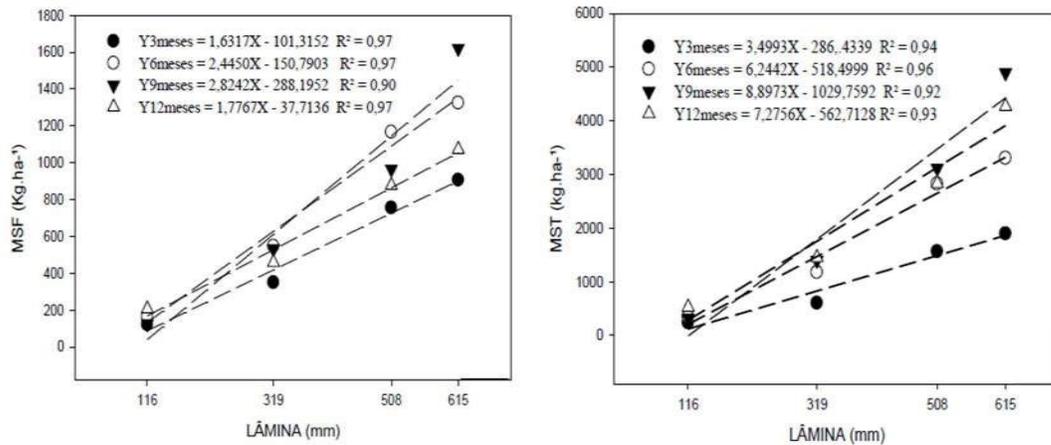


Figura 6 - Produção média de matéria seca da folha (MSF) e da matéria seca total (MST) em função das lâminas de água salobra aplicada e diferentes intervalos de cortes da *Gliricídia sepium*

Fonte: RODRIGUES, 2017.

## 6.9 PRODUÇÃO BIOSALINA DE SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) é uma gramínea da família Poaceae, é uma planta de ciclo curto, aproximadamente quatro meses, possui metabolismo fotossintético C4, o que a torna tolerante a elevados níveis de radiação solar, apresentando altas taxas fotossintéticas mesmo em condições adversas em que haja baixa disponibilidade de CO<sub>2</sub> devido ao seu mecanismo de fechamento dos estômatos, evitando assim grandes perdas de água (LANDAU, SANS, 2010). Dentre as características favoráveis para produção de sorgo, se faz necessário dias e noites com temperaturas média acima de 25°C e precipitações acumuladas de 400 a 600 mm, podendo atingir sua maturidade variando entre 90 e 140 dias (SILVA, 2003).

O sorgo forrageiro tem sido apontado como uma cultura de alto potencial de uso em áreas salinizadas do Semiárido devido ao seu alto valor energético na alimentação animal, além de sua adaptação a ambientes secos, salinos e quentes, os quais são limitantes para o cultivo de outras espécies forrageiras (GOIS *et al.*, 2019). Além disso, o sorgo se adapta bem a diferentes tipos de solo e toxicidades,

e esses fatores juntos o tornam uma cultura ideal para o cultivo em ambientes abioticamente estressantes. (SAADAT; HOMAEE, 2015).

Acredita-se que a tolerância do sorgo a salinidade do solo e da água seja de até 6,8 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica, respectivamente. Acima desses limites, uma redução de rendimento de 16% é esperada para cada aumento de unidade de salinidade do solo (KENNETH; NEELTJE, 2002; CALONE *et al.*, 2020).

De acordo com Trindade *et al.* (2006) os genótipos de sorgo que são mais tolerantes a ambientes salinos podem se manifestar por mecanismos que causam restrição a passagem dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, ou seja, possivelmente, maiores quantidades de íons que são acumuladas nas folhas de sorgo forrageiro representam genótipos mais sensíveis a salinidade em relação aos mais resistentes.

Shakeri *et al.* (2017) ao avaliar respostas produtivas de 36 cultivares de sorgo granífero irrigados com água salina, verificaram reduções de até 66% na produção de biomassa quando submetidos a uma condutividade de até 12 dS m<sup>-1</sup>. De acordo com Sun *et al.* (2014) em estudos sobre tolerância a salinidade de dez variedades de *Sorghum bicolor* L. a salinidade, observaram diferenças no rendimento de cultivares de sorgo quando submetidas a irrigação com água salina com condutividade elétrica de 10 dS m.

Pesquisas realizadas por Lira *et al.* (2020) na produção de sorgo cv. Ponta negra sob diferentes lâminas de irrigação com água salobra de 25% (87,7 mm), 50% (160,9 mm), 75% (234 mm) e 100% ETo (307,2 mm) no primeiro ciclo produtivo (46 dias) associado a 138,4 mm de precipitação e no segundo ciclo (63 dias) com irrigação de 25% (87,7 mm), 50% (160,9 mm), 75% (234 mm) e 100% ETo (307,2 mm) e 2 mm de chuva durante o período experimental associado a níveis de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t ha<sup>-1</sup>) realizado na Embrapa Semiárido, município de Petrolina-PE, constatou-se valores médios da produção de massa verde (PMV) e

seca (PMS) de 35,22 t ha<sup>-1</sup> e 10,55 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, para o primeiro ciclo e PMV de 14,43 t ha<sup>-1</sup> e PMS de 5,30 t ha<sup>-1</sup> no segundo ciclo produtivo (Tabela 6).

Tabela 6 - Produção de massa verde (PMV; t ha<sup>-1</sup>) e matéria seca (PMS; t ha<sup>-1</sup>) e eficiência do uso de água (EUA; kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) de sorgo cv. Ponta Negra irrigado com diferentes lâminas de irrigação e níveis de matéria orgânica

Corte	ETo	Irrigação (mm)	Precipitação (mm)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	PMS (t ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
1	25%	74,1	138,4	30,64	9,72	45,75
1	50%	130,8	138,4	35,71	10,52	39,08
1	75%	187,5	138,4	39,59	11,85	36,38
1	100%	244,1	138,4	34,95	10,12	26,47
2	25%	87,7	2	13,75	4,74	52,91
2	50%	160,9	2	14,50	5,40	33,16
2	75%	234,0	2	15,57	5,78	24,48
2	100%	307,2	2	13,89	5,30	17,16

Fonte: Adaptado de LIRA, 2019.

De acordo com o mesmo autor, a eficiência de uso da água (EUA) no segundo corte aos 76 dias após de rebrota sob níveis de irrigação com água salobra, observou-se efeito isolado das lâminas com comportamento linear decrescente com maior eficiência (52,91 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) na menor lâmina de água salobra (25% ETo; 87,7mm) e menor eficiência (17,17 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) para a maior proporção de água salobra na irrigação (100% ETo; 307,2mm) na produção de sorgo.

Os resultados observados nessa pesquisa foram inferiores aos obtidos por Perazzo *et al.* (2013), ao estudarem a eficiência de uso de água da chuva para cultura do sorgo com precipitação de 113mm, cujos valores médios observados variaram de 15,36 kg e 126,25 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, Guimarães *et al.* (2019) observaram que as reduções da eficiência do uso de água no segundo corte da cultura do sorgo indicam a necessidade de maior consumo de água pelas plantas para a produção de biomassa à medida em que os níveis de

salinidade aumentavam e inferem que a redução da produção foi mais afetada do que o consumo de água, haja visto que a planta consumiu mais e reduzindo a sua produtividade.



Figura 7 - Produção bioassalina de sorgo, experimentos realizados na Embrapa Semiárido, Área de Prospecção e Pesquisa em Agricultura Bioassalina, Petrolina – PE

Pesquisa realizada por Cunha (2019) na Embrapa Semiárido avaliando a composição nutricional de sorgo cv. Ponta Negra irrigado com níveis de água salobra observou efeito das lâminas de irrigação para percentual da matéria seca (MS) do sorgo, onde maiores resultados ( $382,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) foram obtidos nas plantas que foram irrigadas a maior lâmina de irrigação (100% Eto; 307, 2mm) e menores valores ( $341,7 \text{ g Kg}^{-1} \text{ MS}$ ) foram observados para o sorgo irrigados com menores proporções de água salobra (25%; 87,7 mm). Os valores encontrados são semelhantes aos observados por Guimarães *et al.* (2019) que ao avaliar genótipos de sorgo forrageiro irrigado sob diferentes frações de lixiviação, observaram efeito linear positivo para o teor de matéria seca, com médias variando entre 41,44 a 44,62%. No entanto, os resultados obtidos por Gois *et al.* (2019) avaliando diferentes frações de lixiviação com água salina observaram um decréscimo nos teores de matéria seca em relação a cultura não irrigada, o que poderia estar relacionada ao efeito tóxico de íons como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  na lixiviação líquida de carbono e, portanto, na

produção de fotoassimilato (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017).

## 6.10 PRODUÇÃO BIOSALINA DE MILHETO

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae e ao gênero *Pennisetum* (BRUKEN, 1977). Com origem nas savanas africanas é capaz de produzir sob condições climáticas desfavoráveis e em solos com baixa fertilidade (CATELAN, 2010). É uma espécie de origem tropical com metabolismo C4, tolerante a déficit hídrico moderado e altas temperaturas, sendo necessários, em média, 350 mm de água por ciclo (ULLAH, *et al.*, 2017; ALMEIDA *et al.*, 2021).

A temperatura média ideal observada para o seu desenvolvimento seria em torno de 28 a 38°C. O sistema radicular de genótipos de milheto tem um comprimento médio de 3,60 metros de profundidade ao solo o que constitui na tolerância e persistência a climas áridos e semiáridos e por transformar água em matéria seca, sendo necessários 300 a 400 g de água para originar 1 g de matéria seca (PERRET; SCATENA, 1985).

Sua rusticidade e versatilidade do milheto possibilita grande diversidade de uso, como produção destinada a palhada para o sistema de plantio direto, produção de forragem para pastejo, silagem, produção de grãos, recuperação de pastagens e de solos degradados tanto pela produção de palhada como planta descompactadora de solo. Diante disso, sua adaptação a solos de baixa fertilidade e excelente capacidade de produção de fitomassa e valor nutricional, torna-se uma alternativa para regiões de clima semiárido, onde existem grandes incertezas climáticas (NICOLAU SOBRINHO *et al.*, 2009; GHATAK *et al.*, 2016).

A tolerância da cultura à salinidade também é deve ser levado em consideração devido à extensão e ao aumento constante das áreas afetadas pelo

sal em regiões áridas e semiáridas. O milho (*Pennisetum glaucum*), comumente considerado bastante tolerante à salinidade, pode ser uma opção de cultivo alternativa para as áreas afetadas pelo sal. (KRISHNAMURTHY *et al.*, 2007)

Estudo realizado por Lira *et al.* (2020) sobre as características produtivas do milho irrigado com água salobra e níveis de matéria orgânica na Embrapa Semiárido no município de Petrolina – PE (Figura 2) avaliou-se quatro lâminas de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% da evapotranspiração) equivalente a 49,67; 81,85; 114,02; 146,20 mm no primeiro ciclo (63 dias) e 40,29; 80,59; 120,89 e 161,18 mm no segundo (46 dias) com precipitação média de 138,4 e 1,3 mm, respectivamente, e quatro níveis de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t ha<sup>-1</sup>). Não foi observado diferença no primeiro ciclo produtivo de massa verde e fresca sob as diferentes lâminas de irrigação com valores médios observados de 25,04 e 6,66 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. No entanto, houve uma maior produtividade no segundo ciclo de produção à medida que se elevava as lâminas de irrigação.

Tabela 7 - Produção de massa verde (PMV; t ha<sup>-1</sup>) e matéria seca (PMS; t ha<sup>-1</sup>) eficiência do uso de água (EUA; kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) de genótipo de milho ADR300 irrigado com diferentes lâminas de irrigação e níveis de matéria orgânica.

Corte	Eto	Irrigação (mm)	Precipitação (mm)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	PMS (t ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
1	25%	49,7	138,4	22,13	6,05	32,18
1	50%	81,8	138,4	26,37	7,37	33,46
1	75%	114,0	138,4	23,46	6,09	24,13
1	100%	146,0	138,4	28,22	7,13	25,05
2	25%	40,30	1,3	7,14	1,97	47,47
2	50%	80,60	1,3	11,24	3,00	36,64
2	75%	120,9	1,3	14,40	3,85	31,54
2	100%	161,2	1,3	17,98	4,81	29,59

Fonte: Adaptado de LIRA *et al.*, 2020.

De acordo com Lira *et al.* (2020) as lâminas de irrigação com água salobra afetaram os EUA na produção de milho no segundo ciclo de produção (46 dias) proporcionando maior eficiência ( $47,47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ) quando irrigado com a menor lâmina de água salobra (25%; 40,3 mm) e menor eficiência ( $29,59 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ) quando a maior lâmina de irrigação era aplicada (100%; 161, 2 mm). Diante disso, vale ressaltar que apesar dos valores de produtividade serem superiores nas maiores lâminas de água salobra, o menor aporte hídrico em ambas as condições de precipitação, propõe plantas mais eficientes no uso de água advindo de poços subterrâneos com certos teores de sais.



Figura 8 - Produção bioessalina de milho, experimentos realizados na Embrapa Semiárido, Área de Prospecção e Pesquisa em Agricultura Bioessalina, Petrolina – PE

De acordo com Silva *et al.* (2003), o sorgo possui teores médios de fibra em detergente neutro de 62,65% e fibra em detergente ácido de 31,38%. Pesquisas realizadas por Gontijo *et al.* (2008) avaliando seis híbridos de sorgo em duas épocas de plantio e três cortes sucessivos, obtiveram valores médios de 16,3% para PB, 54,8% para FDN e 31,0% para FDA, além de ser uma de mineral rica em nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo.

Valores semelhantes foram observados por Lira *et al.* (2020) em pesquisa avaliando a composição químico-bromatológica em milho ADR 300 irrigados com água salobra observou uma redução nos valores de proteína e extrato etéreo a medida que se aumentava a quantidade de água salobra com variação de 16,59 a 13,88% e 2,34 e 1,97 % respectivamente. Valores médios de matéria seca encontrados por Cunha (2019) e Lira *et al.* (2020) variam de 31,31 a 38,27 submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salobra variando 49,7 mm a 161,2 mm e precipitações de 1,3 a 138,4mm.

## 6.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de forragem tendo como base os princípios da “Agricultura Bioassalina” apresenta um elevado potencial para a pecuária de terras secas da região semiárida brasileira. O seu sucesso sempre dependerá dos critérios técnicos utilizados pelos produtores, visto que, é de fundamental importância o conhecimento da composição química das águas salobras dos poços subterrâneos, das características físicas e químicas dos solos, bem como do grau de tolerância aos sais pelas espécies forrageiras cultivadas.

Não existe um modelo único de sistema bioassalino de produção de forragem. Várias são as possíveis combinações entre tipos de águas, de solos e de plantas. Todavia, é preciso entender que critérios de sustentabilidade devem ser considerados para que os cultivos possam ter o máximo de longevidade possível, em uma determinada área de produção. O monitoramento das condições dos componentes dos sistemas, quanto aos graus de saturação de sal deve ser sempre realizado.

Para as condições do semiárido nordestino, a premissa de uso estratégico e sazonal da agricultura bioassalina, deve ser utilizada com o máximo rigor. Sempre

deve ser levado em consideração que as águas salobras dos poços subterrâneos carregam sais para os solos e assim sendo, ela deve ser utilizada na menor quantidade possível e com critério técnico (de acordo com sua condutividade e sodicidade), respeitando a lógica de máxima eficiência de uso de água pela espécie forrageira e sua tolerância aos sais.

Por fim, não há como desconsiderar o potencial latente das águas salobras dos mais de duzentos mil poços perfurados e existentes no semiárido. Se apenas um hectare fosse cultivado com essas águas, seriam 200 mil hectares de produção de forragem, que serviriam para aumentar a capacidade de suporte das unidades pecuárias, diminuindo a vulnerabilidade dos sistemas e aumentando a eficiência de produção deles.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, [S. l.], v.7, p. 1–38, 2017.

ALMEIDA, M. C. R. de; LEITE, M. L. de M. V.; SOUZA, L. S. B. de; SIMÕES, V. J. L. P.; PESSOA, L. G. M.; LUCENA, L.; CRUZ, M. G. da; SÁ JÚNIOR, E. H. de; Agronomic characteristics of the Pennisetum glaucum submitted to water and saline stresses. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, [S. l.], v. 43, p. 2-11, 2021. DOI: 10.4025/actascianimsci.v43i1.50468

ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; CHIZZOTTI, M. L.; TURCO, S. H. N.; CARVALHO, F. F. R. Water and small ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia = Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 39, p. 326-336, 2010.

AYYAM, V.; PALANIVEL, S.; CHANDRAKASAN, S. Biosaline Agriculture. **Coastal Ecosystems of the Tropics - Adaptive Management**, Singapore, 12 oct. 2019. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8926-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8926-9_21).

BEN SALEM, H.; NORMAN, H. C.; NEFZAOU, A.; MAYBERRY, D. E.; PEARCED, K. L.; REVELL, D. K. Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in

- sheep and goat feeding. *Small Ruminant Research*, [s. l.], v. 91, n. 1, p. 13-28, 2010.
- BRUKEN, J. N. A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Graminea). **American Journal of Botany**, [S. l.], v. 64, n. 2, p. 161-176, 1977.
- CALONE, R.; SANOUBAR, R.; LAMBERTINI, C.; SPERANZA, M.; ANTISARI, L. V.; VIANELLO, G.; BARBANTI, L. Salt Tolerance and Na Allocation in Sorghum bicolor under Variable Soil and Water Salinity. **Plants**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 561, 2020.
- CATELAN, F. (2010). Avaliação de grãos de milho (Pennisetum glaucum) na alimentação de coelhos em crescimento. 2010. 52f (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, PR.
- CLAVERO, T.; RAZZ, R. Salinity effect on growth of Gliricidia sepium. **Revista Científica de Veterinária**, [S. l.], v. 12, p. 517-518, 2002. Suplemento 2.
- CUNHA, D. S. Características nutricionais de espécies forrageiras adaptadas ao Semiárido, cultivadas com água salobra e matéria orgânica. 80 f. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE.
- DANTAS, S. F. de A.; LIMA, G. F. da C.; MOTA, E. P. da. Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido Potiguar. **Revista Ipecege**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 59–74, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.59>.
- DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. de. Introdução e avaliação de Gliricidia sepium na região semiárida do Nordeste Brasileiro. In: QUEIRÓZ, M.A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido; Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/153831/recursos-geneticos-e-melhoramento-de-plantas-para-o-nordeste-brasileiro>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- FEITOSA, F. A. C.; VIDAL, C. Estudos hidrogeológicos de bacias sedimentares da região semiárida do nordeste brasileiro. Proposta de trabalho. Fortaleza: CPRM, 2004.

FLOWERS, T. J; GALAL, H. K; BROMHAM, L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 37, p. 604–612, 2010.

GHASSEMI, F.; JAKEMAN, A. J.; NIX, H. A. **Salinisation of Land and Water Resources**. Wallingford: CAB International, 1995.

GHATAK, A.; CHATURVEDI, P.; NAGLER, M.; ROUSTAN, V.; LYON, D.; BACHMANN, G.; POSTL, W.; SCHRÖFL, A.; DESAI, N.; VARSHNEY, R. K.; WECKWERTH, W. Comprehensive tissue-specific proteome analysis of drought stress responses in *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (Pearl millet). **Journal of Proteomics**, Bethesda, v. 143, p. 122-135, 2016.

GOIS, G. C.; MATIAS, A. G. S.; ARAÚJO, G. G. L.; CAMPOS, F. S.; SIMOES, W. L.; LISTA, F. N. ; GUIMARÃES, M. J. M.; SILVA, T. S.; MAGALHÃES, A. L. R.; SILVA, J. K. B. Nutritional and fermentative profile of forage sorghum irrigated with saline water. **Biological Rhythm Research**, [S. I.], v. 50, n. 1, p.1–12, 2019.

GONTIJO, M.H.R.; BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, M.M.; PANCOTI, C.G. Qualidade nutricional de seis híbridos de sorgo com capim-sudão submetidos a épocas de plantio e cortes distintas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.7, n.1, p.45-56, 2008.

GOODIN, J. R.; NORTHINGTON, D. K. Plant resources of arid and semiarid lands: a global perspective. Orlando: Academic Press, 1985.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; ROBINSON, P. H.; SUAREZ, D. L.; BENES, S. E. Evaluation of salt-tolerant forages for sequential water reuse systems: I. Biomass production. *Agric. Water Manage*, [S. I.], v. 70, p. 109–120, 2004.

GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; OLIVEIRA, A. R.; ARAUJO, G. G. L.; SILVA, Ê. F. de F.; WILLADINO, L. G. Biometrics and grain yield of sorghum varieties irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 285-290, 2019.

INTERNATIONAL CENTER FOR BIOSALINE AGRICULTURE- ICBA. Biosalinity news. Newsletter of the International Center of Biosaline Agriculture, Dubai, v. 9, n. 2, Jul., 2006.

KHAIRWAL, I. S.; RAI, K. N; DIWAKAR,B.; SHARMA, Y. K.; RAJPUROHIT, B. S.; BINDU, N.; RANJANA,B.. Growth and Development of Pearl Millet Plant. **International**

**Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics**, Andhra Pradesh, India. p. 104, 2007.

KENNETH, K. T.; NEELTJE, C. K. **Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas**. Rome: FAO, 2002. Irrigation and Drainage, Paper 61.

KRISHNAMURTHY L.; SERRAJ, R.; RAI K. N.; HASH JÚNIOR C. T.; DAKHEEL A. Identification of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] lines tolerant to soil salinity. **Euphytica**, [S. l.], v. 158, p. 179-188, nov. 2007.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima. *In*: LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo de sorgo**. 6. ed. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

LIMA, G. F. C.; REGO, M. M. T.; AGUIAR, E. M.; SILVA, J. G. M.; DANTAS, F. D. G.; GUEDES, F. X.; LOBO, R. N. B. Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated *Napolea* forage cactos. **ISHS Acta Horticulturae**, [S. l.], v. 1067, p. 243-258, 2015.

LIRA, J. B. Potencial forrageiro do milheto e sorgo irrigados com água salina e níveis de matéria orgânica. 70 f. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola). Universidade Federal de Pernambuco, Garanhuns, PE.

LIRA, J. B. de; ANDRADE, A. P. de; MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, F. S.; ARAÚJO, G. G. L. de; DEON, D. S.; GOIS, G. C., REGINATO Neto, A. R.; CUNHA, D. S.; TABOSA, J. N.; SILVA, T. G. F.; NAGAHAMA, H. de J. Production of Pearl Millet Irrigated with Different Levels of Brackish Water and Organic Matter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 51, n. 5, p. 1 - 9, 2020.

MASTERS, D. G.; BENES, S. E.; NORMAN, H. C. Biosaline agriculture for forage and livestock production. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s. l.], v. 119, p. 234-248, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.08.003>.

NATIONAL ACADEMY SCIENCES (Washington). **Firewood crops: shrub and tree species for energy production**. Washington, 1980. 237 p.

NICOLAU SOBRINHO, W. *et al.* Acúmulo de nutrientes nas plantas de milheto em função da adubação orgânica e mineral. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v. 22, n. 3, p.107- 110, julho/setembro 2009.

NUNES, T. C. M. D. **Sistemas biossalinos de produção de palma forrageira recebendo crescentes lâminas de água e doses de matéria orgânica**. 2018. 44 f. Dissertação (Pós-graduação em Forragicultura e pastagens) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2018.

PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; FARIAS RAMOS, J. P.; AQUINO, M. M.; SILVA, T. C.; BEZERRA, H. F. C. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1771-1776, 2013.

PERRET, V.; SCATENA, C. M. **Milheto**: um cereal alternativo para os pequenos produtores do sertão da Bahia. Salvador: EMATER-BA-CPATSA, 1985. 103 p. (Série pesquisa e desenvolvimento, 9).

PORTO, E. R.; ARAÚJO, G. G. L. de. **Erva Sal** (*Atriplex nummularia*). Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1999. (. Instruções Técnicas, 22).

PORTO, E. R. *et al.* Rendimento da *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápia em rejeito da dessalinização de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 97-103, 2006.

RAHMAN, M. A.; DAS, A. K.; SAHA, S. R.; UDDIN, M. M.; RAHMAN, M. M. Morpho-physiological response of *Gliricidia sepium* to seawater-induced salt stress. **The Agriculturists**, Bangladesh, v. 17, n. 1-2, p. 66-75, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3329/agric.v17i1-2.44697>.

RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SOUSA, W. H. Estratégias de produção, conservação e utilização de forragens para alimentação de caprinos e ovinos no semiárido. *In*: CAMPOS, F. S.; SANTOS, E. M.; SOUSA, W. H.; MEDERIOS, L. T. V.; OLIVEIRA, F. G.; RAMOS, J. P. F. **Estratégias de utilização do milho para alimentação de caprinos e ovinos no Semiárido**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2018. p. 79-93. Disponível em: <http://empaer.pb.gov.br/pdf/livro-estrategias-de-producao-de-forragens>. Acesso em: 23 jun. 2021.

RODRIGUES, C. T. A. **Avaliação de plantas de gliricídia submetida a diferentes lâminas de irrigação, doses de matéria orgânica e momentos de corte em sistema bioassalino**. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Naturais do Semiárido) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Petrolina-PE, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181998/1/Dissertacao.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SAADAT, S.; HOMAEE, M. Modeling sorghum response to irrigation water salinity at early growth stage. **Agric. Water Manag.**, [S. l.], v. 152, p. 119–124, 2015.

SHAKERI, E.; EMAM, Y.; TABATABAEI, S. A.; SEPASKHAH, A. R. Evaluation of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) lines/cultivars under salinity stress using tolerance

índices. **International Journal of Plant Production**, Chhattisgarh, v. 11, p. 101-116, 2017.

SILVA, J. S. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos à salinidade**. 2003. 109 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003.

SILVA, J. R. R.; MISTURA, C.; ARAUJO, G. G. L. de; PORTO, E. R.; VOLTOLINI, T. V.; OLIVEIRA, P. T. L. de; SANTOS, O. O. dos. Produção de erva-sal cultivada em diferentes espaçamentos e irrigada com rejeito de dessalinizadores no semi-árido. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Inovação científica e tecnológica em zootecnia: anais dos resumos**. Maringá: SBZ: UEM, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA, R. H. D. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina**. 2017. 56 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

SUN, Y. *et al.* Variability in Salt Tolerance of Sorghum bicolor L. **Agricultural Science**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 9-21, 2014.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 804-810, 2006.

ULLAH, A.; AHMAD, A.; KHALIQ, T.; & AKHTAR, J. Recognizing production options for pearl millet in Pakistan under changing climate scenarios. **Journal of Integrative Agriculture**, 16(4), 762-773, 2017.