



## PROJETO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

**PCT BRA/IICA/14/001: Implementação de Estratégias e Ações de Prevenção, Controle e Combate à Desertificação Face aos Cenários de Mudanças Climáticas e à Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**

**PRODUTO 3 – Relatório técnico contendo proposta de documento com informações e análise técnica sobre níveis de rendimentos e possibilidades de salinização e sodificação dos solos quando do uso de águas salobras e salinas para fins de irrigação em cultivos específicos**



Foto: L. C. Hermes

**Vista do Campo Experimental da Embrapa Semiárido - Avaliação de alternativas de cultivos irrigados com o concentrado da dessalinização**

**Everaldo Rocha Porto**

**Petrolina, novembro de 2016**

## FOLHA DE ROSTO PARA PRODUTOS DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

### Identificação

Consultor(a) / Autor(a): Everaldo Rocha Porto

Número do Contrato: 116180

Nome do Projeto: PCT BRA/IICA/14/001

Oficial/Coordenador Técnico Responsável: Romélia Moreira de Souza

Data /Local: Brasília 04/11/2016

### Classificação

#### Temas Prioritários do IICA

Agroenergia e Biocombustíveis	Sanidade Agropecuária	
Biotecnologia e Biosegurança	Tecnologia e Inovação	X
Comércio e Agronegócio	Agroindústria Rural	
Desenvolvimento Rural	Recursos Naturais	X
Políticas e Comércio	Comunicação e Gestão do Conhecimento	
Agricultura Orgânica	Outros:	
Modernização Institucional		

#### Palavras-Chave:

Águas marginais – Escassez de recursos hídricos - Uso de água salina na irrigação – Recuperação de solos salinos – tolerância de cultivos à salinidade

### Resumo

#### Título do Produto:

Relatório técnico contendo propostas de documento com informações e análise técnica sobre níveis de rendimentos e possibilidades de salinização e sodificação dos solos quando do uso de águas salobras e salinas para fins de irrigação em cultivos específicos.

#### Subtítulo do Produto:

Nota técnica especificamente sobre os limites da salinidade e da presença de alguns elementos e compostos químicos presentes em águas salobras e salinas com potencial de uso em irrigação de cultivos específicos, contendo contextualização, metodologia para avaliação de parâmetro da água, recomendações de práticas e manejo apropriados, revisão bibliográfica, informações atualizadas, fotos e tabelas.

#### Resumo do Produto:

Com a crescente explosão demográfica em todo o mundo, o uso dos recursos naturais solo

e água estão sendo explorados exaustivamente na tentativa de produzir alimentos para equilibra a demanda que cresce a cada dia. Muitos países já estão lançando mão de águas consideradas marginais para auxiliar na resolução desse problema. Países em situações mais críticas estão investindo na criação de institutos de pesquisa para avançar mais rapidamente sobre o assunto. Vários resultados de sucesso da irrigação com água de alta salinidade já estão disponíveis na literatura mundial, com detalhamentos de como proceder para a sua utilização com o mínimo de impactos ambientais. De fato, a utilização de águas salobras e salinas para irrigação se apresenta atualmente como uma nova tecnologia para a produção agrícola. Cada vez mais este recurso deverá ser usado em função das mudanças climáticas que já estão em curso. Considerando este fenômeno, a região semiárida brasileira será a que mais sofrerá impacto, visto que um grande contingente da população vive e tem sua dependência financeira baseada na exploração da agricultura de sequeiro (dependente de chuva). Nos últimos seis anos as precipitações foram reduzidas em mais de trinta por cento nesta região. Como resultado deste fenômeno, a região está perdendo grande parte de seu rebanho pecuário em virtude da diminuição da capacidade de suporte da vegetação nativa (caatinga). Por outro lado, a região dispõe de um grande número de poços tubulares com grande dispersão nas comunidades. Estes apresentam vazões variáveis e a qualidade da água é salina, apresentando uma média de 2,0 gramas de sais por litro. A utilização desse manancial em pro da produção de forragens pode garantir a segurança da exploração pecuária para os pequenos produtores da região. E não só isso, como também permitir a recuperação da vegetação nativa, cujas muitas espécies estão ameaçadas de extinção, em consequência do superpastejo praticado pelo rebanho cujos produtores não possuem reservas forrageiras para alimentar seus animais em épocas de seca. Afinal, o halomorfismo faz parte dos processos pedogenéticos que são naturalmente desenvolvidos na região. Conviver com a salinidade faz parte da “convivência com o Semiárido”. Nesta nota técnica são apresentados os procedimentos para avaliar a adequabilidade das águas salobras e salinas, incluindo avaliação de parâmetros, sugestões de análises, estabelecimento de limites de salinidade para algumas espécies vegetais e, recomendações para o manejo da irrigação e de práticas agrícolas recomendáveis para evitar ou reduzir os impactos ambientais quanto à salinização e sodificação dos solos da região.

### **Qual Objetivo Primário do Produto?**

Disponibilizar para técnicos, em especial membros das coordenações estaduais do PAD, e demais interessados valores de referência sobre até que nível de salinidade uma água salobra ou salina, incluindo o concentrado da dessalinização, pode ser usada para irrigar cultivos específicos, incluindo procedimentos para os manejos apropriados da água, do solo e da cultura. Também, estão sendo disponibilizadas informações de como reduzir os impactos ambientais causados pela salinização e sodificação dos solos irrigados com estes tipos de águas.

### **Que Problemas o Produto deve Resolver?**

Para os pequenos produtores, tanto a exploração da agricultura como a criação de animais, são vistas como necessárias para a sobrevivência, sendo a pecuária a atividade principal. O sistema de criação é extensivo, tendo a vegetação nativa como o principal ingrediente da dieta animal. Com a recorrência de secas na região semiárida brasileira, em função das mudanças climáticas, a caatinga não tem mais a capacidade de suporte que tinha a décadas atrás. Por outro lado, a disponibilidade de água, com qualidade, para a produção agrícola tem sido cada vez mais escassa. No entanto, existe um grande potencial hídrico que pode contribuir significativamente na resolução desse problema, que são milhares de poços tubulares perfurados na região. Todavia, a água proveniente destes poços apresenta variados níveis de salinidade. Daí a necessidade de estabelecer limites sobre a qualidade

destas águas quando de seus usos na irrigação.

### **Como se Logrou Resolver os Problemas e Atingir os Objetivos?**

Através de uma ampla revisão bibliográfica, avaliando as informações mais recentes produzidas pelas instituições nacionais e internacionais, incluindo as resoluções 357 e 396 do CONAMA, sobre o uso de águas marginais como insumo para a irrigação de espécies vegetais que toleram altos níveis de salinidade.

### **Quais Resultados mais Relevantes?**

Contribuiu com a gestão do Programa Água Doce através da abertura de novas possibilidades de uso de águas salobras e salinas; aliviar o problema de escassez de forragem nas pequenas propriedades do semiárido brasileiro, reduzindo assim, as perdas econômicas causadas pelo baixo desempenho zootécnico do rebanho causadas pela deficiência nutricional dos animais.

### **O Que se Deve Fazer com o Produto para Potencializar o seu Uso?**

Disponibilizar as informações às coordenações estaduais e comunidades trabalhadas pelo Programa Água Doce; transferir os dados que estabelecem limites sobre a qualidade da água para o banco de dados PAD; desenvolver um “soft” para análise dos resultados sobre a qualidade das amostras de água armazenados no referido banco de dados; e gerar relatórios específicos para cada comunidade sobre a potencialidade de uso de suas fontes hídricas para a pequena irrigação.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Fundamentos e princípios relacionados à irrigação com água salina.....	7
2.1. Classificação da água quanto à salinidade e sodicidade.....	8
2.2. Impactos da qualidade da água sobre as propriedades físicas do solo.....	9
2.2.1. Infiltração da água .....	10
2.2.2. Toxicidade.....	10
3. Fatores que influenciam no uso de águas salobras e salinas.....	11
4. Tolerância das plantas à salinidade .....	12
4.1. Particularidade das halófitas.....	19
4.2. A erva-sal ( <i>Atriplex nummularia</i> ).....	19
4.2.1. Recuperação do solo cultivado com erva-sal irrigado com água salina: um estudo de caso.....	19
4.3. Espécies florestais.....	20
5. Manejo e práticas agrícolas quando do uso de águas salobras e salinas.....	21
5.1. O sistema e a frequência de irrigação.....	21
5.2. Os métodos de irrigação.....	22
5.3. Controle da salinidade na zona radicular através da lixiviação.....	22
5.4. Problemas de infiltração e o uso de gesso na correção do RAS.....	23
6. Considerações finais .....	24
7. Bibliografias.....	25

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABELAS**

# **Relatório técnico contendo proposta de documento com informações e análise técnica sobre níveis de rendimentos e possibilidades de salinização e sodificação dos solos quando do uso de águas salobras e salinas para fins de irrigação em cultivos específicos**

## **1. Introdução**

Com o incremento populacional em todo o mundo, o equilíbrio entre a oferta e a demanda de alimentos está cada vez mais distante a ponto de que, em alguns países, a situação ser alarmante. Por outro lado, escassez de água com qualidade representa uma das mais graves preocupações enfrentadas pelo mundo contemporâneo, não só porque afeta diretamente a disponibilidade de água para o consumo humano, mas também, porque interfere na indústria, na agricultura, inclusive, nas questões sociais, em função da distribuição com espacialidade desuniforme dos pontos de abastecimento. Para intensificar ainda mais a crise, já estão em curso às previstas mudanças climáticas.

Nas décadas de 60 e 70, deu-se o início da grande Revolução Verde, que teve como protagonista o melhoramento genético das espécies vegetais e o avanço na ciência da irrigação. Em tempos atuais, tanto a genética como a irrigação podem contribuir para o equilíbrio da oferta de alimentos em todo o mundo. Todavia, novos suprimentos de água tão necessária a esta expansão são escassas. A agricultura irrigada já é considerada a maior consumidora dos recursos hídricos. Neste contexto, nas últimas décadas, ênfase está sendo dada para um manejo de água mais eficiente e no uso de águas salobras e salinas, até então considerada marginais. No entanto, alto nível de salinidade na água pode restringir o seu uso pela maioria das culturas, ocasionando assim perdas na produção.

Pesquisas conduzidas em vários países demonstram que, águas até então consideradas como muito salina podem ser usadas na irrigação de alguns cultivos sem, contudo reduzir, significativamente, seus rendimentos. No oeste americano, o uso de água salina já está sendo usada há décadas. Os principais cultivos são algodão, beterraba, alfafa, cevada e trigo. Estudos têm demonstrado bons rendimentos desses cultivos com água apresentando condutividade elétrica de até 11 dS/m (Stenhouse and Kijne, 2006). Nesta região, a precipitação média anual é de 400 mm, a qual ajuda na lixiviação dos sais solúveis.

Em experiências anteriores, desenvolvidas nas décadas de 70 e 80, com águas salinas, foram produzidas referências onde estão descritos altos rendimentos em cultivos de algodão na Índia, Israel e Rússia usando águas com salinidade de até 6,0 gramas de sais por litro (Grattan and Rhoades, 1990). Estes rendimentos foram conseguidos por vários anos seguidos, o que tem estimulado os atuais

pesquisadores a se debruçarem sobre o assunto. São inúmeras as informações que atualmente estão sendo disponibilizadas pela literatura sobre as respostas de diferentes culturas à salinidade do meio nos quais são cultivadas. Neste universo são encontrados dados de resposta de espécies tradicionais e não tradicionais, em especial para as halófitas, que são vegetais dotados de mecanismos fisiológicos para a inclusão, em seus organismos, dos sais encontrados nos meios de cultivos. De fato, a utilização de água salina para a irrigação se apresenta atualmente como uma nova tecnologia de produção agrícola.

Sem dúvidas, para os próximos anos, o aproveitamento das águas salobras e salinas será de vital importância como componente essencial do complexo dos recursos hídricos, em especial para as regiões áridas e semiáridas de todo o mundo, por assegurar mais uma alternativa como fonte de água para o desenvolvimento, principalmente, em anos de seca. No caso do semiárido brasileiro, as previsões sinalizam alterações climáticas com tendência a estiagens mais frequentes. Caso as previsões se confirmem, isto terá grandes impactos na sociedade nordestina, particularmente, para os pequenos produtores que vivem da agropecuária dependente de chuva.

Para algumas instituições brasileiras, o uso de água salina como fator de produção na agricultura irrigada deve ser desaconselhável por apresentar risco potencial para a qualidade do solo. No caso do semiárido brasileiro, o halomorfismo faz parte dos processos pedogenéticos que naturalmente são desenvolvidos na região. Ou seja, os sais encontrados nos solos e nas águas subterrâneas têm origem na própria intemperização dos recursos naturais. Portanto, conviver com a salinidade faz parte da “Convivência com o Semiárido”.

Por outro lado, nos últimos seis anos, a região semiárida brasileira tem tido uma redução de mais de trinta por cento no total de suas chuvas. Grande parte do rebanho pecuário está sendo dizimado por falta de forragem. E mais, por falta de orientação e planejamento, na formação de reservas alimentar para os rebanhos, estão sacrificando a vegetação nativa. Nestas condições, a opção pela irrigação de salvação, mesmo usando água salina, pode ser a garantia da sobrevivência da exploração pecuária para os pequenos produtores da região. No entanto, para que seja tirado proveito do uso destas águas na produção agrícola, se faz necessário que algumas práticas de manejo na irrigação sejam observadas, com a intensão de manter a adequada salinidade na zona de solo ocupada pelo sistema radicular dos cultivos.

Portanto é objetivo desta nota técnica contextualizar sobre os fundamentos relacionados à irrigação com água salina, apresentar informações sobre os níveis de rendimentos dos cultivos, as possíveis causas para a salinização e sodificação excessivas dos solos, e sugerir práticas de manejo apropriadas quando do uso deste tipo de água. Todas estas informações com base na literatura disponível a nível mundial.



## **2. Fundamentos e princípios relacionados à irrigação com água salina**

Em se tratando de irrigação, existe uma intensa interatividade entre o complexo água/solo. É que a salinidade pode ser representada pela água, pelo solo ou por ambos. No caso da água, salinidade e sodicidade são os principais parâmetros a ser avaliados quanto a possibilidade de seu uso na irrigação. Todavia, outros constituintes (a exemplo do sódio, cloro e o boro) precisam ser avaliados. O uso de águas salobras e salinas requer uma visão integrada incluindo espécie a ser cultivada, tipo de solo, manejo da irrigação e habilidades do produtor.

Para efeito da Resolução do CONAMA, águas salobras são aquelas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30,0%. Já águas salinas são aquelas com salinidade igual ou superior a 30,0 %. No entanto, para fins de irrigação, é considerada águas salobras ou salinas, por definição, aquelas que podem limitar o crescimento da maioria das plantas por apresentarem um excesso de sais de fácil solubilidade. São considerados sais de fácil solubilidade quando eles são mais solúveis que o gesso em água.

Os sais frequentemente encontrados em água usada para irrigação incluem cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, potássio, magnésio e cálcio. Estas diversas composições iônicas de sais dão como resultado uma ampla diversidade de propriedades físico-químicas. Usualmente, os resultados das análises de laboratório sobre a salinidade é dada pelo total de sólidos dissolvidos na água (TDS), podendo ser expressa em miligramas por litro, partes por milhão ou em porcentagem. No caso de água para irrigação, comumente os resultados são expressos em condutividade elétrica da solução (CE). Para a conversão de CE para TDS é só multiplicar os resultados de CE por 0,64. De acordo com Rhoades et al (1992), águas com salinidade de até 10,0dS/m apresentam potencialidade para uso em irrigação. Outros autores estabelecem este limite a 4,0 dS/m. Todavia, para as escolas tradicionais este último valor ainda é a referência.

No entanto, estes valores limite podem variar de acordo com os componentes iônicos e com a tolerância das espécies vegetais a serem cultivadas. Isto inclui, também, as questões relativas à sodicidade. A alta concentração de sódio (Na), relativo a outros cátions, pode se tornar fator decisivo para a redução da produtividade das culturas. É o teor deste elemento, juntamente com a eletrocondutividade (EC), que define se uma água se classifica como salina ou salina-sódica. O valor limite de 4,0 dS/m é usado como referência na salinidade. Para a definição de qual das duas classes a água é colocada, o quantitativo de Na é medido pela Relação de Adsorção do Sódio (RAS).

## 2.1. Classificação da água quanto à salinidade e sodicidade

De acordo com a literatura, os fatores mais importantes para a definição da adequabilidade da água para a irrigação é o total de sólidos dissolvidos (TDS) e a Relação de Adsorção do Sódio (RAS). Este processo foi estabelecido ainda na década de 50 pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos (Richards, 1954). De lá para cá, a ciência tem avançado bastante, não só na área no manejo da irrigação, mas principalmente, no melhoramento genético das espécies e no conhecimento da fisiologia vegetal.

Seguindo o esquema estabelecido por Richards (1954), são 16 as classes de água para a irrigação que resultam da combinação de 4 classes de concentração da salinidade, e 4 classes que descrevem a sodicidade. Em ambos os casos, as classes são baixa, média, alta e muito alta. Esta classificação estabelecida para avaliação da adequabilidade da água para irrigação é empírica e baseada em algumas características químicas da água e fisiológicas de algumas espécies vegetais. São elas:

C1 – É considerada de baixa salinidade. Pode ser usada na irrigação da maioria dos cultivos e em quase todos os tipos de solo;

C2 – Água de média salinidade. Plantas com moderada tolerância a sais podem ser irrigadas com esta água. Não há necessidade da utilização de práticas agrícolas especiais;

C3 – Água com alta salinidade. Não deve ser usada para irrigar solos que apresentem baixa permeabilidade. Só deve ser usada em plantas com tolerância a salinidade e requer práticas de manejo especiais; e

C4 – Água com muito alta salinidade. Não é recomendável para irrigação, a não ser sob condições muito especiais. O solo deve apresentar uma boa drenagem e o cultivo a ser plantado deve apresentar uma alta tolerância à salinidade

Quanto à sodicidade, são elas as classes:

S1 – Água com baixo teor de sódio. Pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solos sem risco de alterações na estrutura física do perfil;

S2 – Água com médio teor de sódio. Só deve ser usada em solos com textura arenosa, por apresentar boa permeabilidade, ou, em solos orgânicos por serem bem estruturados;

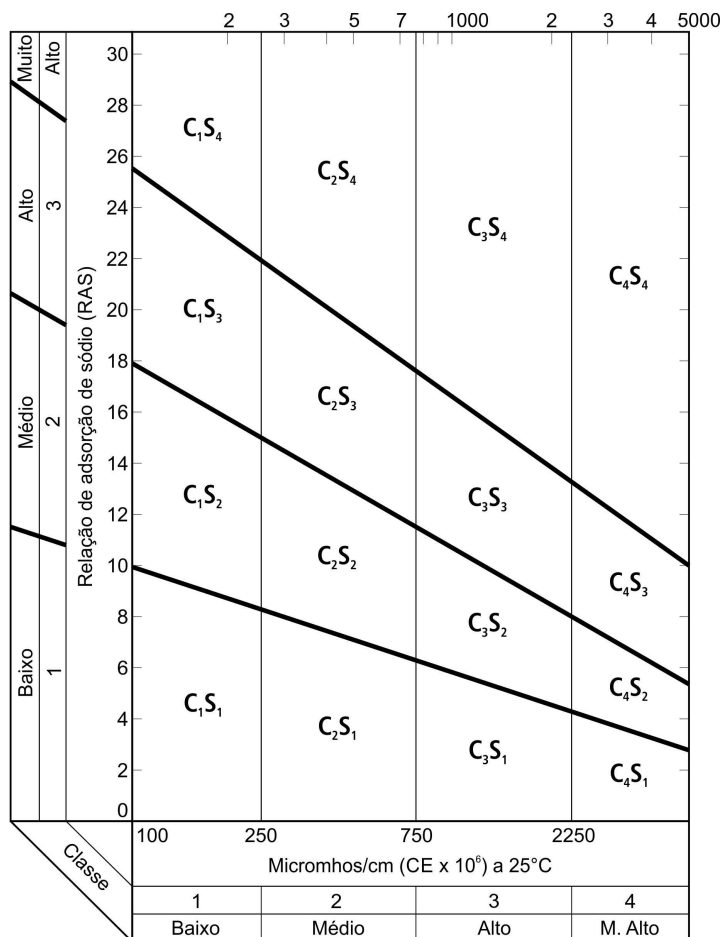
S3 – Água com alto teor de sódio. Apresenta o risco de toxidez pelo excesso de sódio. A sua aplicação requer práticas especiais tais como: incorporação de gesso e matéria orgânica no perfil do solo; e

S4 – Água com teor muito alto de sódio. Geralmente é considerada inadequada para o uso em irrigação. Exceção feita quando a água apresenta baixa salinidade. Mesmo assim, exige práticas de manejo de solo especiais.

A importância do conhecimento sobre o teor de sódio na água é que uma alta proporção deste elemento, em relação ao cálcio e o magnésio, pode resultar no deslocamento desses dois últimos, dando como resultado a dispersão das partículas do solo. Para a avaliação do RAS é usada a seguinte fórmula (eq. 01)

$$\text{RAS} = \text{Na} / [ ( \text{Ca} + \text{Mg} ) / 2 ]^{1/2} \quad \text{eq. (01)}$$

Em que,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  representam as concentrações de sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, em miliequivalentes por litro de solução. O diagrama de classificação de água para irrigação de irrigação é mostrado na Figura 1.



**Figura . Diagrama para classificação de água para irrigação (Richards, 1954)**

## **2.2. Impactos da qualidade da água sobre as propriedades físicas do solo**

Para um bom desempenho de qualquer cultivo vegetal, é fundamental que o perfil do solo explorado pelo sistema radicular da cultura apresente boas condições em suas propriedades físicas. Dentre estas, a movimentação do ar e da água no interior do solo é muito salutar para que as plantas possam se desenvolver em sua plenitude. Além desta, a condutividade hidráulica deve ser adequada para permitir a remoção, através da lavagem do perfil (lixiviação), dos sais e elementos que propiciem toxidez às plantas.

Propriedades físicas do solo, no interior do perfil, tais como aeração pobre, redistribuição hídrica lenta e compactação, em geral, são consequências de uma baixa condutividade hidráulica. E estas condições podem ser aceleradas em solos sódicos, quando a salinidade da água é baixa a ponto de não compensar o efeito da presença do sódio trocável no perfil. (Manucher, 1999)

Os principais problemas relacionados ao uso de água salina para irrigação dizem respeito a velocidade de infiltração da água no solo e presença de elementos tóxicos em níveis elevados. No entanto, é importante ressaltar que os problemas advindos pelo uso da água salina variam de intensidade e dependem do solo, do clima, e do nível tecnológico a ser usado no manejo da relação solo/água/planta (Ayers & Westcot, 1994). Por isso mesmo, o uso da água salina deve ser determinado pelas condições que controlam o acúmulo de sais e os seus efeitos no rendimento das culturas.

### **2.2.1. Infiltração da água**

Como evidenciados, os fatores ligados à qualidade da água que influencia a velocidade de sua infiltração no solo, são o nível da salinidade e o teor de sódio ( $\text{Na}^+$ ) em relação aos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ). O nível de salinidade da água elevado acelera a velocidade de infiltração. Por outro, a baixa salinidade, ou a uma alta relação de sódio adsorvido (RAS) retarda a entrada de água no perfil de solo. Ambos os fatores podem atuar simultaneamente.

Em geral, os problemas provocados pelo uso de água de má qualidade na infiltração ocorrem nos primeiros centímetros de profundidade do perfil e está ligado a desestruturação dos agregados do solo. Isto tem uma implicação porque o padrão de extração de água pelas plantas indica que, aproximadamente, 40 % do total da água extraída são absorvidas pela primeira quarta parte superior do sistema radicular (Ayers & Westcot, 1985). Como guia, a Tabela 1 apresenta informações sobre as relações entre a eletrocondutividade (salinidade), medida em dS/m e a

relação de adsorção de sódio (RAS). Estes dados foram obtidos em laboratórios, em lisímetros e em campos de produtores, e se referem aos efeitos a longo prazo da qualidade da água sobre o rendimento dos cultivos.

Tabela . Guia sobre os efeitos da combinação da salinidade e a relação de adsorção de sódio (RAS)

RAS	Salinidade (ds/m) grau de restrição		
	Nenhum	Moderado	Severo
0,0 – 3,0	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3,1 – 6,0	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6,1 – 12,0	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12,1 – 20,0	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20,1 – 40,0	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9

Fonte: Ayers & Westcot, 1985

### 2.2.2. Toxicidade

No segmento anterior, a discussão se deu mais sobre as questões dos transtornos que a água salina pode trazer quanto à física de solo. No entanto, outros efeitos podem surgir que dizem respeito à toxicidade de alguns elementos quando presentes em excesso nas águas salobras e salinas usadas na irrigação. De acordo com Ayers & Westcot (1985), a magnitude destes danos dependem da quantidade de íons absorvido e da sensibilidade das plantas, em que as culturas perenes são as mais sensíveis. Segundo eles, a toxidez se manifesta como queimadura nas bordas das folhas e clorose na área internervural. Caso a acumulação de íons seja elevada, este fato atua como redutor dos rendimentos das plantas.

Os íons de maior significância são: o cloro (Cl), o sódio (Na), o boro (B), selênio (Se) e molibdênio (Mo). Para estes íons, os problemas de toxidez advêm quando estes são absorvidos em quantidades significativas, junto com a água consumida pela planta. No entanto, a literatura não estabelece limites de concentração para a maior parte destes íons. Segundo Ayers & Westcot (1985), no geral, a acumulação dos íons para produzir concentrações tóxicas leva algum tempo e os sintomas visuais dos danos aparecem muito lentamente.

**Cloro** – Este íon se constitui em um nutriente essencial e não é tóxico para a maioria dos cultivos anuais, a não ser quando há um excessivo acumula deste elemento nas folhas das plantas. As plantas arbóreas são mais sensíveis a intoxicação por cloro. Daí, em alguns casos, ser usada a prática da enxertia com cavalos não sensíveis a este problema. Isto considerando cultivos arbustivos. Muitas das plantas sensíveis a este elemento apresentam problemas quando irrigadas com

águas contendo entre 180 e 350 mg/l de  $\text{Cl}^-$ , enquanto plantas não sensíveis podem suportar até 920 mg/l de concentração na água de irrigação (Hanson et al, 2006).

**Sódio** – Para a maioria das culturas, a maior parte do sódio absorvido permanece nas raízes ou no caule, todavia, o sódio, que não é considerado um micronutriente essencial, pode causar injúrias em espécies arbóreas caso ele se acumule nas folhas em níveis elevados. Mesmo assim, os sintomas de toxidez podem demorar anos para aparecerem. Estes sintomas se apresentam através da queima das bordas das folhas. Ayers & Westcot (1985) estabelece um limite máximo de sódio na água de irrigação de 207 mg/l, quando do uso de irrigação por superfície e 69 mg/l para a irrigação por aspersão. O sódio em níveis excessivos ainda pode causar deficiência na absorção do cálcio, potássio e magnésio.

**Boro** – Este já é sim um micronutriente essencial para o pleno desenvolvimento da maioria das culturas, mesmo sendo exigido em quantidades mínimas. Mais uma vez, as plantas arbóreas são mais sensíveis. Em especial as frutíferas, a exemplo do abacate que não tolera mais que 0,75 mg/l de boro na água de irrigação. Já cultivos como alfafa, algodão e sorgo toleram níveis de boro que variam de 6 a 10 mg/l. A tolerância a este elemento varia de acordo com o clima, tipo de solo e variedade a ser cultivada. Quando da intoxicação, os sintomas são evidenciados através do amarelecimento das pontas e das bordas das folhas velhas da planta. No entanto, um fato interessante é que alguns dados de pesquisas indicam que para muitas culturas a tolerância ao boro é maior quando estas são irrigadas com águas salobras ou salinas (Hanson et al, 2006).

**Selênio e Molibdênio** – A importância destes dois elementos é o fato deles serem encontrados em águas subterrâneas em altas concentrações e devido às suas mobilidades, podem ser acumulados facilmente nos tecidos das plantas, passando em seguida para os animais e seres humanos através de suas dietas. De acordo com documento divulgado pela FAO (2002), o limite tolerável de selênio na dieta humana para adulto é de 400  $\mu\text{g}/\text{dia}$ . Já para os animais o limite máximo é 2 mg de selênio para cada quilo matéria seca ingerido da dieta. Este limite garante que os produtos derivados do animal estejam dentro da faixa de segurança para o consumo humano. Para tanto, a água usada na irrigação não deve ultrapassar o limite de 0,165 g/l (Manucher, 1999). No caso do molibdênio, teores elevados na dieta para bovinos e ovinos podem causar desordens nutricionais. Neste caso, o limite recomendado é 5 mg por quilo de forragem (Phillipo et al, 1985). Para a água de irrigação o limite é de 0,05 mg/l (Hespanhol, 2003).

### **3. Fatores que influenciam no uso de águas salobras e salinas**

São vários os fatores que influenciam quando do uso de água salobra ou salina na irrigação. Alguns deles já foram comentados, como o nível de salinidade da água, a

razão de adsorção de sódio (RAS) e a toxicidade de alguns íons. Mas, outros fatores também têm influência, tais como: o solo, o clima e o próprio manejo a ser dado a cultura.

No caso do solo, manter as propriedades físicas é fundamental. A entrada da água e do ar e sua subsequente redistribuição no perfil de solo é questão essencial para o crescimento das raízes e o bom desempenho da cultura. Estes movimentos são facilitados quando a textura do solo tende a ser mais arenosa que argilosa. No entanto, solos com este tipo de textura nem sempre apresenta uma boa estrutura. Águas com excesso de sódio estimula ainda mais esta desfloculação da estrutura do solo. Por outro lado, solos de textura fina (argilosos - limo) quando seco, após uma molhação, apresentam uma crosta endurecida, resultante da desfloculação, que reduz substancialmente a taxa de infiltração de água no solo. Daí, a preferência por solos mais arenosos, onde este efeito é reduzido. Neste caso a incorporação de matéria orgânica ao perfil do solo ajuda na refloculação de sua estrutura.

Quanto às questões climáticas, a literatura evidencia dois elementos com interatividade quando do uso de água salina. São estes: temperatura e umidade relativa do ar. Muitos cultivos são mais sensíveis à salinidade em climas quentes que em clima mais frios. Este dado é importante em se tratando de ambientes áridos e semiáridos. Neste caso, a preferência deve ser dada para realizar os plantios nas épocas menos quentes. Já no caso da umidade relativa do ar, os estudos mostram há uma maior aceitabilidade, de uma salinidade mais elevada, por parte dos cultivos, quando está presente uma umidade relativa mais elevada.

No que diz respeito ao manejo da cultura, a salinidade afeta a cultura em todos os seus estágios de desenvolvimento. Para as espécies mais sensíveis a salinidade afeta algumas etapas de seu ciclo fenológico mais que outras. Para estas, a etapa de germinação é a mais afetada. Dentre estas espécies se encontram o girassol e a beterraba. Em contraste, a fase mais sensível para a cevada, o trigo e o milho é de plântulas, quando se iniciam seus desenvolvimentos vegetativos. No entanto, esta sensibilidade é muito dependente da variedade. Em se tratando de cultivos arbóreos, algumas variedades de eucaliptos são muito mais tolerantes à salinidade que outras. A literatura evidencia variedades com bom rendimento irrigadas com águas de 12,0 dS/m. No caso da fruticultura, este fato é importante para a escolha do cavalo usado na enxertia.

#### **4. Tolerância das plantas à salinidade**

Tolerância à salinidade é expressa como o decréscimo da produtividade de uma cultura para um determinado nível de sais solúveis na zona radicular em comparação com o cultivo em ambiente não salino (Maas and Hoffma, 1977). Plantas variam quanto as suas adaptações às condições que o meio ambiente

oferece. Algumas apresentam habilidade para suportar as adversidades com mais conforto que outras. As classificadas como halófitas têm seus desempenhos melhores em ambientes salinos. A fisiologia destas plantas é especializada a ponto de manter a retirada de água, mesmo em ambiente salino, permitindo o acúmulo dos sais em seus tecidos ou os excretando.

A maioria das plantas é classificada como glicófitas. São plantas sensíveis a ambientes salinos. Mesmo assim, algumas delas suportam níveis moderados de salinidade, ajustando-se osmoticamente ao meio. Todavia, os processos fisiológicos são diferentes das halófitas. Em lugar de acumularem sais em seus tecidos, elas reagem quimicamente na concentração de alguns açúcares e ácidos nas células das raízes para compensar a salinidade existente na zona radicular. Este processo requer mais energia que as halófitas, interferindo em seu desempenho (Hanson et al, 2006).

Segundo Maas & Hoffman (1997), fazer previsões absolutas sobre as respostas das espécies quanto ao seu cultivo em meios salinos é uma tarefa difícil em razão de que, são muitas as interações entre plantas, solo, água e outros fatores ambientais que influenciam na habilidade das plantas em suportar salinidade. Em geral, o efeito comum da salinidade na planta é atrofiar seu crescimento. À medida que o nível de salinidade do meio de cultivo é aumentado acima do limite tolerado pela planta, o crescimento da planta é progressivamente reduzido. No entanto, nem todas as partes da planta são afetadas igualmente. O crescimento da parte aérea, em geral, é mais afetado que o das raízes.

Para a maioria dos cultivos, a resposta à salinidade é função do potencial osmótico do meio, o qual é dado pelo total de sólidos dissolvidos, independente da qualidade do sal presente. No entanto, algumas espécies são sensíveis a íons específicos. Em alguns casos, a salinidade pode provocar desbalanço nutricional na planta como resultado da presença dominante de alguns elementos, causando redução de rendimento, sem, contudo a questão osmótica ser a causa. Já para algumas espécies, à medida que a salinidade aumenta no meio de cultura, a succulência da planta aumenta (Luttge & Smith, 1984). Possivelmente este caso se aplica na palma forrageira.

É importante ressaltar que, a distribuição da salinidade no perfil de solo é variável com a profundidade e com o intervalo em que a água é aplicada. Em geral, o modelo padrão é o perfil apresentar, na parte superior, uma salinidade próxima a da água de irrigação, e uma concentração bem mais elevada nas camadas mais profundas. Portanto, como resultado da evapotranspiração realizada pela planta, a salinidade no perfil é modificada entre os intervalos da irrigação. Desta forma, a frequência de irrigação modifica a concentração osmótica na zona ocupada pelo sistema radicular.



Neste contexto, a planta sempre irá extrair água da camada de solo onde a salinidade for menor. Daí, a importância da fração ou taxa de lixiviação fazer parte do manejo adequado na irrigação com água salina.

As plantas variam bastante ao que diz respeito a sua tolerância a salinidade. Como visto, a maioria dos cultivos são classificados como glicófitas, os quais não se dão muito bem com ambientes salinos. Por outro lado, as halófitas convivem muito bem com este tipo de ambiente. Independentemente de serem glicófitas ou halófitas, todas as plantas possuem um limite máximo suportável de salinidade na zona radicular que não interfere em seu desenvolvimento. Algumas suportam entre 8 a 10 vezes mais salinidade que outras (Ayers & Westcot, 1985). De posse de vários resultados experimentos, desenvolvidos com o objetivo de avaliar níveis de rendimentos relacionados a níveis de salinidade na água de irrigação e na zona radicular dos cultivos, Maas & Hoffman (1977) desenvolveram equações de regressão que permitiu estimar a queda de rendimento em função do nível de salinidade da água de irrigação. Estas equações foram trabalhadas por Ayers & Westcot, (1985), produzindo valores de rendimento potencial em função da salinidade do solo ou da água. Estes valores são apresentados na Tabela 2.

**Tabela . Tolerância à salinidade para alguns cultivos e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo ou da água de irrigação.**

Cultura	Rendimento potencial			
	90%	75%	50%	0%
Eletrcondutividade da água de irrigação (dS/m)				
<b>Extensivas</b>				
Algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	6,4	8,4	12,0	18,0
Feijão caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> )	3,8	4,7	6,0	8,8
Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> )	5,0	5,6	6,7	8,7
Beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> )	5,8	7,5	10,0	16,0
Cana de açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	2,3	4,0	6,8	12,0
Fava ( <i>Vicia faba</i> )	1,8	2,0	4,5	8,0
Milho ( <i>Zea mays</i> )	1,7	2,5	3,9	6,2
Milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> )	4,0	6,0	8,0	10,0
Cevada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	6,7	8,7	12,0	19,0
Amendoim ( <i>Arachis unguiculata</i> )	2,4	2,7	3,3	4,4
<b>Forageiras</b>				
Capim bermuda ( <i>Cynodon dactylon</i> )	5,6	7,2	9,8	15,0
Capim-sudão ( <i>Sorghum sudanense</i> )	3,4	5,7	9,6	17,0
Capim mimoso ( <i>Eragrostis sp.</i> )	2,1	3,3	5,3	9,3
Capim buffel ( <i>Cenhrus ciliaries</i> )	1,3	1,8	3,0	4,0
<b>Fruteiras</b>				
Tâmara ( <i>Phoenix dactylifera</i> )	4,5	7,3	12,0	21,0
Laranja ( <i>Citrus sinensis</i> )	1,6	2,2	3,2	5,3
Abacaxi ( <i>Ananas comosus</i> )	3,0	4,0	5,0	6,0
Mamão ( <i>Carica Papaya</i> )	3,0	4,0	5,0	6,0
Romã ( <i>Punica granatum</i> )	3,0	4,0	5,0	6,0

Adaptado Ayers & Westcot (1985)

#### 4.1. Particularidade das halófitas

Como visto, é do conhecimento da ciência que, a interação entre as plantas e o meio ambiente se estabelece através de um eficiente sistema de transporte de água no interior da planta. Em geral, as plantas só conseguem extrair a água do solo quando as forças de retenção da umidade nos tecidos das raízes são superiores às que retêm a água no solo. Quando este status de forças se inverte, inicia-se então o estresse hídrico na planta.

A presença de sais no solo, ou na água de irrigação, também interfere no equilíbrio dessas forças, através da pressão osmótica que esses exercem no meio aquoso. Por esta razão, a salinidade do meio, quer seja no solo ou na água, acarreta um menor uso consuntivo para a maioria das plantas domesticadas. No entanto, nem todos os cultivos são igualmente afetados pelo mesmo nível de salinidade. Algumas são capazes de extrair água, mesmo com elevados níveis de salinidade no meio.

Este diferencial de comportamento deve-se a presença de estruturas morfológicas e mecanismos fisiológicos, que estas plantas apresentam, lhes permitindo esta habilidade. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de culturas mais tolerantes e com capacidade de produzir rendimentos econômicos, quando o único meio para produção é salino (Ayres e Westcot, 1985). Plantas com estas habilidades são descritas na literatura como halófitas e têm um reconhecido valor na dessalinização de solos porque, elas não só suportam o estresse salino, mais também, incorporam grandes quantidades de sais em seus tecidos, os quais são retirados do solo ou da água de irrigação.

As halófitas apresentam estruturas e mecanismos variando, principalmente, quanto aos aspectos morfológicos, fisiológicos e, em alguns casos, bioquímicos. Estes processos são responsáveis pela regulação dos sais no interior da planta, via acumulação ou liberação deles. Atualmente, vários estudos estão sendo desenvolvidos, em centros avançados de pesquisa, demonstrando a importância dessas plantas na fitorremediação, inclusive auxiliando na remoção de metais pesados encontrados em solos.

Pesquisas têm demonstrado a efetividade dessas plantas na recuperação de solos salinizados graças a sua diversidade de mecanismos de adaptação que elas possuem, incluindo compartimentalização iônica, ajustamento osmótico, suculência, transporte de íons, sistemas antioxidantes e, como foi mencionada, a inclusão e excreção de sais (Lokhand & Suprasanna, 2012). Entender os mecanismos porque estas plantas suportam tão elevados níveis de salinidade tem sido objetivo de muitos estudos. São duas as formas de atuação destes mecanismos: aqueles que minimizam a entrada de sais na planta, e os que minimizam a concentração de sais no citoplasma das células (Munns, 2002). As halófitas possuem os dois; elas tanto

excluem os sais com muita eficiência, como compartimentaliza efetivamente nos vacúolos os sais que entram na planta.

Estudos mais recentes mostram a importância do sódio (Na) para estas plantas, tornando-se um micro nutriente essencial para algumas espécies à semelhança do que ele é para as plantas C4 e CAM (Epstein & Bloom, 2006). Muitas delas se desenvolvem em ambientes específicos tais como: solos da costa de zonas marítimas; manguezais; zonas áridas e semiáridas. Esta particularidade quanto à absorção do sódio é fundamental na recuperação de solos salina-sódicos.

#### **4.2. A erva-sal (*Atriplex nummularia*)**

Erva-sal é o nome vulgar dado no Brasil, à espécie *Atriplex nummularia* que tem se mostrado como excelente forrageira. Esta planta pertence ao grupo das halófitas, plantas que têm habilidade para suportar não apenas níveis altos de salinidade do complexo solo-água-planta, mas também, de acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos, principalmente o cloreto de sódio (NaCl). Por esta razão é considerada limpadora de solos. Além dessas vantagens, apresenta 18,6% de proteína e tem boa aceitação pelos caprinos e ovinos (Porto et al, 2004). Em experiências desenvolvidas na Embrapa Semiárido, foi conseguido rendimentos em torno de 10 toneladas de matéria seca por hectare, quando irrigada com o concentrado da dessalinização, cuja salinidade foi de 11,4 dSm<sup>-1</sup>.

A atual seca, iniciada em 2011 e que continua manifestando seus efeitos, castigou severamente a pecuária bovina, por outro lado, a criação de caprinos e ovinos foi a atividade agropecuária de menor vulnerabilidade aos efeitos desta estiagem no semiárido brasileiro. A razão é que essas espécies possuem hábitos alimentares menos seletivos e de maior rusticidade.

Portanto, os agricultores do semiárido brasileiro têm pela frente um grande desafio que é recuperar a produtividade de seus animais. Esta recuperação só poderá ser feita com base em novos arranjos tecnológicos que ampliem a capacidade de suporte das propriedades. A erva-sal pode, seguramente, ser esta saída, não só por sua capacidade produtiva, mesmo sendo irrigada com água salina, mas, também pela sua capacidade de sequestrar o sódio (Na), um dos elementos mais prejudicial às propriedades físicas do solo.

##### **4.2.1. Recuperação do solo cultivado com erva-sal irrigado com água salina: um estudo de caso**

O aumento da concentração de sais em solos agricultáveis é um efeito não desejável para a maioria dos cultivos explorados na agricultura familiar. Isto porque os sais exercem efeitos gerais e específicos, em determinadas espécies vegetais que influenciam no seu crescimento e produção. Além disto, a presença de sais em excesso afeta também as propriedades físicas e químicas do solo que, dependendo da quantidade e qualidade desses sais, a recuperação do solo se torna difícil.

A condutividade elétrica da água de irrigação ou do extrato de saturação do solo é uma medida usada para avaliar a salinidade do meio. De acordo com os manuais de irrigação, o extrato de saturação do solo ou da água de irrigação com eletrocondutividade igual ou superior a  $4 \text{ dSm}^{-1}$  ( $2,56 \text{ gl}^{-1}$ ) o meio é considerado salino. Ou seja, águas com este nível de salinidade não devem ser usadas na irrigação.

Todavia, experiências têm sido demonstradas, não só no Brasil como em outros países que, águas muito mais salinas podem ser usadas para a produção de culturas selecionadas (FAO, 1992). No entanto, o uso dessas águas requer um manejo apropriado. Como foi mencionado, Porto et al (2001), conseguiram produtividades em torno de 10 toneladas de matéria seca por hectare por ano, trabalhando com a erva-sal (*Atriplex nummularia*), usando o concentrado da dessalinização de água, cuja salinidade média foi de  $11,4 \text{ dSm}^{-1}$  ( $7,29 \text{ gl}^{-1}$ ). A Figura 2 mostra a exuberância da cultura.



**Figura . Cultivo da erva-sal irrigado com o concentrado da dessalinização de água salina**

De fato, não restam dúvidas que, o uso de água salina para irrigação requer adequado conhecimento de como os sais desta água afetarão o solo e as plantas. No caso do exemplo apresentado, o solo permaneceu com a salinidade próxima a da água de irrigação durante o período em que a cultura estava sendo irrigada. O cultivo, neste caso, foi explorado por quatro anos consecutivos.

A Tabela 3 apresenta o comportamento da salinidade do perfil do solo, da área de plantio, durante e após o encerramento do cultivo. Também são apresentados os totais anuais de chuvas ocorridas na área de plantio. Essas chuvas tiveram a função de fazer o processo de lixiviação dos sais, rebaixando-os para fora do alcance do sistema radicular do cultivo.

Tabela . Condutividade elétrica do estrato de saturação antes, durante e depois do cultivo da *Atriplex nummularia* irrigado por quatro anos.

Prof. Solo (cm)	Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0-30	0,42	12,87	14,10	15,03				1,03	1,50	0,32
30-60	0,30	16,27	14,67	12,84				1,54	1,30	0,19
60-90	0,52	18,04	15,12	12,87				1,65	1,56	0,34
Precipitação (mm/ano)	394,9	493,6	642,2	403,4	427,7	393,3	786,5	525,1	367,2	266,6

No exemplo apresentado na tabela acima, as irrigações efetuadas, durante os quatro anos, corresponderam a uma lâmina total de 4320 mm de água salina, constituídas por lâminas semanais de 30 mm. Por sua vez, o total de chuva ocorrido entre 1999 e 2007, quantificou 4305 mm. Este montante foi suficiente para proceder à lixiviação do excesso de sais do perfil, como mostram os dados da eletrocondutividade do perfil no ano de 2007. O experimento foi desenvolvido nos campos experimentais da Embrapa Semiárido, em uma área de solo classificado como argilissolo amarelo eutrofico abruptico plintico. A textura média do perfil apresentou 65 % de areia e a profundidade efetiva foi de 1,0 m. Este tipo de solo é comum no semiárido brasileiro e apresenta como fator desfavorável uma drenagem lenta, mesmo assim, reagiu positivamente quanto a esse atributo.

### 4.3. Espécies florestais

Diferentes espécies de árvores apresentam diferentes capacidades de crescimento e sobrevivência quando submetidas a ambientes salinos. O mau manejo de água na irrigação, principalmente quando há aplicação de lâminas em excesso, tem produzido subidas antecipada do lençol freático, encharcando e salinizando a zona do perfil de solo ocupada pelo sistema radicular, causando danos aos cultivos. Os sistemas convencionais de drenagem têm apresentado boas performances na resolução deste problema. No entanto, o planejamento e a construção desses sistemas requerem habilidades da engenharia, muitas informações de campo, os custos são altos e o uso de máquinas especiais para a sua execução. Estas exigências impedem, em muitos casos, a sua aplicação. Em alguns, a própria

topografia natural do terreno não permite o seu uso. Daí, pesquisas recentes terem desenvolvido alternativas no campo da drenagem. Uma delas é a Biodrenagem.

A biodrenagem pode ser conceituada como a forma de retirar os excessos de água e sais de um perfil de solo saturado, através do uso de plantas providas de um sistema radicular profundo, e que apresente altas taxas de evapotranspiração e tolerância à salinidade. Em outras palavras, consiste no plantio de espécies arbóreas, de crescimento rápido, capazes de absorver significativas quantidades de água e sais da zona capilar do solo que se encontra acima do lençol freático. Já são muitos os estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, Índia, Austrália, Paquistão e África do Sul sobre o uso consuntivo de diferentes espécies arbóreas, em diferentes fases do ciclo e em diferentes condições de umidade e salinidade no perfil de solo, com resultados que potencializam a viabilidade do cultivo destas plantas em ambientes salinos. Sheikh & Malik (1983) conseguiram bons resultados com plantios de árvores como as espécies *Tamarix articulata*; *Eucalyptus camaldulences* e *Prosopis juliflora* em solos com 23,0 dS/m de salinidade.

No caso do ambiente semiárido brasileiro, a literatura é muito escassa sobre o tema salinidade/floresta. No entanto, para o Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) Silva et al. (2009) encontraram que a salinidade de até 2,0 dS/m promoveu ganhos para a espécie. No entanto, salinidade a partir de 6,0 dS/m o rendimento da planta decresceu em 15,30 % para cada unidade da eletrocondutividade. Segundo os autores, com este nível de salinidade se iniciou um processo de senescência precoce. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2005) estudando o comportamento da Favela (*Cnidoscylus phyllacanthus*) em diferentes níveis de salinidade. Só que neste caso, a salinidade induziu um maior crescimento vegetativo da espécie nos tratamentos com até 3,0 dS/m, quando comparado com o tratamento T1 (água com nível zero de salinidade). Já para o rendimento total de matéria seca, a redução foi de 12,22 % para cada unidade da eletrocondutividade, a partir da salinidade de 6,0 dS/m. Outro estudo importante foi o realizado por Pacheco et. Al. (2012) no qual foi avaliado o comportamento de sementes do feijão bravo (*Capparis flexuosa*) submetido a diferentes níveis de salinidade. A sua conclusão é que a espécie apresentou comportamento semelhante às caracterizadas como plantas halófitas. Por outro lado, Silva et. Al. (2000) concluiu em seu trabalho com aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) que a espécie apresenta limitações quando cultivada com água salina.

## **5. Manejo e práticas agrícolas quando do uso de águas salobras e salinas**

Num contexto geral, o objetivo da atividade agrícola é obter o máximo de rendimento com o mínimo de custo para que o lucro seja otimizado, principalmente em se tratando de agricultura irrigada com água de qualidade. Isto pode ser conseguido

com práticas e manejos convencionais, já do conhecimento dos produtores. Todavia, quando se trata de águas marginais onde há restrições sobre a sua qualidade, mais especificamente, quando a água é salobra ou salina, as práticas de manejo necessitam ser mais específicas e intensivas.

O requerimento de água para cada cultivo e a sua específica taxa de lavagem (lixiviação) precisam ser definidas com precisão e aplicadas no momento correto. A maioria dos requerimentos de água para compensar a evapotranspiração é determinada em ambientes não salinos. Por outro lado, no campo real, o consumo pela planta é reduzido em função da salinidade da água. A acumulação de sais no perfil de solo é uma variável dependente da concentração da salinidade e das quantidades de águas aplicada e da que permanecerá após ter sido atendido o requerimento da espécie. Portanto, com a aplicação da água salina, através da irrigação, é evidente que o perfil ocupado pela zona radicular ficará também salino. No entanto, manejando adequadamente a irrigação e usando práticas agrícolas apropriadas, esta salinidade não será acumulativa.

### **5.1. O sistema e a frequência de irrigação**

Estudos mostram que o sistema de irrigação tem influência no desempenho dos cultivos, especialmente quando a água usada na irrigação é salina. De acordo com Shalhevet (1984), três fatores importantes devem ser considerados quando da escolha do sistema de irrigação a ser usado: (1) a distribuição dos sais no perfil de solo; (2) a tolerância das folhas do cultivo quanto ao molhamento com água salina; e (3) com que rapidez o aumento dos potenciais osmótico e matricial podem ser alcançados.

A distribuição de sais na parte do perfil de solo ocupado pelo sistema radicular é influenciada pela fração de lixiviação, pelo formato de extração de água da cultura, pela posição da cova de plantio ou semeadura, e pelo método de aplicação da água de irrigação (Oster et al., 1984). Bernstein and Fireman (1957) concluíram que com a irrigação por sulco, a acumulação de sais se dá na parte superior do sulco. Através deste estudo ficou definido que a melhor localização para a abertura da cova de plantio é na porção intermediária entre o topo e o fundo do sulco. Já na irrigação por gotejamento, a menor concentração de sais se localiza na zona de solo logo imediato abaixo e ao redor do gotejador. À medida que o bulbo molhado vai se avolumando, a zona mais concentrada vai se distancia para a sua periferia. Outra grande vantagem deste sistema é que ele permite a aplicação, mesmo de pequenos volumes de água, com muita eficiência. Para a irrigação por aspersão, a grande vantagem é que ele possibilita a lixiviação dos sais da camada superficial do solo, criando um ambiente favorável para a germinação e estabelecimento inicial de cultivos sensíveis à salinidade. Todavia, é importante lembrar que a salinidade no perfil do solo é espacialmente e temporariamente desuniforme independente do sistema de irrigação usado.

Com respeito ao molhamento da folhagem, muitos cultivos são sensíveis à água salina, quando irrigadas por aspersão, porque os sais podem ser absorvidos pela folhagem. Quando a água salina é aspergida na superfície da folha, estes sais podem se acumular na folhagem, através da absorção foliar, até atingir uma concentração letal. É tanto que, a literatura relata que, em muitos casos, a sensibilidade à salinidade é bem maior na folhagem do que no próprio solo. Meiri et al. (1982) encontrou que a aplicação, através da irrigação por aspersão, de uma água com 4,4 dS/m de salinidade, o rendimento da batata foi reduzido em mais de 50 %, quando comparado com o sistema por gotejamento. Por outro lado, a literatura apresenta dados informando que, quando a irrigação por aspersão é realizada à noite, este problema tende a diminuir.

Para um desempenho ótimo da cultura, a umidade do solo, na zona ocupada pelo sistema radicular, também deve ser mantida num nível ótimo. É fato que, considerando a água de irrigação ser salina, a planta terá que desprender mais energia para superar a pressão osmótica da solução do solo. Neste caso, as irrigações devem ser mais frequentes. Isto alivia o esforço despendido pela planta na retirada da água necessária ao seu bom desempenho. Frequentes irrigações aumenta o tempo médio para que haja o aumento da concentração salina na solução do solo. Mais uma vez a irrigação por gotejamento tem sua importância sendo o ideal nestes casos por ser o sistema mais eficiente e eficaz para aplicação de água, mesmo em pequenas quantidades. Portanto, cuidadoso controle do tempo de irrigação e aplicação uniforme de lâminas exatas de água são pré-requisitos para altas eficiências, tanto no uso da água, como para o desempenho da cultura, especialmente quando a água é salina.

## **5.2. Os métodos de irrigação**

Três são os métodos testados experimentalmente e demonstrados em experiências de campo quando do uso de água salina na irrigação. Eles diferem em função de quando e como a água salina é aplicada e se há inclusão de água não salina no processo de produção. São eles: uso sequencial, mistura de águas e uso cíclico.

No uso sequencial o processo se dá da seguinte forma. Inicialmente a área a ser irrigada é subdividida em subcampos de acordo com as culturas a serem implantadas. Sempre observando a sequência dos cultivos menos tolerantes para os mais tolerantes à salinidade. Neste caso, a água salina bombeada do poço é usada para a irrigação do primeiro subcampo. Depois, a água que foi aplicada em excesso vai drenar e em seguida é novamente bombeada para irrigar o segundo subcampo. E assim sucessivamente. A desvantagem é que à medida que o processo segue a água cada vez vai se tornando mais salina.



No processo mistura de águas, é necessário que no campo exista fontes de água não salina. A água salina é misturada com a água não salina. A quantidade da água boa a ser usada vai depender do nível de salinidade desejada para os cultivos específicos a serem irrigados. Neste caso, as experiências têm demonstrado que, não necessariamente este método aumenta a eficiência no uso da água (Grattan & Rhoades, 1990), tão pouco é economicamente viável (Dinar, et al., 1986). Em caso de uso deste método, é recomendado avaliar estes conceitos de eficiência e economicidade definidos pelo nível de salinidade e a cultura a ser usada. De anti mão, a literatura recomenda que não é viável a utilização deste método se o uso da água salina for inferior a 25 % do total de água a ser usada.

Já no método de uso cíclico, a salinidade do perfil de solo é propositadamente reduzida pelo uso da água não salina. Com esta estratégia é possível manter a salinidade do perfil em menor nível que as duas anteriormente citadas, principalmente nas camadas superiores do perfil ocupado pelo sistema radicular. Em termos práticos, o método funciona tirando proveito das primeiras chuvas para realizar o plantio. O que propicia um melhor desempenho da planta nas fases de germinação e início de seu desenvolvimento, que são as fases mais críticas com respeito à tolerância à salinidade do meio. Em seguida, para completar o ciclo da cultura, são aplicadas algumas irrigações de salvação. Este método se assemelha ao que foi utilizado na recuperação das áreas dos experimentos realizados pela Embrapa Semiárido, cujos dados de recuperação do solo foram apresentados na Tabela 3.

### **5.3. Controle da salinidade na zona radicular através da lixiviação**

A questão mais importante, em se tratando do uso de águas salobras e salina para a irrigação de cultivos, é manter todo o excesso de salinidade, não suportável pela cultura, fora da zona ocupada pelo sistema radicular. Ou seja, é manter os excessos de sais abaixo da zona radicular da cultura. Este rebaixamento é conseguido através do processo chamado de lixiviação, que nada mais é do que um processo de lavagem do perfil de solo. A lâmina de água correta para esta lavagem depende do nível de tolerância da cultura à salinidade e da quantidade de sais existentes na água de irrigação. Quanto maior a tolerância da cultura à salinidade, menor será a lâmina de lixiviação. Por outro lado, para o mesmo nível de tolerância da cultura, quanto maior a salinidade da água, maior a lâmina de lixiviação. Esta lâmina é dada pela taxa ou fração de lixiviação, que é a relação entre as quantidades de água que percola abaixo do sistema radicular e a que infiltrou no solo. Portanto é um número relativo.

De acordo com Grattan & Oster (2003), o requerimento da lixiviação é um conceito atrativo, mas apresenta limitações. Primeiro, a evapotranspiração é assumida ser independente da salinidade presente na zona radicular. Por conseguinte, o requerimento de água, para atender a evapotranspiração, será maior quando a

salinidade na zona radicular for maior que o valor limite tolerável pela cultura (Letey and Dinar, 1986). Segundo, o requerimento da lixiviação é baseado numa condição de equilíbrio estável, o que não acontece no início da salinização na zona radicular. Finalmente, é difícil aplicar uma lâmina exata de água uniformemente em todo o campo que corresponda à fração ou taxa de lixiviação. Mesmo com estas limitações, o requerimento da fração de lixiviação é necessário para o controle do nível de salinidade tanto para o solo como para a cultura explorada.

Considerando a irrigação convencional, após várias irrigações sucessivas na mesma área, a concentração salina no perfil de solo tentará entrar em uma situação de equilíbrio, a depender da taxa de lixiviação. Por sua vez, a fração ou taxa de lixiviação pode ser calculada pela fórmula definida por Ayers & Westcot (1985). Segundo ele:

$$FL = CE_{ai} / CE_{zr} \quad \text{eq. (01)}$$

Onde, FL = fração de lixiviação (adimensional);  $CE_{ai}$  = salinidade da água de irrigação e  $CE_{zr}$  = salinidade na zona radicular tolerável pela cultura (ambas salinidades dadas em dS/m).

Com a definição da fração de lixiviação, o próximo passo é calcular a lâmina total de água a ser aplicada em cada irrigação. No caso da irrigação convencional, para o cálculo desta lâmina são necessárias às estimativas do requerimento de água real da cultura e da eficiência da irrigação. No caso desta nota técnica, a sugestão é trabalhar com o conceito de “Irrigação de Salvação”. Isto quando a salinidade da água de irrigação for superior a 4,0 dS/m. Com base neste conceito, o objetivo da irrigação é salvar o cultivo, conforme se refere o termo. Ou seja, são irrigações mínimas em complementação ao período chuvoso. Não necessariamente a pretensão é obter o rendimento máximo potencial que o cultivo pode produzir. Para o caso de águas com salinidade de até 4,0 dS/m, a lâmina de irrigação a ser aplicada é calculada usando a seguinte fórmula:

$$LB = (ETR / E_f) \times FL \quad \text{eq. (03)}$$

Onde, LB = lamina bruta (mm); ETR = evapotranspiração real da cultura (mm) e  $E_f$  = eficiência do sistema de irrigação.

É fato que no caso da irrigação de salvação, os conceitos básicos da irrigação convencional não estão sendo respeitados. Neste caso, o correto é atender toda a demanda da cultura e aplicar uma lâmina extra para a lavagem dos sais em excesso que ficarão no perfil explorado pelo sistema radicular. Com isto, a planta terá condições de desempenhar todo o seu potencial produtivo. Por outro lado, à medida que se aplica água salina em um perfil de solo, embora ocorra uma maior lavagem, sua salinidade será incrementada em todo o seu conjunto. Bastos (2004), avaliando o efeito de lixiviações completa e incompletas, usando água salina, concluiu que distribuição de sais em ambos os processos foram similares. Daí, o manejo mais

adequado foi a lixiviação incompleta, considerando a complementação da lavagem dos sais pela precipitação pluviométrica. Resultados positivos sobre a lavagem dos sais pela chuva também foram encontrados por Platts & Grismer (2014) na Califórnia em região cuja precipitação média anual foi de 330 mm.

#### **5.4. Problemas de infiltração e o uso de gesso na correção do RAS**

A água de irrigação com teores elevados de sais contribui para o acréscimo da concentração salina solo, como visto em parágrafos anteriores. Também foi visto que, para a remoção de parte destes sais, o processo de lixiviação é o mais apropriado. Esta técnica assume, em princípio, que os sais presentes no solo são solúveis e que toda água aplicada, no processo de lixiviação, será infiltrada no perfil de solo. No entanto, a qualidade da água de irrigação pode provocar reduções na velocidade de infiltração do solo.

Por definição, a velocidade de infiltração se refere à facilidade com que a água atravessa a superfície do solo. Já o deslocamento dessa água no interior do perfil tem há ver com a permeabilidade do solo. Segundo Ayers & Westcot (1985), uma velocidade de infiltração de 3 mm/h é considerada baixa, enquanto acima de 12 mm/h é alta. E mais, esta velocidade de entrada de água no solo é influenciada não só pela salinidade da água de irrigação, mas também pela textura do solo e pelas características dos cátions trocáveis. Um alto nível de sódio ( $\text{Na}^+$ ) na água ou no solo pode causar toxidez nas plantas, como já mencionado, além de afetar as propriedades químicas e físicas, ocasionando a desagregação da estrutura do solo através da dispersão das argilas, que por sua vez, afeta a velocidade de infiltração.

Como visto em item anterior, a Relação de Adsorção de Sódio (RAS), tem influência na velocidade de infiltração. Em geral, a infiltração aumenta com a salinidade e diminui com a sua redução ou com o aumento do teor de sódio em relação ao cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), em outras palavras o (RAS). A destruição da estrutura do solo ocorre quando o teor de sódio é superior ao do cálcio, em proporção de 3:1. Neste caso, o sódio provoca problemas na infiltração, da mesma forma que a salinidade muito baixa da água, acarretada pela falta de cálcio suficiente para contrabalançar os efeitos dispersantes do sódio (Ayers & Westcot, 1985). Para um determinado valor de RAS, a velocidade de infiltração aumenta na medida em que aumenta a salinidade.

O procedimento usado para a detecção de possíveis problemas de infiltração é através do cálculo do RAS. O sódio é um dos cátions que faz parte da salinidade da água e permanece todo o tempo solúvel e em equilíbrio com o sódio trocável do solo. Já o cálcio, ao contrário não se mantém totalmente solúvel todo o tempo. Este fica variando continuamente até entrar em equilíbrio (Ayers & Westcot, 1985). O cálculo do RAS é feito através do emprego da eq. 01.

A recuperação de solos afetados por problemas de infiltração inclui a adição de corretivos como o gesso para modificar a composição química do solo ou da água. Devido à dissolução do gesso, ocorrem variações no teor de cálcio solúvel na solução do solo, ou geralmente sua precipitação em forma de carbonato de cálcio. Com isto aumenta o teor de cálcio, reduzindo a proporção de sódio em relação a outros cátions, o que favorece a diminuição do valor do RAS. Por outro lado, o gesso eleva a salinidade das águas de baixo teor de sais, melhorando assim a infiltração. A correção com o gesso é recomendável quando a água tem salinidade maior que 1,0 dS/m e o valor do RAS é alto, sendo mais eficiente quando aplicado e incorporado ao perfil do solo.

Por ser abundante no nordeste brasileiro, o gesso é o corretivo mais empregado tanto na água como no solo. Segundo Ayers & Westcot (1985), para a recuperação de solos sódicos, o gesso, em forma granular, deve ser espalhado e incorporado ao solo em quantidade que oscila entre 5 e 30 t/há. Aplicações anuais superiores a 10 t/há, em geral, dão respostas rápidas, permitindo que as plantas explorem, através de seus sistemas radiculares, perfis mais profundos de solos. As aplicações leves e frequentes são mais eficientes na resolução de problemas de infiltração provocados pela salinidade da água de irrigação.

## **6. Considerações finais**

Está sendo estimado que em 2025 a população mundial passe dos oito bilhões de habitantes e que em 2050 será o dobro da atual. Nos dias atuais, um bilhão de pessoas, em todo o mundo, já passam fome e sede por falta de água e outros alimentos em suas comunidades. Para atender as futuras demandas de alimentos, a produção agrícola precisa crescer em 100 por cento nas próximas décadas (FAO,2011). No entanto, os recursos naturais água e solo, que são à base da produção agropecuária, já estão sendo explorados em seus limites. As mudanças climáticas, que eram aguardadas a posteriores, já estão sendo antecipadas. A estimativa é que o planeta sofrerá um acréscimo de mais 2º centígrados dentro das próximas décadas, o que desequilibrará ainda mais o atual balanço hídrico do planeta.

O relatório do IPCC (2007) ressalta que o semiárido será uma das regiões brasileiras mais afetadas pelo efeito das mudanças climáticas. Os cenários futuros sinalizam alterações climáticas, com tendências a estiagens frequentes, indicando uma intensificação da aridez nesta região até meados deste século. O balanço hídrico realizado com dados de previsão de temperaturas mais elevadas, com os modelos do IPCC, sugere cenários com déficits hídricos. Caso estas informações se confirmem, isto terá grandes impactos na sociedade nordestina, particularmente, para os pequenos produtores que vivem da agropecuária dependente de chuva.

Para estes produtores, a pecuária é a principal atividade geradora de renda. Nos últimos seis anos, o rebanho da região semiárida vem sendo dizimado pela falta de forragem suficiente para a manutenção dos animais. É que grande parte deste rebanho é mantido com uso da vegetação nativa, e esta já está sem capacidade de suporte em consequência das longas estiagens. É nesta perspectiva que o uso da irrigação de “Salvação” é sugerido com águas salobra ou salina.

Atualmente, vários países fazem uso de águas com elevados teores de sais na produção, em função de não terem alternativas para atenderem a crescente demanda de produtos agropecuários. São águas com salinidade bem acima dos limites estabelecidos pelos livros textos encontrados na literatura sobre irrigação. Os resultados conseguidos por estes países demonstram que, o sucesso no uso da água salina na irrigação depende da espécie a ser cultivada e dos manejos da água e das práticas agrícolas a serem adotadas pelos produtores. Não existe um caminho único para esta combinação. Muitas alternativas de práticas culturais e de manejo da irrigação podem ser combinadas no intento de um resultado de produção satisfatório e com menor impacto ambiental, não permitindo que a salinidade do solo ultrapasse os limites toleráveis pela cultura e que seja sodificado. A combinação apropriada vai depender de alguns fatores tais como tipo de solo, salinidade da água e do clima.

Estima-se que atualmente existe em torno de 140 mil poços tubulares perfurados no semiárido brasileiro. A maioria deles apresenta salinidade em torno de 2 gramas de sais por litro. Portanto, a depender do uso a ser dada a água desses poços e de suas vazões, partes destas águas poderão ser usadas para a produção de forragens como mais um recurso estratégico em anos de seca, sem, contudo comprometer o ambiente. Pelo contrário, dando a oportunidade para que a vegetação nativa (caatinga), atualmente tão espoliada, possa se recuperar.

Nessa condição, a opção pela irrigação de salvação, mesmo usando água salina, pode ser a garantia da sobrevivência de seu rebanho. De acordo com as estatísticas da região, em apenas um terço dos anos esse procedimento poderá ser necessário. Os outros dois terços terão chuvas iguais ou superiores à média, o que exercerá um grande efeito no processo de lixiviação dos excedentes de sais que serão acumulados no perfil de solo.

Vale ressaltar que serão 250 a 300 mm de água salina por ano a ser aplicada em forma de cinco ou seis irrigações de salvação. Isto complementada com a pouca chuva que cará, e a depender da forragem escolhida, garantirá até 10 toneladas de matéria seca por hectare, que serão de grande ajuda para a sobrevivência do rebanho. Tal procedimento deverá ser acompanhado e monitorado como forma de assegurar que as práticas e manejos apropriados serão utilizadas.

## 7. Bibliografias

Ayers, R. S.; Westcot, D. W. 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29.

Bastos, D. C. de O. 2004. Manejo da salinidade em irrigação localizada: análise da alternativa de lixiviação incompleta. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 68 p.

Bernstein, L. and Fireman, M. 1957. Laboratory studies on salt distribution in furrow irrigation soil with special reference to pre-emergence period. Soil Science. (83): 249-263.

Dinar, A.; Letey, J. and Vaux, Jr. H. J. 1986. Optimal ratios of saline and nonsaline irrigation waters for crop production. Soil Sci. Soc. Am. J. 50 (2): 440-443.

Epstein, E.; Bloom, A. J. (2006). Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. Editora Planta. 403 p.

Espanhol, I. 2003. Saúde pública e reuso agrícola de esgoto e biossólidos. In: Reuso de Água. Pedro C. S. e Hilton F. dos S. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. pp 96-157.

FAO/WHO. 2002. Human vitamin and mineral requirements. Report of an expert consultation, Bangkok Thailand. Chapter 15 – Selenium. Disponível em: [www.fao.org/docrep/004/y2809e/y2809e01.htm#bm21.1](http://www.fao.org/docrep/004/y2809e/y2809e01.htm#bm21.1)

FAO. 2011. The State of World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: managing systems at risk. Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

Grattan, S. R. and Oster, J. D. 2003. Use and reuse of saline-sodic waters for irrigation of crops. Journal of Crop Production 7 (1/2): 131-162.

Grattan, S. R.; Rhoades, J. D. 1990. Irrigation with saline ground water and drainage water. In: Tanji, K. K. (Ed). Agricultural salinity and management. New York: ASCE. Cap.20.

Hanson, B. R.; Grattan, S. R.; Fulton, A. 2006. Agricultural Salinity and Drainage. Division of Agriculture and Natural Resources Publication. University of California Irrigation Program. University of California. Davis. 161 p.

IPCC-2007. 2007. Report of Intergovernmental Panel on Climate Chaner. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdon and New York, NY, USA.

Letey, J. and Dinar, A. 1986. Simulated crop-production functions for several crops when irrigated with saline waters. *Hilgardia* 54:1-32.

Lokhand, V. H.; Suprasanna, P. (2012). Prospects of halophyte in understanding and managing abiotic stress. In: *Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plant in the Era of Climatic Change*. Springer, New York. pp. 29 – 56

Luttge, U. and Smith, J. A. C. 1984. Structural, biophysical and biochemical aspects of the role of leaves in plants adaptation to salinity and water stress. p. 125-150. In: *Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement*. New York. John Wiley and Sons.

Maas, E. V.; Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance – Current assessment. *J. Irrigation and Drainage Division, ASCE* 103: 115-134.

Manucher, A. 1999. Drainage Reuse. Final Report. Drainage Reuse Technical Committee. The San Joaquin Valley Drainage Implementation Program and The University of California Salinity/Drainage Program. 71 p.

Meiri, A.; Shalhevet, J.; Shinsshi, D. and Tibor, M. 1982. Irrigation of sprinkling potatoes with saline water. Annual Report, Agric. Res. Org. Inst. Soil and Water. Volcani Center, Bet Dagan, Israel.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* ,25, 239 - 250.

Oster, J.; D. Hoffman, G. J. and Robinson, F. E. 1984. Management alternatives: crop, water and soil. *California Agriculture*. 38 (10): 29-32.

Pacheco, M. V.; Ferrari, C. dos S.; Bruno, R. de L. A.; Araújo, F. dos S.; Silva, G. Z. da; Arruda, A. de A. 2012. Germinação e vigor de sementes de *Capparis flexuosa* submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*.V. 7, N. 2, p. 301-305.

Phillipo, M.; Humphries, W. R.; Bremner, I.; Atkinson, T. and Henderson, G. 1985. Molybdenum-induced infertility in cattle. In: *Trace elements in man and animals – Tema 5*. Mills, C. F. I, Bremner and J. K. Shcesters (eds.). Proc. 5<sup>th</sup> Int. Sym. Of Trece Elements in Man and Animal. Commonwealth Agricultural Bureaux. United Kingdom pp 176-180.

Platts, E. B. and Grismer, M. E. 2014. Rainfall leaching is critical for long-term use of recycled water in the Salinas Valley. *California Agriculture*. 68 (3):75-81.

Rhoades, J. D.; Kandiah, A. and Mashali, A. M. 1992. The use of saline waters for crop productions. *FAO* 48. Rome. 133pp.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United State Salinity Laboratory. United States Department of Agriculture. 160.p.

Shalhevet, J. 1984. Management of irrigation with brackish water. Soil salinity under irrigation, processes and management. Shainberg, I. and Shalhevet, J. eds. Springer-Verlag. Pp. 298-318.

Sheikh, M. I. & Malik, M. N. 1983. Planting of trees in saline and waterlogged areas. Pakistan Journal of Forestry. 33 (1): 3-8.

Silva, F. A. de M.; Melloni, R.; Miranda, J. R. P. de; Carvalho, J. G. de. 2000. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. CERNE, V. 6, N. 1, p. 052-059.

Silva, M. B. R.; Batista, R. C.; Lima, V. L. A. de; Barbosa, E. M.; Barbosa, M. de F. N. 2005. Crescimento de plantas jovens da espécie florestal favela (*Cnidoculus phyllacatus*) em diferentes níveis de salinidade da água. Revista de Biologia e Ciências da Terra. V. 5, N. 2.

Silva, M. B. R.; Viégas, R. A.; Farias, S. A. R. 2009. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. Caminhos de Geografia Uberlândia. V. 10, n. 30 p. 120-127.

Stenhouse, J.; Kijne, J. W. 2006. Prospects for Productive Use of Saline Water in West Asia and North Africa. Comprehensive Assessment Research Report 11.