

SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS¹

Gilberto Gomes Cordeiro²

1. INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes da acumulação de sais solúveis e sódio trocável nos solos irrigados das regiões áridas e semi-áridas são muito antigos e sua origem remonta à própria origem da irrigação.

A maior parte dos solos salinos e sódicos ocorre em regiões áridas e semi-áridas, onde os processos de salinização e sodificação são freqüentemente acelerados por irrigação pouco eficiente e insuficiente drenagem. Os sais solúveis do solo consistem em grande parte e em proporções variadas, dos cátions sódio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto e sulfato, sendo que, em quantidades menores, encontram-se os ânions, bicarbonato, carbonato e nitrato. As fontes originais, das quais provêm estes sais, são os minerais, expostos da crosta terrestre (Israelsen e Hansen, 1975).

Alguns dos problemas relacionados com excesso de sais e sódio trocáveis são inerentes ao solo no estado virgem. Outros, entretanto, aparecem após terem sido submetidos à irrigação. Assim, nas áreas irrigadas é comum o surgimento de salinidade provocada pela água de irrigação contendo ou não concentrações elevadas de sais, decorrentes também de práticas de manejo que não visam à conservação da capacidade produtiva dos solos, sistemas de drenagem insuficiente, quantidade inadequadas de água e uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (Hayward & Wadleigh, 1949; Lyerly & Longenecker, 1962; Mcneal 1976) além de elevação do lençol freático e sistematização do solo (Thorne & Thorne 1954; Lewis & Juve 1956).

O aumento das concentrações de sais e sódio trocável pode ocorrer nos solos sob irrigação, mesmo usando água de boa qualidade, desde que as características físicas, químicas e hidrodinâmica do solo sejam desfavoráveis. As taxas de evaporação e baixa precipitação pluviométrica, associadas às características do material de origem e às condições geomorfológicas e hidrológicas, condicionam a formação de solos com teores elevados de sais solúveis e sódio trocável (Kovda, 1964).

Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes da produção agrícola, devido, principalmente, ao aumento da pressão osmótica do solo e à toxidez resultante da concentração salina e dos íons específicos. Em solos sódicos, o problema maior é sobre as características físicas do solo, devido à dispersão dos colóides, criando problemas de

¹ Trabalho a ser apresentado no XI CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – 27 a 31 de agosto de 2001 – Fortaleza- CE

² Engº Agro., M.S.c., Embrapa Semi-Árido. CX. Postal 23 – 56300-00, Petrolina-PE

diminuindo, conseqüentemente, a aeração e dificultando o movimento de água e desenvolvimento radicular, além do efeito tóxico do sódio (Richards, L.A., 1954).

A experiência brasileira na área de irrigação e drenagem é muito recente e a vivência de outros países de tecnologia avançada neste setor não pode ser facilmente transferida para o Brasil, país de dimensões continentais, onde as condições de solo e clima são as mais diversas e onde os aspectos sócio-econômicos e culturais diferem de região para região.

Dentre os inúmeros problemas afetos à áreas irrigadas do Nordeste do Brasil, tem-se mencionado, com freqüência, o da salinização. Nos meios técnicos, este problema tem chegado até mesmo a gerar sérias inquietações, face às notícias sobre a sua gravidade e às perspectivas de dificuldades que poderá acarretar, podendo mesmo vir a comprometer todo o esforço que está sendo realizado. Desse modo, o problema deverá ser encarado com a maior seriedade possível, pela importância de que se reveste, oferecendo um vasto campo de oportunidade para pesquisas. De acordo com o marco de referência disponível até o momento, as pesquisas tem sido desenvolvidas mais freqüentemente nas áreas de metodologia de caracterização do problema.

Neste contexto os esforços da pesquisa devem ser direcionados, além dos acima citados, no sentido de um conhecimento dos sistemas de produção irrigado em uso e as especificidades do solo, do clima e da água com o objetivo de melhorar a eficiência, na utilização da água disponível. Isto, juntamente com o aumento da produção e da produtividade por unidade de área permitirá ampliar com segurança e responsabilidade a área atualmente irrigada.

Dada a importância do problema e o grande interesse em gerar e/ou adaptar tecnologias que possam manter em produção os solos irrigados, manejar os solos afetados pelo sal e recuperar os solos abandonados do Nordeste e tendo em vista a necessidade de maximizar a utilização racional dos recursos edáficos e hídricos do Nordeste do Brasil e considerando ainda, a gravidade que o problema poderá vir a assumir. A EMBRAPA através do seu CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO de Petrolina, tem se preocupado bastante com o problema e vem mobilizando um amplo esforço do ponto de vista institucional, financeiro e técnico visando o seu equacionamento.

2. ÁREAS AFETADAS PELA SALINIZAÇÃO E SODIFICAÇÃO NO NORDESTE

Os problemas de degradação dos solos por salinização e sodificação no Brasil encontram-se particularmente na região semi-árida do Nordeste, onde o "déficit hídrico" atinge mais de 2.000 mm por ano favorecendo, assim, a acumulação de sais solúveis e sódio trocável. De acordo com revisão realizada (Pereira, 1983) no levantamento de solos dos estados da Bahia ao Ceará totalizando 1.110.000 km² na escala de 1:500.000, foram delimitadas áreas correspondentes a 85.931 km² de solos afetados por sais, representando 7,74% da área mapeada destes estados. A Tabela 1 mostra a distribuição destes solos por estados, estando incluídos aí planossolos solódicos, Solonetz solodizados, Solonchack solonéticos, solos halomórficos e outros, isto sem considerar as áreas com problemas de sais e sódio nos perímetros irrigados em operação e solos aluviais dos vales dos rios (Mello et al 1967).

As áreas irrigadas do Nordeste concentram-se em três grandes situações, a saber: perímetros irrigados e áreas de aluviões (ilhas e margens) ao longo do São Francisco e perímetros irrigados nas diversas represas construídas em quase todos os estados. Em alguns pontos destas áreas já se observa um processo de salinização em andamento, acompanhado de sódio no complexo de troca. Segundo Góes (1977), 25% dos solos irrigados no Nordeste estão afetados por sais e sódio, percentagem esta considerada bastante otimista quando levantamentos mais recentes, nos solos do projeto de irrigação de São Gonçalo, PB, mostraram que só na área em operação, 24% estão afetados por sais, isto sem considerar as áreas já abandonadas, que apresentam elevados teores de sais. Esta situação reflete-se, de maneira geral, nos projetos de irrigação implantados no Nordeste, onde extensas áreas estão fora de operação, por apresentarem condições adversas ao desenvolvimento e produção rentável das culturas, necessitando, portanto, serem recuperadas e re-incorporadas ao processo produtivo. Este aspecto poderá ser observado na Tabela 2.

Os solos dos perímetros irrigados do Nordeste, especialmente aqueles a cargo do DNOCS, são na quase totalidade do tipo aluvional, caracterizado por extremas variabilidades horizontais e verticais, tanto no aspecto físico como químico. Em geral são de textura média e pesada, profundos, de boa fertilidade, porém pobremente drenados. Além disso, muitos destes solos apresentavam, originalmente, altos teores de sais, condição que foi agravada com a irrigação. Caso não sejam adotadas medidas preventivas eficientes, a área salinizada será, por certo, rapidamente aumentada.

As fontes de água para irrigação no Nordeste são constituídas de reservatórios superficiais, onde a água é armazenada durante a estação chuvosa (açudes) e rios sendo, de uma maneira geral, de boa qualidade, variando de C₁ a C₂ e de S₁ a S₂. A mais importante fonte é o rio São Francisco, cuja água contém baixos teores de sais, sendo classificada como C₁S₁. O uso destas águas não deveria apresentar maiores problemas para irrigação sob condições adequadas de manejo. Todavia, em decorrência do inadequado balanço de sais comumente verificado, devido a problemas de drenagem, observa-se uma gradativa salinização do perfil irrigado e um progressivo aumento das áreas problemas. Em alguns casos são também usadas águas de poço que, não raro, apresentam concentrações elevadas de sais, chegando mesmo a limitar seu uso para irrigação. As águas subterrâneas, devido ao embasamento cristalino existente no semi-árido, não ocorrem em grandes quantidades, sendo encontradas em aquíferos localizados e geralmente consideradas marginais para irrigação.

Tabela 1. Áreas de solos afetados por sais em sete estados do Nordeste

	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	TOTAL
Planossolo solódico	2.708	3.690	944	5.163	3.370	2.098	30.516	58.491
Solonets solodizado	8.436	4.064	2.769	2.654	393	1.013	5.161	24.490
Solonchack solonético	450	837	-	-	-	-	-	1.287
Halomorfo	18	-	-	-	-	-	-	18
Outros	1.645	-	-	-	-	-	-	1.645
Total	23.257	8.591	3.713	7.819	3.763	3.111	30.677	85.931
%	27	10	4,3	9,1	4,4	3,6	41,5	100

Tabela 2. Áreas de solos afetados por sais em alguns projetos de irrigação do Nordeste do Brasil segundo Valdivieso (1988)

Projeto	Área Irrigada (ha)	Área com baixa produtividade p/sais (ha)	Área abandonada (ha)	Área salinizada (ha)	%
Morada Nova-CE	2.880	815	285	1.100	38
Vaza Barris-BA	1.016	120	33	153	15
Caraíma-BA	614	176	116	292	47
Lima Campos-CE	502	41	0	41	8
Engo. Arcoverde-PB	321	32	73	104	33
Caldeirão-BA	416	23	29	52	12
Boa Vista-PE	154	41	0	41	27
Sumê-BA	147	74	15	89	61
Cachoeira-BA	142	37	6	43	30
São Gonçalo-PB	1.340	-	-	375	28
Totais	7.532	1.359	557	2.291	30

3. MÉTODOS PARA MEDIR A SALINIDADE DOS SOLOS

3.1 . Métodos de laboratório

A metodologia tradicional utilizada para medir a salinidade dos solos foi desenvolvida pelo laboratório de Riverside nos Estados Unidos da América do Norte (Richards, 1954). O método consiste em preparar uma pasta saturada de uma amostra de solo e posteriormente obter o extrato, mediante sucção por vácuo ou pressão. Através da medição da condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação em mmhos/cm, ou dS/m a 25 °C, obtém-se a concentração de sais solúveis do extrato.

3.2. Método do campo

Mais recentemente, o laboratório de salinidade de Riverside tem desenvolvido novos modelos matemáticos que apresentam novas formulações para diagnosticar a condutividade elétrica do extrato de saturação (Cee), bem como o desenvolvimento de novos equipamentos para medir a condutividade elétrica aparente do solo (Cea) diretamente no campo. Todavia a informação de campo deverá ser completada com base na estimativa das percentagens de argila e de umidade presentes no perfil do solo, no momento da leitura com os equipamentos. Assim sendo, o técnico que estiver operando com os equipamentos deverá ter bastante prática para que, com o uso, do tato, possa estimar com bastante aproximação estes parâmetros.

4. ORIGEM DOS PROBLEMAS DE SAIS EM ÁREAS IRRIGADAS

A maior parte dos solos salinos e sódicos ocorre principalmente em regiões áridas e semi-áridas onde os processos de salinização são freqüentemente acelerados por irrigação pouco eficiente e insuficiente drenagem.

Os sais solúveis do solo consistem em grande parte e em proporções variadas, dos cátions sódio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto e sulfato, sendo que, em quantidades menores, se encontram os ânions bicarbonato, carbonato e nitrato. As fontes originais, das quais provem estes sais, são os minerais primários que se encontram no solo e nas rochas expostas da crosta terrestre.

Israelsen e Hansen (1975) afirmam que durante o processo de intemperização química, que implica em hidrólise, hidratação, redução, oxidação e carbonatação os constituintes são liberados gradualmente e se tornam mais solúveis. Os íons bicarbonatos se formam como consequência da

solução de CO_2 em água. O CO_2 é um ativo agente intemperizante que libera quantidades apreciáveis de cátions em forma de bicarbonatos. Os ions estão relacionados entre si e a quantidade que há de cada um é uma função do pH da solução. Maiores quantidades de ions carbonato só podem se apresentar para valores de pH de 9,5 ou mais alto.

Kovda (1964) afirma que as áreas irrigadas situadas em regiões desérticas e semi-desérticas em lugares de pouca drenagem natural, terras baixas de zonas lacustres e costeiras, cedo ou tarde experimentam um aumento de águas freáticas e seus solos ficam expostos a salinidade.

Em solos irrigados as causas diretas que influenciam o aparecimento de problemas de salinidade podem resumir-se assim:

- irrigações com volumes excessivos de água que elevam o nível de água freática, permitindo a concentração superficial de sais por evaporação.
- filtração de canais de distribuição que provocam a elevação do nível freático em terrenos adjacentes.
- uso de água de irrigação com alta concentração salina.
- quando se permite a acumulação de água de irrigação em partes baixas pouco permeáveis do terreno, resultando em formação de depósitos de sal nestas áreas.
- flutuação do lençol freático devido a drenagem interna deficiente.

Entretanto, devemos salientar que mesmo nas regiões áridas, o problema de salinidade pouco ocorre em condições naturais. O problema surge e naturalmente é de maior importância econômica e social quando, em consequência da irrigação, um solo não salino se torna salino. Isto se deve em grande parte ao volume e ao teor de sais da água, usada na irrigação e a falta ou deficiência de drenagem do solo.

Do ponto de vista da produtividade a salinização ou sodificação são problemas indesejáveis, já que afetam os rendimentos dos cultivos, porém não devemos esquecer que todos os solos contêm sais, os quais só se tornam problema quando alcançam concentrações que sejam intoleráveis pelas plantas. Para evitar estes problemas, torna-se necessário entender as leis que regem a dinâmica dos sais no solo e nas plantas, porém isto não é simples já que requer um conhecimento concatenado, ainda que em forma superficial, de diferentes campos da ciência, tais como a física, a química, a biologia, a engenharia e a agronomia que por si só envolve praticamente todas as áreas do conhecimento humano.

4. PROCESSO DE FORMAÇÃO DE SOLOS SALINOS E SÓDICOS

Os solos com essas características têm duas origens fundamentais:

1. Natural: Que pelo modo de formação podem ser:

- a) In-situ - Aqueles formados por decomposição das rochas no mesmo lugar onde se encontram cuja ocorrência é pouco freqüente.
- b) Bacias fechadas - Para estes locais correm as águas de chuva e riachos que carregam grandes quantidades de sais. Ao evaporar a água, o conteúdo de sais aumenta cada vez mais, dando origem a solos salinos e sódicos. Um exemplo deste tipo de terreno são regiões do ex-lago de Texcoco no México, Great Salt Lake, em Utah (USA) e Salton Sea, na Califórnia (USA).
- c) Marinho - Do qual existem quatro modalidades:
 - c.1. Geológico - Se apresenta quando o material original é constituído por depósitos marinhos.
 - c.2. Costeiro - Ocorre onde as águas do mar invadem as zonas baixas.
 - c.3. Por fenômenos meteorológicos - Transporte de água do mar através de ventos.
 - c.4. Por intrusão - Avanço da água do mar através das camadas do sub-solo.

2. Induzida: É o caso da origem dos problemas de sais em áreas irrigadas, que surge geralmente devido ao inadequado manejo do solo e da água nos terrenos agrícolas sob irrigação.

Kovda (1964) afirma que as áreas irrigadas situadas em regiões desérticas e semi-desérticas em lugares de pouca drenagem, terras baixas de zonas lacustres e costeiras, cedo ou tarde sofrem um aumento de águas freáticas e seus solos ficam expostos a salinidade e sodicidade.

Os solos com altas concentrações de sais tanto natural como induzida, se encontram principalmente nas zonas de clima árido e semi-árido, onde as baixas precipitações não chegam a efetuar a lixiviação dos sais. Em regiões de clima úmido os sais solúveis originais ou formados pelo intemperismo dos minerais, geralmente são levados pela água subterrânea para ser finalmente transportado para os oceanos. Somente se apresentam solos salinos em regiões úmidas quando são de origem marinha.

5.1. Fatores que favorecem o processo de formação de solos salinos e sódicos.

O desenvolvimento do processo de salinização e sodificação dos solos é favorecido pelos seguintes fatores:

- a) Qualidade da água - O uso de águas salinas acelera o processo.
- b) Profundidade do lençol freático - Quando o lençol freático se encontra a pequenas profundidades, o processo de salinização e sodificação é favorecido pela ascensão capilar dos sais. Este processo é mais rápido em zonas de clima árido onde a evaporação é intensa e as precipitações são baixas.
- c) Drenagem deficiente ou inexistente (associada à ineficiência da irrigação), possibilitando a formação do lençol freático superficial.
- d) Clima- A alta evaporação e reduzida precipitação característica de regiões áridas e semi-áridas impedem a lavagem dos sais do perfil do solo.
- e) Topografia - Topografias acidentadas e as variações geológicas e edafológicas facilitam a formação de aquíferos confinados e represamentos superficiais que com a influência da evaporação incrementam o processo.

6. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS COM PROBLEMAS DE SALINIDADE E SODICIDADE

Uma vez que os sais se tenham acumulado no solo, apresentam grande variabilidade tanto no tempo como no espaço, tornando-se muito difícil a caracterização dos problemas. As variações no tempo são consequência principalmente dos diferentes processos que estão ocorrendo, como a evapotranspiração, salinização, sodificação, lavagem do solo, consumo e/ou acumulação de nutrientes. Ao passo que as variações no espaço, principalmente na superfície são devido a heterogeneidade dos solos, do microrelevo, da aplicação e consumo de água e nutrientes. Sem dúvida, com todos estes fatores que influem no conteúdo total de sais de uma determinada área, estamos obrigados a seguir certas metodologias que assegurem uma boa caracterização.

Para poder caraterizar um solo com problemas de sais e estar em capacidade de tomar decisões acertadas, é indispensável a realização de amostragem de solo com uma metodologia específica de acordo com o tipo de estudo que se pretende efetuar, com base no qual se deve definir a frequência de amostragem, a extensão da área de estudo, o método de amostragem, o tamanho da amostra e o processamento posterior da mesma, que por sua vez estão ligados aos recursos disponíveis, capacidade de trabalho do laboratório de análises e a precisão desejada.

Richards (1954) divide os solos em salinos, salinos-sódicos e sódicos de acordo com às características de condutividade elétrica, pH e percentagem de sódio trocável. Tabela 3.

- solos salinos: solos cuja condutividade elétrica do extrato de saturação é maior de que 4 millimhos/cm a 25° C, e a percentagem de sódio trocável é menor do que 15. Geralmente o pH é menor de 8,5. Estes solos correspondem aos tipos descritos por Hilgard e citados por Richards (1954) como solos “Alcali Branco” e aos “Solonchaks” dos autores russos. Estes solos podem, mediante o estabelecimento de uma boa drenagem, voltar novamente a ser solos normais.
- Solos salinos-sódicos: solos cuja condutividade elétrica do extrato de saturação é maior do que 4 millimhos/cm a 25° C, e percentagem de sódio trocável é maior do que 15. Este tipo de solo se forma como resultado dos processos combinados de salinização e sodificação.
- Solos sódicos: aqueles cuja percentagem de sódio trocável é maior do que 15 e a condutividade elétrica do extrato de saturação é menor do que 4 millmhos/cm a 25° C, o pH

geralmente varia entre 8,5 a 10. Estes solos correspondem aos chamados “Alcali Negro” por Hilgard e “Solonetz” pelos russos.

Tabela 3: Síntese da classificação segundo Richards (1954).

Solos	C.E. (mmhos/cm)	PST	pH
Normais	< 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos	> 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos sódicos	> 4 millimhos	> 15	< 8,5
Sódicos	< 4 millimhos	> 15	< 8,5

7. EFEITOS DE ALTOS CONTEÚDOS DE SAIS NO SOLO E NA PLANTA

7.1. No solo – Produzem variações no estado físico e químico do solo da seguinte forma:

- a. Diminuição da disponibilidade de água no solo, através da elevação de tensão osmótica na solução do solo.
- b. Na presença do sódio, os solos se desfloculam modificando o estado da agregação das partículas dando origem a mudança na estrutura reduzindo a aeração, infiltração e a condutividade hidráulica a limites desfavoráveis para as plantas.
- c. Produzem variações desfavoráveis no pH do solo, o que reduz a solubilidade dos nutrientes com conseqüente baixa na disponibilidade para as plantas.

7.2. Na planta

Quando as plantas se desenvolvem sob condições de salinidade e/ou sodicidade um dos sintomas mais característicos é a inibição do crescimento produzido pelos sais, o qual se manifesta por uma marcada desuniformidade, apresentando ranchas desnudas, plantas definhadas e uma grande variação no crescimento geral o que resulta em uma baixa produção por unidade de área.

A acumulação excessiva de sais solúveis na zona radicular dos cultivos, é um fator limitante da produção na agricultura sob irrigação. A salinidade e sodicidade dos solos produz condições extremamente desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas.

Sob condições de salinidade, um dos principais problemas é o de se obter uma porcentagem de germinação adequada. Este aspecto deve ser considerado, já que se a porcentagem da germinação for

baixa o cultivo pode fracassar. A tolerância dos cultivos a concentrações de sais durante a germinação é geralmente menor que em outros estágios de crescimento.

Para explicar os diferentes aspectos negativos dos sais solúveis do solo sobre os cultivos, se tem proposto diferentes teorias das quais as que mais se destacam são as seguintes:

- a. **Teoria da disponibilidade de água;**
- b. **Teoria da inibição osmótica ou ajuste osmótico;**
- c. **Teoria da toxicidade específica.**

a. Disponibilidade de água

De acordo com esta teoria os sais aumentam a pressão osmótica da solução do solo fazendo com que a disponibilidade de água para as plantas diminua, provocando deficiência de água, o que afeta seu crescimento.

b. Inibição osmótica ou ajuste osmótico

Esta teoria estabelece que o crescimento das plantas sob condições de salinidade se vê seriamente afetado devido a que a planta precisa realizar um ajuste osmótico para manter gradiente favorável em suas células para que lhe permita extrair água do solo. Ao fazer este ajuste, a planta gasta energia, a qual em condições normais usariam no crescimento.

c. Toxicidade específica

Esta teoria considera que os efeitos tóxicos dos sais sobre as plantas, se realiza via metabolismo, por trocas causadas na atividade metabólica que produzem a acumulação de substâncias intermediárias, que não se encontram em plantas que crescem em condições normais. O efeito, neste caso, é específico, tendo origem químico-biológico, mais do que física.

8. CLASSIFICAÇÃO DOS CULTIVOS SEGUNDO SUA TOLERÂNCIA AOS SAIS E A PRESENÇA DE IONS TÓXICOS

Geralmente as plantas têm comportamento diferentes diante dos problemas de salinidade e sodicidade e este comportamento depende do tipo de afetação (excesso de sais solúveis, conteúdo de sódio e presença de íons tóxicos) e do grau de afetação. De acordo com este critério se tem efeito

ampos estudos que permitem classificar os cultivos segundo estes comportamentos. Na Tabela 4, verifica-se a produtividade potencial de algumas culturas em função da salinidade.

Tabela 4: Produtividade potencial de algumas culturas em função da salinidade.

	PRODUTIVDADE POTENCIAL								
	100%		90%		75%		50%		0%
	Cees	Cei	CEes	Cei	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes
Cevada	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7	12,0	18,0	28
Feijão	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	07
Milho	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10
algodão	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0	27
Amendoim	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,4	4,9	3,3	07
Arroz inundado	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	12
Girassol	5,3	3,5	6,2	4,1	7,6	5,0	9,9	6,6	15
Sorgo	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,2	18
Soja	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,0	10
Trigo	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4	13,0	8,7	20
Beterraba	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15
Brócoli	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14
Repolho	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12
Melão	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16
Cenoura	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	08
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10
Alface	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	09
Cebola	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	08
Pimenta	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	09
Batatinha	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10
Rabanete	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	3,1	5,0	3,4	09
Espinafre	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15
Batata doce	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	11
Tâmara	4,0	2,7	6,8	4,5	10,9	7,3	12,3	17,9	32
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13
Abacate	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	3,7	2,4	06
Figo	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7	8,4	5,6	14
Uva	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12
Laranja limão	1,7	1,1	2,3	1,6	3,2	2,2	4,8	3,2	08
Pêssego	1,7	1,1	2,2	1,4	2,9	1,9	4,1	2,7	07
Morango	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	04
Alfafa	2,0	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6	8,8	5,9	16
Capim Bermuda	6,9	4,6	8,5	5,7	10,8	7,2	14,7	9,8	23

Fonte: Ayers e Westcot, 1976 – Irrigation an Drainage paper, 24 FAO;
 CROPWATER/REQUERIMENT.
 Cees – Condutividade do extrato de saturação do solo emmmhos/cm ou dS/m.

Cei – Condutividade da água de irrigação em dS/m.

9. PREVENÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS EM TERRENOS IRRIGADOS

Segundo Palácios e Armendariz as medidas de prevenção dos problemas de sais podem dividir-se em dois grupos:

- Medidas de prevenção a nível de grandes áreas, podendo incluir todo perímetro de irrigação;
- Medidas de manejo de solo e água, a nível de parcela.

Na prevenção dos problemas de sais, tanto a nível de distrito como a nível de parcela, podem ser distinguidas as seguintes etapas:

- a. determinação ou diagnóstico do problema;
- b. Análise das causas e hierarquização das mesmas, por ordem de importância;
- c. Aplicação de medidas corretivas segundo a ordem estabelecida.

Para evitar o aparecimento do problema, a gerência ou a administração do perímetro irrigado deve concentrar sua ação no conhecimento detalhado das duas fontes potenciais do problema, que são o solo e a água de irrigação.

Se os solos são livres de sal e a água de irrigação é de boa qualidade, a atuação neste caso deve se concentrar em:

- Obter que o sistema de distribuição funcione com o mínimo de perdas por infiltração. Sendo necessário, deve-se impermeabilizar toda a rede, até o ponto de entrega da água aos cultivos, melhorando a irrigação, fator muito importante na prevenção da salinidade;
- Dispor de um sistema de drenagem superficial e subterrâneo com capacidade para retirar em pouco tempo o total de água em excesso que estará integrada pelas perdas no sistema de distribuição, escoamento superficial e alimentação de áreas adjacentes mais altas;
- Manter um sistema regular de medidas de água em distintos pontos do sistema de distribuição e no sistema de drenagem. A análise anual destes dados permite conhecer o balanço de água e sua possível acumulação no perfil do solo.
- Manter uma rede de poços de observação do nível freático com medições regulares de sua profundidade, para indicar a situação real;

**** dS/m** – decisiemens/m a unidade de condutividade elétrica adotada mais recentemente pelo Sistema Internacional de Unidade é o siemens por metro (s/m); a utilização de dS/m tem a mesma grandeza que a unidade mais tradicionalmente utilizada; o milinho por centímetro (mmho/cm).

- Se existem problemas de solos, como infiltração muito baixa, deve-se tratar de usar práticas de manejo capazes de amenizar o problema;
- Se existe problema com a qualidade da água de irrigação, as soluções compreendem os seguintes pontos;
 - a. Dispor de um sistema de drenagem interno eficiente;
 - b. Usar de cada irrigação um volume de água adicional para lavar os sais concentrados em torno do sistema radicular das plantas em irrigações anteriores e se existem ambos problemas deve-se adotar medidas combinadas de manejo capazes de reduzir seus efeitos.

10. RECUPERAÇÃO DE SOLOS SALINOS E SÓDICOS

No processo de recuperação do solo podem distinguir-se as seguintes fases:

- Limitação das áreas afetadas e determinação do tipo e grau de afetação salina (solos salinos, salino-sódicos ou sódicos e valores específicos da condutividade elétrica, tipos de anions cátions, etc);
- Determinação das fontes de sal (água freática e água de irrigação) e das condições de drenagem, (profundidade do lençol freático e suas variações com o tempo);
- Estudo da conveniência e possibilidade econômica da recuperação das áreas com diferentes tipos e grau de afetação salina. Do resultado desse estudo, deve-se definir a ordem de recuperação das diferentes áreas afetadas;
- Estudo teórico das necessidades de melhoradores e de lâminas de lavagens para finalmente formular recomendações sobre a metodologia da recuperação dos solos;
- Avaliação dos resultados que se tenha obtido para fazer as correções correspondentes e recomendações sobre a recuperação dos solos.

No caso da recuperação de solos salinos se requer somente a eliminação de sais solúveis do perfil num grau suficiente e uma adequada profundidade para permitir o desenvolvimento das culturas. A única forma prática de se eliminar os sais solúveis é por lavagem, transportando os sais solúveis a horizontes abaixo da zona radicular pela aplicação de suficientes quantidades de água.

10.1. Práticas de manejo

Algumas das práticas de manejo mais comuns para solos afetados por sais, são as seguintes:

- Aplicação de irrigações freqüentes de maneira a manter a pressão osmótica do solo tão baixa quanto possível. Isso não deve no entanto ser excessivo, pois os cultivos também podem sofrer pela excessiva quantidade de água, falta de aeração e perda de nutrientes por lixiviação;
- Tratar de conseguir uma distribuição uniforme de água nivelando adequadamente os campos e usando os métodos de irrigação mais eficientes;
- Quando se usa irrigação por sulcos, semear as sementes longe da zona de maior acumulação de sais que é a parte mais alta do camalhão. Assim sendo deve-se semear dos lados dos sulcos.

Thorne e Peterson (1964) considerando a menor tolerância das plantas ao sal durante o período de germinação, recomendam que se faça a semeadura durante estações úmidas ou irrigar com freqüência, até que o cultivo esteja estabelecido. Recomendam, ainda, a seleção de cultivos tolerantes.

10.2. Métodos de recuperação

Existem diferentes métodos de recuperação de solos com problemas de sais, sendo mais comuns os seguintes: Métodos físicos, biológicos, químicos.

Todos esses métodos têm como objetivos principais, melhorar a permeabilidade dos solos e permitir a troca de sódio por cálcio no complexo de troca.

A seleção do método a ser utilizado requer o conhecimento das características estruturais dos solos, do tipo e classe de sais, das condições físicas e químicas do perfil, assim como da capacidade natural de drenagem.

10.2.1. Métodos físicos

Esses métodos consistem em dar um tratamento mecânico ao solo, como subsolagem e aração profunda, tudo isto com a finalidade de romper capas endurecidas para melhorar a permeabilidade do solo.

10.2.2. Métodos biológicos

Estes métodos consistem no uso de melhoradores orgânicos e plantas tolerantes aos sais para propiciar uma melhora da permeabilidade do solo.

Como se sabe, uma das funções dos microorganismos do solo, é a decomposição da matéria orgânica, em cujo processo libera uma série de compostos orgânicos que agregam o solo aumentando sua permeabilidade. Por outro lado, durante o processo de decomposição da matéria orgânica, os microorganismos do solo liberam CO_2 o qual, ao se combinar com a água, forma ácido carbônico, que pode solubilizar sais de cálcio precipitados no solo.

10.2.3. Métodos químicos

Este método é usado particularmente na recuperação de solos sódicos e ocasionalmente em solos salinos-sódicos e consiste em incorporar substâncias ao solo com a finalidade de solubilizar o cálcio existente no solo ou agregar diretamente em forma solúvel com o objetivo de substituir o sódio por cálcio no complexo de troca.

Existem várias substâncias que se usam como corretivo de solos sódicos e salino-sódicos. A seleção de uma dessas substâncias dependerá de: características do solo; velocidade de recuperação desejada, limitações econômicas.

Os principais corretivos usados para recuperação dos solos são os seguintes:

- Sais de cálcio (cloreto de cálcio e sulfato de cálcio);
- Ácido sulfúrico;
- Formadores de ácido: enxofre, sulfato de ferro, e sulfato de alumínio.

11. SELEÇÃO DO TIPO DE CORRETIVO

As características dos solos sódicos e salino-sódicos mais importantes para seleção do corretivo são: o conteúdo de carbonatos de cálcio e o pH. com base nestas características se podem estabelecer três grupos de solos:

1. Solos que contêm carbonato de cálcio;
2. Solos que não contêm carbonato de cálcio cujo pH é maior que 7,5;
3. Solos que não contêm carbonatos de cálcio e cujo pH é menor que 7,5.

Qualquer sal solúvel de cálcio, ácidos e substâncias formadoras de ácidos podem ser utilizadas nos solos do grupo 1.

Nos solos do grupo 2 não é recomendável usar ácidos ou substâncias formadoras de ácidos.

Nos solos do grupo 3 se pode usar qualquer sal solúvel de cálcio.

11.1. Velocidade de reação dos diferentes corretivos

Os ácidos reagem imediatamente ao entrar em contato com o solo. A velocidade de reação dos sais solúveis de cálcio depende da solubilidade dos mesmos sendo muito mais solúvel CaCl_2 do que gesso.

A solubilidade do gesso é bastante alterada, dependendo do grau de finura das partículas. Como as reações no solo são reações de superfície, quanto mais pulverizado estiver o melhorador mais rapidamente ocorrem as reações. O conteúdo de umidade do solo, a forma de aplicação e a pureza do produto também tem influência na velocidade de reação.

As substâncias formadoras de ácido têm reação lenta, particularmente o enxofre, já que primeiro tem que formar ácido sulfúrico através de uma oxidação microbiológica de enxofre elementar

11.2. Cálculo da quantidade de corretivo

As quantidades de corretivo a serem aplicados se calculam com base na capacidade de troca de cátions do solo, da percentagem de sódio trocável (PST) que se deseja substituir, da profundidade e superfície do solo a recuperar, com o objetivo de substituir uma quantidade de sódio que seja suficiente para baixar a PST a tal limite que assegure o solo adquirir boas condições estruturais.

A necessidade de corretivo pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$N.C. = \frac{(PSTi - PSTf)}{100} \text{ CTC}$$

donde:

N.C. = Necessidades de corretivo por cada 100 gramas de solo.

PSTi = Porcentagens de sódio trocável inicial.

PSTf = Porcentagem de sódio trocável final que se deseja deixar no solo.

CTC = é a capacidade de troca de cations, em milequivalentes por 100 g de solo.

Exemplo:

Desejamos recuperar um solo que tem as seguintes características:

- Porcentagem de sódio trocável inicial (PSTi) = 40
- Porcentagem de sódio trocável final (desejada) (PSTf) = 10
- Capacidade de troca de cations 25 mg, 100 g de solo

$$N.C. = \frac{(40-10)}{100} 25 = 7.5 \text{ me/100g}$$

Se desejamos expressar esta quantidade por hectare, torna-se necessário conhecer a densidade aparente do solo e a profundidade a ser recuperada.

Considerando que o solo do exemplo anterior tenha uma densidade aparente de 1.300 kg/m³ e que se deseje recuperar uma profundidade de 30 cm.

O volume total do solo será:

$$10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 0,3 \text{ m} = 3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$$

O peso total do solo será:

$$3.000\text{m}^3/\text{ha} \times 1.300 \text{ kg/m}^3 = 3.900.000 \text{ kg/ha}$$

Se em 100 g de solo temos que substituir 7.5 me em 1 kg temos que substituir 75 me em 1 ha a 30 cm de profundidade temos que substituir $3.9 \times 10^6 \times 75 = 292.5 \times 10^6$ me/ha.

Esta é a quantidade de corretivo requerida em miliequivalente e que pode ser suprida com qualquer corretivo que seja selecionado com base no tipo de solo e custo do corretivo.

No Quadro 3 verifica-se a quantidade de miliequivalentes por tonelada de diferentes melhoradores, considerando que os mesmos têm 100% de pureza.

Quadro 3. Miliequivalentes por tonelada de diferentes melhoradores químicos considerando uma pureza 100%.

Corretivo	Milliequivalentes por ton.
Enxofre	62.5×10^6
Gesso	11.6×10^6
Cloreto de cálcio	18.0×10^6
Ácido sulfúrico	20.4×10^6
Sulfato de ferro	7.2×10^6
Sulfato de alumínio	9.0×10^6

Como se verifica no Quadro 1, a mesma quantidade em peso de diferentes melhoradores, produziu diferentes quantidades de miliequivalentes.

Para satisfazer as necessidades de corretivo do solo do exemplo anterior, é necessário a aplicação de $292.5/62.5 = 4.68$ toneladas de enxofre ou com $292.5/11.6 = 25.1$ de gesso por hectare.

11.3. Forma de aplicação do corretivo

uma vez determinada a quantidade necessária e o tipo de corretivo, torna-se necessário seguir uma metodologia de aplicação, dependendo do estado de corretivo. Como se sabe os corretivos podem ser líquidos como o ácido sulfúrico e sólidos como o gesso, enxofre, sulfatos de ferro e sulfato de alumínio.

Os melhoradores sólidos devem-se aplicar diretamente no solo, ao passo que o ácido sulfúrico se aplica através da água de irrigação.

Tabela 5 : Projetos irrigados com água do Rio São Francisco

Perímetro Irrigação	Área Irrigada (há)	Área Salinizada	Percentagem (%)
Gorutuba/MG	5.171	50	1.0
Mandacaru/BA	421	40	10.0
Tourão/BA	10.000	100	1.0
Bebedouro/PE	2.272	300	1.3
Maniçoba/Ba	4.398	250	6.0
Curaçá	4.454	250	6.0
Ceraíma	713	150	21.0
Estreito/Ba	1.450	10	7.0
São Desidério	-	-	-
Barreiras/BA	2.229	100	4.0
Sem. Nilo Coelho/PE	15.000	350 (só lote)	2.0
Totais	46.108	1.690	4.0

Tabela 6: Projetos irrigados com água de reservatórios superficiais (açudes).

Perímetro Irrigação	Área Irrigada (há)	Área Salinizada	Percentagem (%)
Morada Nova/Ceará	2.880	1.100	38
Vaza Barris/BA	1.016	153	15
Lima Campos/CE	502	41	8
Arco Verde/PE	321	105	33
Caldeirões	416	52	12
Boa Vista/PE	154	41	27
Sumé/PB	147	89	61
Cachoeirinha/BA	142	43	30
São Gonçalo/PB	1.340	373	28
Totais	6.918	1.997	29

QUALIDADE DE ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Estudos visando determinar a qualidade de água sob o ponto de vista de sua utilização na agricultura irrigada, são recursos utilizados para indicar a conveniência ou limitação de seu emprego para fins de irrigação.

Entretanto, a definição favorável ou contrária à utilização de uma água para fins de irrigação requer não somente ter presente às condições de caráter químico que apresenta a água no momento em que é analisada como também as características físico-químicas dos solos em que vão ser aplicadas, assim como a sensibilidade e/ou resistência das culturas a serem irrigadas, bem como as características hidráulicas do emissor e do método de irrigação.

Com relação ao conhecimento da qualidade da água para irrigação e conseqüentemente a sua classificação, importantes contribuições tem sido dadas por inúmeros pesquisadores de todo mundo, especialmente, os pesquisadores do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

Ainda que os diversos métodos propostos para classificação das águas para irrigação apresentem diferenças, praticamente todos concordam, de forma razoável, com os critérios da classificação e os limites para essas classificação.

Segundo Ayers & Westcot (1976) a qualidade da água para irrigação está relacionada com seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas, requerendo muitas vezes técnicas especiais associados na sua utilização. Ainda, segundo o mesmo autor, os problemas causados pela qualidade da água podem ser resumidos nos seguintes efeitos principais: salinidade, permeabilidade do solo e toxidez às plantas cultivadas.

Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito deste sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados é de grande importância para manutenção da sua capacidade produtiva.

Águas de rios, barragens e poços contém normalmente de 150 a mais de 1.500 mg/l de sal (0,234 a 2,34 mmho/cm) e valores de Relação de Adorsão de Sódio (RAS) até mais de 30, variando assim o C1 a C4 e de S1 a S4 em todas as combinações possíveis, abrangendo desde águas que podem ser usadas para a maioria das culturas e solos a água que não são apropriadas para irrigação, em condições normais (Richards, 1954).

No caso específico do Nordeste, as águas usadas na irrigação são provenientes de rios, açudes e poços tubulares apresentando, com algumas exceções, valores de CE abaixo de 0,75 mmhos/cm. Neste caso são águas consideradas de boa qualidade e não apresentam maiores problemas para irrigação sob condições adequadas de manejo. Todavia, em decorrência do inadequado balanço de sais, comumente verificado por falta de drenagem, observa-se uma gradativa salinização do perfil do solo irrigado e progressivo aumento das áreas problemas.

2. CLASSIFICAÇÃO

A classificação da água para fins de irrigação é um recurso que fornece uma base para predizer com razoável confiança o efeito geral da sua utilização sobre o solo e a planta e sob o sistema de irrigação.

Segundo Richards (1954) ao se classificar uma água para irrigação, supõe-se que ela será usada sob condições médias com respeito à textura do solo, velocidade de infiltração, drenagem, quantidade de água usada, clima e finalmente à tolerância dos cultivos aos sais. Desvios consideráveis do valor médio de água que, sob condições médias, seria de boa qualidade. Estes aspectos devem ser considerados quando se trata da classificação de água para irrigação.

Os esquemas de classificação estabelecidos para avaliação da qualidade da água são empíricos e baseados em algumas características químicas da água e fisiologia das plantas. Todavia, neste trabalho enfocaremos particularmente a classificação adotada pelo laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, a qual apresenta um diagrama de classificação combinando a Relação de Adorsão de Sódio (RAS) e a concentração total de sais para formar 16 classes de água, variando assim C1 a C4 e de S1 a S4 em todas as combinações possíveis. O diagrama de classificação é mostrado na Figura 1. O significado e a interpretação das classes de acordo com este diagrama se resumem a seguir.

2.1. Perigo de Salinidade

As águas são divididas em classes segundo sua condutividade elétrica (CE). Provavelmente o critério mais importante com respeito à qualidade da água para irrigação seja a concentração total de sais. Tomando como base este critério de CE, as águas se dividem em quatro classes: salinidade baixa, salinidade média, salinidade alta e salinidade muito alta, sendo os pontos divisórios entre classes 250, 750 e 2.250 $\mu\text{mhos/cm}$.

C1 – Água de baixa salinidade (com menos de 250 micromhos/cm de condutividade elétrica.).

Pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solos com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade.

C2 – Água de salinidade média, com conteúdo de sais entre 250 e 750 micromhos/cm pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação.

Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas em muitos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle da salinidade.

C3 – Água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 micromhos/cm não podem ser usadas em solos com deficiente drenagem e, mesmo com drenagem adequada, podem ser necessário práticas especiais para controle de salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais;

C4 – Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/cm, não podendo ser usada em condições normais. Pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais como solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.

2.2. Perigo de Sodificação (Alcalinização)

As águas são divididas em classes segundo a Relação de Adsorção de Sódio (RAS). Esta relação expressa a atividade dos íons de sódio em reações de intercâmbio catiônico com o solo. Tomando-se como base este critério de perigo de sódio, as águas se classificam em quatro classes:

baixo, médio, alto e muito alto, as quais dependem dos valores da RAS e da CE. Para valor de CE de 100 $\mu\text{mhos/cm}$, os pontos de divisão se encontram em valores para RAS de 10, 18 e 26. Entretanto, com uma maior salinidade, os valores para RAS diminuem progressivamente até 2.250 $\mu\text{mhos/cm}$, os pontos divisórios se encontram para valores de RAS de aproximadamente 4, 9 e 14 (ALISON, 1966). Ou seja, para valores maiores de salinidade (CE) necessitamos menores valores de RAS para aumentar o perigo de sodificação.

S₁ – Água com baixo teor de sódio, com valores de RAS menores que 10, pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solos com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação;

S₂ – Água com teor médio de sódio com valores de RAS de 10 a 18. Estas águas só podem ser usadas em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade uma vez que em solos de textura fina (argiloso), o sódio representa perigo;

S₃ – Água com alto teor de sódio, valor de RAS de 18 a 26. Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maior parte dos solos, necessitando assim práticas especiais de manejo tais como: drenagem, fácil lavagem, aplicação de matéria orgânica;

S₄ – Água com teor muito alto de sódio, valores de RAS superiores a 26. É geralmente inadequada para irrigação, exceto quando a salinidade for baixa ou média ou o uso de gesso ou outro corretivo torne possível o uso dessa água.

Normalmente na avaliação da qualidade da água de irrigação, no que diz respeito ao perigo de sódio ou de bicarbonato, utiliza-se além do RAS o Carbonato de Sódio Residual (CSR) expresso em meq/l (Eaton, 1950). Segundo Wilcox et al. (1954) água com CSR até 1,5 meq/l não oferece nenhum perigo, com valores entre 1,5 e 2,5 meq/l é considerada marginal e acima de 2,5 meq/l não é adequada para irrigação.

O Carbonato de Sódio (CSR) é dado pela seguinte expressão:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$$

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SAL ADICIONADO AO SOLO ATRAVÉS DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

DADOS

USO CONSUTIVO	8 mm dia
Eficiência de Irrigação	100%
Ciclo fenológico da cultura	90 dias
Qualidade da água de irrigação	0,08 mmhos/cm (Rio São Francisco)

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE ÁGUA

$$8 \text{ mm} \times 90 \text{ dias} = 720 \text{ mm ou } 7200 \text{ m}^3/\text{há}$$

$$1 \text{ mm} - 10 \text{ m}^3/\text{há}$$

$$720 \text{ mm} - x = 7200 \text{ m}^3$$

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SAL

$$0,08 \text{ mmhos/cm ou } 80 \text{ }\mu\text{mhos/cm}$$

$$\text{mg/l} = \text{CE} \times 640$$

$$\text{mg/l} = 0,08 \times 640 = 51,2 \text{ mg/l}$$

$$0.0512 \text{ g/l}$$

$$1 \text{ litro} - 0,0512 \text{ g}$$

$$1000 \text{ litros} - x - 51.2 \text{ kg}$$

$$1 \text{ m}^3 - 0,051 \text{ kg}$$

$$7200 \text{ m}^3 - x = 367,2 \text{ kg ou } 0,36 \text{ toneladas de sal.}$$

POÇO 1 (CPATSA)

$$\text{QUALIDADE DA ÁGUA } 3,10 \text{ mmhos/cm}$$

$$3,10 \times 640 = 1984 \text{ mg de sal por litro}$$

$$1,984 \text{ g de sal por litro ou}$$

$$1 \text{ litro} - 1.984 \text{ g}$$

$$1000 \text{ litros} - x = 1984 \text{ g}$$

$$1 \text{ m}^3 - 1,9 \text{ kg}$$

$$7200 \text{ m}^3 - x = 13680 \text{ kg ou}$$

13,6 toneladas de sal

POÇO 4 (CPATSA)

QUALIDADE DA ÁGUA 9,60 mmhos/cm

$$9,60 \times 640 = 6144 \text{ mg de sal por litro}$$

6,144 g de sal por litro ou

1 litro – 6,144 g

$$1000 \text{ litros} - x = 6144 \text{ g}$$

$$1 \text{ m}^3 - 6,1 \text{ kg}$$

$$7200 \text{ m}^3 - x = 43920 \text{ kg ou } 43,9 \text{ toneladas}$$

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLO E DE PLANTAS

Interessado:
Propriedade: C.E. Mandacaru
Endereço:
CEP: Cidade: Petrolina UF: PE
Código cliente ou Subprojeto: 01-2000 Data da emissão: 06.01.2000

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE ÁGUA

SIGLA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	
Ca ²⁺	Cálcio	mmol/L	0.5
Mg ⁷⁺	Magnésio	mmol/L	0.3
Na ⁺	Sódio	mmol/L	0.16
K ⁺	Potássio	mmol/L	0.08
	Soma	mmol/L	1.02
CO ₃	Carbonatos	mmol/L	0
HCO ₃	Bicarbonatos	mmol/L	0.8
SO ₄	Sulfatos	mmol/L	0.08
Cl ⁻	Cloretos	mmol/L	0.10
	Soma	mmol/L	0.98
pH			74
C.E. 25°C		dS/m	0.07
Dureza total - CaCO ³		mg/L	40.04
Resíduo seco		mg/L	1.10
Resíduo mineral		mg/L	7.0
Sedimento		mg/L	4.0
Na		%	15.7
Relação de adsorção de sódio			025

CÓDIGOS DE CLASSIFICAÇÃO:
C₁ = Salinidade baixa S₁ = Teor de sódio baixo
C₂ = Salinidade média S₂ = Teor de sódio médio
C₃ = Salinidade alta S₃ = Teor de sódio alto
C₄ = Salinidade muito alta S₄ = Teor de sódio muito alto
Classificação da água analisada: C₁ S₁

ANÁLISE DE ÁGUA

Boletim:

Data de recebimento:

Nome do interessado:

Nome da propriedade:

Município:

Origem do Material:

Identificação		Cátions- meq/litro				Soma	Ânions-meq/litro				Soma
Nº Lab.	Amostra	Ca	Mg	Na	K		CO	HCO	SO ₄	Cl	

Nº Lab.	Amostra	pH	CE 25°C mmhos /cm	DT CaCO ³ mg/l	Res Seco mg/l	Res. Mg/l	Sedimento mg/l	Na %	RAS	Classificação

Observações:

C₁ = Salinidade baixa

C₂ = Salinidade média

C₃ = Salinidade alta

C₄ = Salinidade muito alta

S₁ = Teor de sódio baixo

S₂ = Teor de sódio médio

S₃ = Teor de sódio alto

S₄ = Teor de sódio muito alto

IDENTIFICAÇÃO			Cátions – mg/litro				Soma	Ânions – meq/litro				Soma	% Na ⁺	R.A.S
														Na

														$\frac{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}{2}$
N° Lab.	amostr a	origem do material	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺		(CO ₃) ⁻⁻	(HCO ₃) ⁻	(SO ₄) ⁻	Cl ⁻			
84.0747	Água	Poço 1	12,0	10,4	7,20	0,35	29,95	0	8,50		25,00	33,50	24,0	2,16
84.0748	Água	Poço 4	14,3	52,8	28,20	0,68	95,98	0	8,50	-	100,01	108,5 1	29,4	4,87
84.0499	Água	Rio S. Frc°	0,6	0,1	0,08	0,04	0,82	0	0,70	-	0,16	0,86	9,8	0,14
										-				
N° Lab.	pH	C.E 25°mmho s/cm	Dureza total CaCO ₃	Boro B meq/l	Resíduo seco mg/l	Resíduo mineral mg/l	Sedi ment o mg/l	Classif icação	Observações					
84.0747	7,9	3,10	1121	-	957	909	48	C4 S1	C ₄ = SALINIDADE MUITO ALTO C ₃ = SALINIDADE ALTO C ₂ = SALINIDADE MÉDIA C ₁ = SALINIDADE BAIXA S ₄ = TEOR DE SÓDIO MUITO ALTO S ₃ = TEOR DE SÓDIO ALTO S ₂ = TEOR DE SÓDIO MÉDIO S ₁ = TEOR DE SÓDIO BAIXO					
84.0748	7,8	9,60	3358	-	2834	2832	2	C4 S3						
84.0499	7,9	0,08	35	-	160	115	45	C1 S1						

MINTER – DNOCS
4º DIRETORIA REGIONAL
DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS
LABORATÓRIO

ANÁLISES FÍSICOS – QUÍMICAS DE ÁGUAS

Certificado nº 210/86 Amostra nº 01 Salvador: 13.10.86
Procedência : Fazenda Carneiro – Bahia
Interessado : Sr. Arlindo Lessa Carneiro
Coletado por: O interessado Data da coleta: 15.09.86
Finalidade: Irrigação Data do receb.: 06.10.86

RESULTADOS

pH	7,8	Resíduo total mg/l	-		
CE micromhos/cm a 25° C	1.500	RAS	0,66		
Dureza total mg/l CaCO ₃	820	CSR	-		
Alcalinidade total mg/l CaCO ₃	210	Classificação p/ irrigação	C3 – S1		
Cations	mE/l	mg/l	Anions	mE/l	mg/l
Cálcio (Ca ⁺²)	8,0	-	Carbonato (CO ₃ ⁻²)	-	-
Magnésio (Mg ⁺²)	8,4	-	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻¹)	4,20	-
Sódio (Na ⁺¹)	1,9	-	Cloretos (Cl ⁻¹)	12,97	-
Potássio (K ⁺¹)	-	-	Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	-	-
Ferro (Fe ⁺³)	-	-	Nitritos (NO ₂ ⁻¹)	-	-
Alumínio (Al ⁺³)	-	-	Nitratos (NO ₃ ⁻¹)	-	-
Amônia (NH ₄ ⁺¹)	-	-	Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	-	-

Interpretação:

Água de salinidade alta e baixo teor em sódio. Só deve ser usada em solos bem drenados e em cultivos com grande tolerância ao sal.

FIG. 3: PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO DE SAIS

- a: área irrigada ou com chuva (Acumulação de sais em horizontes inferiores)
- b: área sem irrigação, ou abandonada (Acumulação de sais em horizontes superficiais)

