



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CAMPUS II  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

CAMPINA GRANDE

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

ALUNO: Sócrates de Almeida Guimarães Neto  
MATRÍCULA: 8711124-0  
ORIENTADORA: Norma César de Azevedo

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

SETEMBRO - 1990



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

INDICE

	PÁGINA
APRESENTAÇÃO	
I - INTRODUÇÃO.....	01
II - REVISÃO DE LITERATURA.....	03
III - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
V - CONCLUSÃO.....	36
VI - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	37

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório é resultado do estágio realizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade, sediado no Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação da professora Norma Cesar de Azevedo, em cumprimento à exigência curricular.

## I - INTRODUÇÃO

Para se determinar a viabilidade técnica e econômica de um projeto de irrigação, torna-se necessário proceder a caracterização quantitativa e qualitativa dos recursos naturais existentes.

A água e o solo são os fatores decisivos para a implantação de uma determinada cultura, tornando fundamental o conhecimento completo destes.

Quando se estuda a qualidade da água para irrigação não basta somente conhecer o seu conteúdo em sais, é necessário analisar a sua natureza, uma vez que nem todas as soluções salinas produzem os mesmos efeitos, que dependem da proporção de sódio, da solubilidade dos sais, conteúdo de boro entre outros. Além da composição química, é necessário se levar em consideração fatores como: cultura a se irrigar, solo, clima, drenagem e até mesmo o sistema de irrigação a ser adotado.

A utilização adequada de uma água para irrigação requer que se alcance um equilíbrio entre a salinidade da água e do solo, de maneira que esta não limite a produção das culturas. É lógico que quanto melhor for a qualidade da água, menor serão os efeitos dos sais na zona radicular, porém isto nem sempre ocorre já que de fato um solo pode salinizar-se com águas de boa qualidade se a permeabilidade não é adequada ou não existir boas condições de drenagem, por exemplo. Por outro lado, águas de moderada salinidade podem resultar em uma agricultura irrigada econômica e permanente em solos de boas condições de permeabilidade e com drenagem adequada.

Existem várias metodologias para classificação de água para fins de irrigação proposta por diversos autores. Assim, o objetivo principal desse trabalho foi analisar, classificar e recomendar quatro amostras de água de propriedades orientadas pelo programa Geração e Adaptação de Tecnologia (GAT/SUEP/UFPB) para fins de irrigação.

## II - REVISÃO DE LITERATURA

A qualidade da água de irrigação é comumente expressa em termos de teores de sais solúveis, sódio, boro e bicarbonato. Quanto maior for o seu conteúdo em sais, maiores serão os riscos de salinizar ou tornar a água do solo menos disponível às plantas. (VIPOND & WINTHERS, 1988)

Há uma grande variação na quantidade de sais, solúveis nas águas normalmente usadas na irrigação, indo desde a água considerada pura (menos de 100 ppm de sais solúveis) às águas altamente salinas (mais de 3.000 ppm), enquanto que a água dos oceanos contém, aproximadamente, 3% de sais (30.000 ppm ou cerca de 47 mmhos/cm a 25<sup>o</sup> C). (DAKER, 1988)

A baixa qualidade das águas subterrâneas e superficiais é muitas vezes um fator limitante para a irrigação nas regiões áridas e semi-áridas. Em várias partes do mundo, a água subterrânea, por exemplo, que poderia ser obtida facilmente, apresenta qualidades não satisfatórias. Por outro lado, as águas superficiais, com o incremento das áreas irrigadas, podem tornar-se menos satisfatórias. Isto é devido a que, derivando-se, por exemplo, toda ou grande parte da água de um rio para irrigação, o canal de drenagem que vai ser juntado mais abaixo elevará o teor de sais do curso de água, e isso pode acontecer ao longo de um rio. (DAKER, 1988)

Para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou para compensar os problemas relacionados com a qualidade da água.



(BERNARDO, 1989)

O melhoramento da água de irrigação pode ser feito pela mistura de uma água de má com outra de boa qualidade. Isso é sempre aconselhável quando se tem escassez de boa água junto com abundância de águas com altos teores de sais (água de drenagem, de poço, etc). No caso de excesso de sódio, a aplicação de gesso moído promove a substituição desse cátion pelo cálcio, melhorando a qualidade da água, que, por sua vez, tende a melhorar a qualidade do solo, melhorando sua permeabilidade prejudicada pelo sódio. (DAKER, 1988)

Deve-se notar, também, que a natureza do solo tem muita importância sobre a ação da água. Os solos arenosos, além de serem mais permeáveis (facilidade de lixiviação) do que os argilosos, podem apresentar maior concentração de sódio sem que adquiram más características físicas. Por isso, podem receber águas de qualidades mais baixas que os argilosos. (DAKER, 1988)

Quanto às características que determinam a qualidade da água para irrigação, de um modo geral, a água deve ser analisada com relação a cinco parâmetros básicos: (BERNARDO, 1989)

- concentração total de sais (salinidade);
- proporção relativa de sódio, em relação a outros cátions (capacidade de infiltração do solo);
- concentração de elementos tóxicos;
- concentração de bicarbonatos;
- aspectos sanitários.

a) Concentração total de sais solúveis ou salinidade - a principal consequência do aumento da concentração total de sais

solúveis de um solo é a elevação de seu potencial osmótico, prejudicando as plantas devido ao decréscimo da disponibilidade d'água daquele solo.

A salinização de um solo depende da qualidade d'água usada na irrigação, do manejo da irrigação, da exigência e do nível de drenagem natural e/ou artificial do solo, da profundidade do lençol freático e da concentração original de sais no perfil do solo.

A concentração total de sais d'água para irrigação pode ser expressa em partes por milhão (ppm) ou em relação à sua condutividade elétrica (CE). Em razão da facilidade e rapidez de determinação, a condutividade elétrica tornou-se o procedimento padrão, a fim de expressar a concentração total de sais para classificação e diagnose das águas destinadas à irrigação.

Há dois testes rápidos para avaliar a qualidade da água, no que diz respeito à concentração total de sais.

- a razão entre a condutividade elétrica (em micromhos, por centímetro), dividida pela concentração de cátions (em miliequivalente, por litro), deve aproximar-se de 100. Essa razão tende para 80, para águas ricas em cálcio e magnésio, ou para 110, para ricas em sódio

- a razão entre a concentração de sólidos dissolvidos (em partes por milhão), dividida pela condutividade elétrica (em micromhos, por centímetro), deve aproximar-se de 0,64.

b) Proporção relativa de sódio, em relação a outros cátions ou capacidade de infiltração do solo - o decréscimo da capacidade de infiltração de um solo torna difícil a aplicação da lâmina de

irrigação necessária, num tempo apropriado, de modo a atender a demanda evapotranspirométrica da cultura.

A capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e/ou decréscimo de sua salinidade. Sendo assim, os dois parâmetros, RAS e salinidade, devem ser analisados conjuntamente para se poder avaliar corretamente o efeito da água de irrigação na redução da capacidade de infiltração de um solo.

A proporção relativa de sódio, em relação a outros sais, pode ser expressa adequadamente, em termos da razão de adsorção de sódio (RAS), a qual pode ser assim calculada:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\left[ \frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2} \right]^{1/2}}$$

com as concentrações de Na, Ca e Mg, em miliequivalente por litro.

c) Concentração de elementos tóxicos - os elementos encontrados nas águas de irrigação não poluídas pelo homem que mais comumente causam problemas de toxidez às plantas são os íons de cloro, sódio e boro.

A magnitude do problema depende da concentração do íon na água de irrigação, da sensibilidade da cultura ao íon, da demanda evapotranspirométrica da região e do método de irrigação em uso. Estes íons geralmente acumulam-se nas folhas, onde causam problemas de clorose e queima dos tecidos, reduzindo a produção

vegetal ou mesmo chegando a causar a morte da planta, quando o seu acúmulo for muito elevado. Estes problemas de toxicidade frequentemente acompanham e complicam os problemas de salinização e/ou sodificação do solo.

Os íons de cloro e de sódio, além de serem os mais comuns nas águas de irrigação, tanto podem ser absorvidos pelas raízes, movimentados pelo caule e acumulados nas folhas, como absorvidos diretamente pelas folhas molhadas durante a irrigação por aspersão.

De um modo geral, as culturas perenes, tais como as árvores frutíferas, são mais sensíveis do que as culturas de ciclo curto, no que diz respeito à toxidez por íons de cloro, sódio e boro.

d) Concentração de bicarbonatos - nas águas que contêm concentrações elevadas de íons de bicarbonatos, há tendência para a precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo, então, a concentração de cálcio e magnésio, na solução do solo, e conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio, uma vez que a solubilidade do bicarbonato de sódio é superior à dos carbonatos de cálcio e de magnésio.

e) Aspectos sanitários - quanto ao aspecto sanitário, temos três casos a considerar, a contaminação do irrigante durante a condução da irrigação, a contaminação da comunidade ao redor do projeto de irrigação e a contaminação dos usuários dos produtos irrigados. Nos dois primeiros casos, a principal doença é a equistossomose, cuja contaminação se dá por meio do contato direto do irrigante com a água de irrigação, e no terceiro, temos as verminoses, de um modo geral, cuja contaminação se dá por meio

do consumo dos hortifrutigranjeiros contaminados pela água de irrigação. Daí verificamos a necessidade de, também, dar importância ao aspecto sanitário das águas a serem usadas na irrigação.

#### ANÁLISE E AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO:

A concentração total e individual dos elementos de maior importância tem de ser determinada para que se possa julgar a qualidade de uma água para irrigação.

Para muitos casos, a condutividade elétrica é suficiente para avaliar a concentração total de sais, dispensando a determinação dos sólidos dissolvidos. Uma vez determinado que a concentração do boro é baixa, em determinada região, sua determinação pode ser omitida nas análises subsequentes.

As amostras de água são coletadas e analisadas para se obterem informações com as quais se julgará a qualidade da água. Sendo assim, as amostras deverão ser, enquanto for possível, as mais representativas. De modo geral, recomenda-se os seguintes procedimentos no processo de análise de água para irrigação:

- Para poços profundos, com condições normais de operação, a amostragem não apresenta nenhum problema. Estando a intensidade de recarga do poço em equilíbrio com a retirada d'água, as características químicas da água serão praticamente constantes.
- Para rios ou córregos, a amostragem é mais problemática. Ela deve ser feita todas as semanas ou mensalmente, e, sempre que se tirar a amostra, deve-se procurar caracterizar o estágio de fluxo do rio ou sua vazão.

- Para pequenos reservatórios, a água é praticamente homogênea, e a amostra pode ser coletada à saída do reservatório.

- Para grandes reservatórios, a água não é homogênea ao longo da profundidade, sendo necessário que as amostras sejam retiradas de diversas profundidades.

As amostras de água para análise devem ter um volume de um a dois litros, e serem coletadas em garrafas de vidro ou de plástico, bem limpas, e enviadas para análise logo após serem colhidas. (BERNARDO, 1989)

#### CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO:

Há vários modelos de classificação de água para irrigação.

Para ser usado, há necessidade das seguintes determinações:

- 1 - Determinação da condutividade elétrica (CE).
- 2 - Determinação do pH.
- 3 - Determinação do cálcio e magnésio.
- 4 - Determinação do sódio.
- 5 - Cálculo da relação de adsorção de sódio (RAS).

Classificação proposta pelo << U.S. SALINITY LABORATORY STAFF - U.S.D.A. AGRICULTURE HANDBOOK No. 60 >>

A classificação proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, citada por (BERNARDO, 1989), é baseada na condutividade elétrica (CE) como indicadora do perigo de salinização do solo, e na razão de adsorção de sódio (RAS), como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo.

1) Perigo de salinização - as águas são divididas em quatro classes, segundo sua condutividade elétrica (CE), ou seja, em função de sua concentração total de sais solúveis:

C1 - Água com salinidade baixa (CE entre 0 e 250 micromhos/cm, a 25° C).

Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária, mas isso ocorre nas práticas normais de irrigação, à excessão dos solos com permeabilidade extremamente baixa.

C2 - Água com salinidade média (CE entre 250 e 750 micromhos/cm, a 25° C).

Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade.

C3 - Água com salinidade alta (CE entre 750 e 2250 micromhos/cm, a 25° C).

Não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem. Mesmo nos solos com drenagem adequada, podem-se necessitar de práticas especiais para o controle de salinidade. Deve ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais.

C4 - Água com salinidade muito alta (CE entre 2250 e 5000 micromhos/cm, a 25° C).

Sob condições normais, não é apropriada para irrigação.

Ocasionalmente pode ser usada em circunstâncias especiais, como em solos muito permeáveis com adequada drenagem, devendo aplicar-se um excesso de água para uma boa lixiviação e só plantar culturas altamente tolerante aos sais.

Obs.: Certos autores, como Thorne e Peterson, 1971, citados por (DAKER, 1988), propõe modificar a última categoria (C4) desta classificação, dividindo-a em:

C4 (de 2250 a 4000 micromhos) - salinidade elevada.

C5 (de 4000 a 6000 micromhos) - salinidade muito elevada.

C6 (mais de 6000 micromhos) - salinidade excessivamente elevada.

2) Perigo de alcalinização ou sodificação - as águas são divididas em quatro classes, segundo sua razão de adsorção de sódio (RAS), ou seja, em função do efeito do sódio trocável, nas condições físicas do solo:

S1 - Água com baixa concentração de sódio

( $RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE$ )

Pode ser usada para irrigação, em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

S2 - Água com concentração média de sódio

( $18,87 - 4,44 \log CE < RAS \leq 31,31 - 6,66 \log CE$ )

Só deve ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos com boa permeabilidade. Ela apresenta um perigo de sodificação considerável, em solos de textura fina, com alta capacidade de troca catiônica, especialmente sob baixa condição



de lixiviação, a menos que haja gesso no solo.

S3 - Água com alta concentração de sódio

( $31,31 - 6,66 \log CE < RAS \leq 43,75 - 8,87 \log CE$ )

Pode produzir níveis maléficos de sódio trocável, na maioria dos solos, e requer práticas especiais de manejo do solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica. Nos solos que têm muito gesso, ela pode não desenvolver níveis maléficos de sódio trocável. Pode requerer o uso de corretivos químicos para substituir o sódio trocável, exceto nos casos de apresentar salinidade muito alta, quando o uso de corretivos não seria viável.

S4 - Água com muito alta concentração de sódio

( $RAS > 43,75 - 8,87 \log CE$ )

É geralmente imprópria para irrigação, exceto quando sua salinidade for baixa ou, em alguns casos, média, e a concentração de cálcio do solo ou o uso de gesso ou outros corretivos tornarem o uso desta água viável.

Algumas vezes, a água de irrigação pode dissolver suficiente quantidade de cálcio de solos calcários, diminuindo, assim, apreciavelmente, o perigo de sodificação. Isso deve ser levado em conta no uso de águas C1-S3 e C1-S4. Para solos calcários com PH alto ou para solos não calcários, o nível de sódio nas águas das classes C1-S3, C1-S4 e C2-S4 pode ser melhorado com a adição de gesso. Também poderá ser benéfico, quando se usarem água das classes C2-S3 e C3-S2, adicionando, periodicamente, gesso ao solo.

Para facilitar a classificação das água para irrigação quanto aos perigos de salinização e de sodificação do solo, os técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A. elaboraram dois diagramas (Figuras 1 e 2)

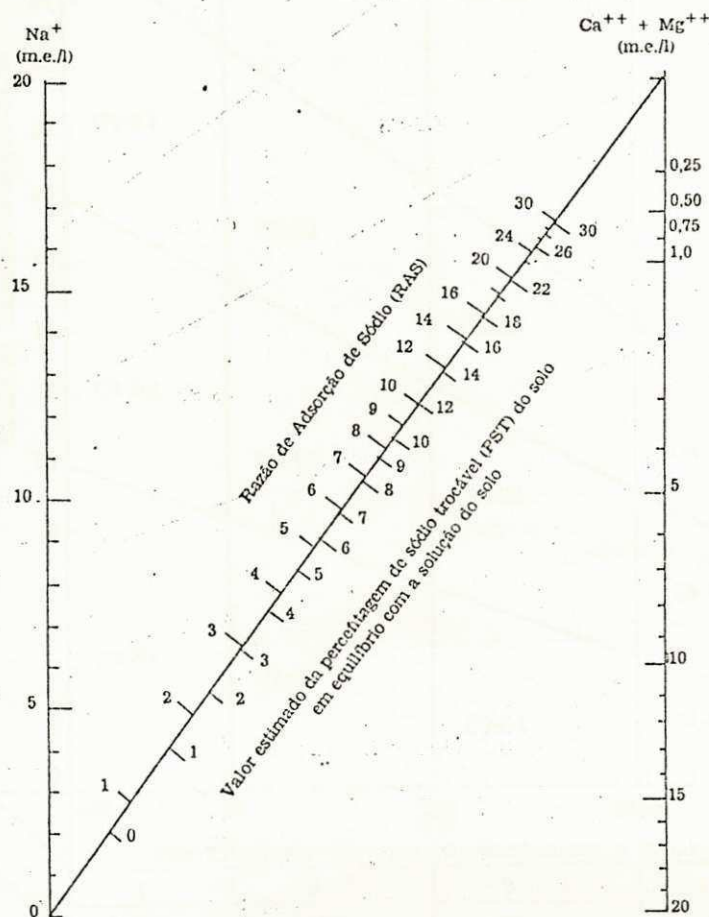


FIGURA 1. Normograma para determinar a RAS da água para irrigação e estimar o valor correspondente da percentagem de sódio trocável do solo que está em equilíbrio com a referida água, segundo o "U.S. Salinity Laboratory Staff".

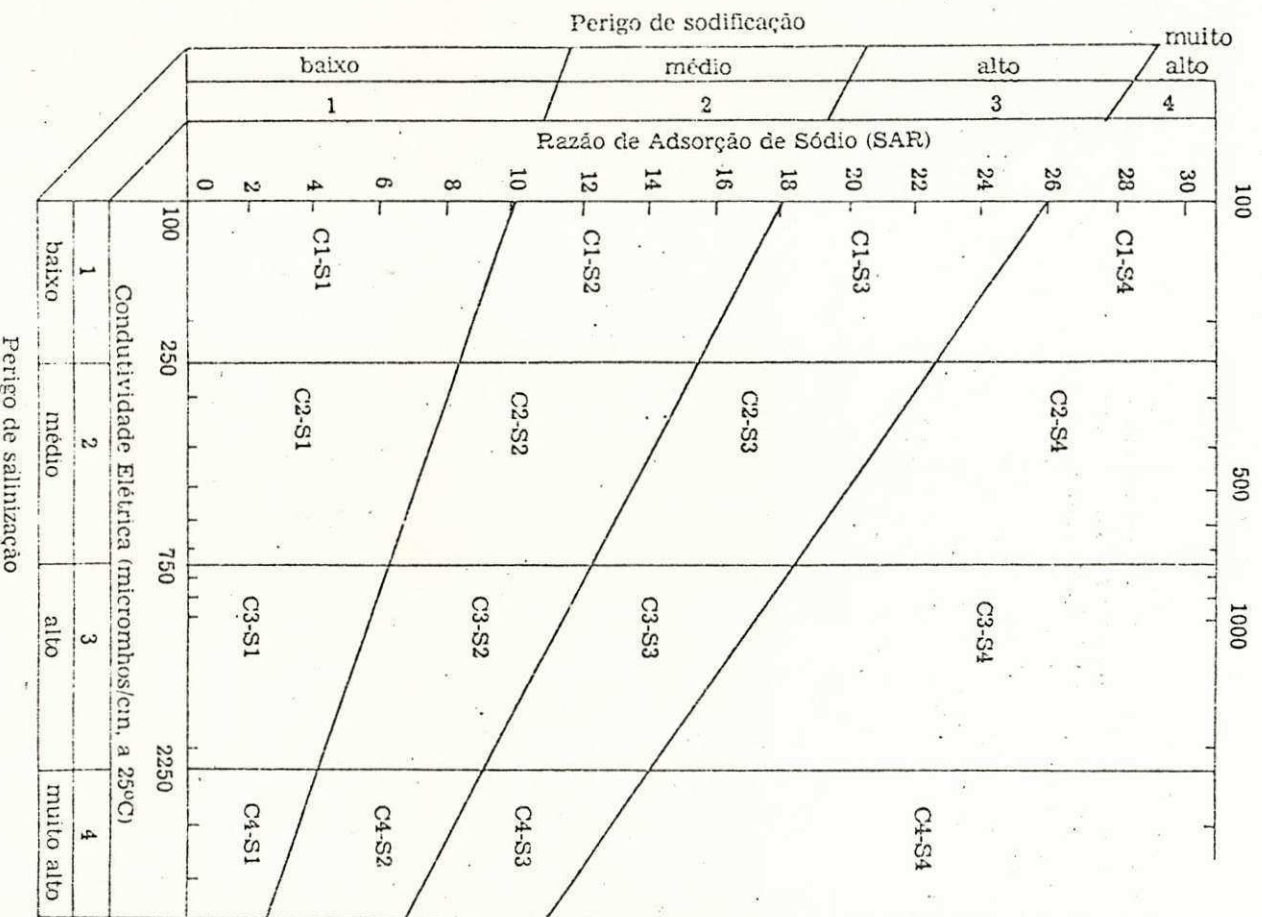


FIGURA 2. Diagrama para classificação da água para irrigação, segundo o "U.S. Salinity Laboratory Staff".

3) Efeito da concentração de boro - O boro é um elemento essencial para o crescimento dos vegetais, mas a quantidade requerida é muito pequena. Porém, em concentrações um pouco maiores torna-se muito tóxico para alguns vegetais. O nível de concentração que o torna tóxico varia de acordo com a espécie vegetal. O nível que é tóxico para uma planta sensível, por exemplo, limão, pode ser o ideal para uma planta tolerante, como, por exemplo, a alfafa. Em razão dessa variação de espécie para espécie, a água para irrigação tem de ser classificadas em classes distintas, segundo a sensibilidade da cultura a ser irrigada.

4) Efeito da concentração de bicarbonato - Como já se disse, nas águas que apresentam concentrações elevadas de íons de bicarbonato, há tendência para precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo, então, a concentração de cálcio e magnésio na solução do solo e, conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio.

A classificação da água para irrigação pode ser feita em razão do conceito de Carbonato de Sódio Residual (CSR), proposta por Eaton:

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) (Ca^{++} + Mg^{++})$$

I - Águas com CSR superior a 2,5 miliequivalentes por litro, não são recomendadas para irrigação.

II - Águas que contenham CSR entre 1,25 e 2,5 miliequivalentes por litro são duvidosas para irrigação.

III - Águas que contenham CSR inferior a 1,25 miliequivalentes

por litro, são normalmente apropriadas para irrigação.

Acredita-se que com bom manejo de irrigação, no que diz respeito à drenagem e lixiviação, e com uso apropriado de corretivos, é possível usar, com sucesso, na irrigação, algumas das águas classificadas como "duvidosas".

#### CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA POR AYERS E WESTCOT

A classificação proposta por Ayers e Westcot (citada por FAO, 1985) também se baseia em quatro áreas probroblemas:

Salinidade, infiltração, toxicidade e diversos.

- a) Problemas de salinidade - Estão associados com a quantidade total de sais solúveis na água para irrigação. A salinidade é medida e expressa por meio da condutividade elétrica da água de irrigação.
- b) Problemas de infiltração - O decréscimo da capacidade de infiltração está normalmente associado com as águas de irrigação com elevada concentração de sódio em relação à concentração de cálcio e/ou com baixa concentração de sais solúveis. Ou seja, com a combinação entre a razão de adsorção de sódio (RAS) e a condutividade elétrica da água de irrigação.
- c) Problemas de toxicidade - Certos elementos, mesmo em concentrações baixas tem efeitos tóxicos para os vegetais, sendo que os íons de cloro, sódio e boro são os principais elementos que podem causar toxidez entre os elementos comumente encontrados nas águas de irrigação.
- d) Problemas diversos - O excesso de nitrogênio, de bicarbonato e de magnésio bem como o pH anormal, na água de irrigação pode

causar sérios problemas às culturas.

Desde o crescimento excessivo, maturação tardia, tombamento vegetal, pouca frutificação e baixa qualidade da produção, até o desbalanço nutricional. Também existem os problemas relacionados com as doenças transmissíveis pela água de irrigação.

Baseados nestes pontos, os autores prepararam uma tabela (Tabela 1) para facilitar a classificação da água para irrigação.

#### TOLERÂNCIA DAS PLANTAS QUANTO A SALINIDADE E TOXIDADE

Há certas condições em que não é economicamente viável manter o solo com baixa concentração de sais, como nos casos de ser salina a água disponível para irrigação, do solo já ser salino antes da irrigação, de águas com lençol freático próximo à superfície do solo, de solos com baixa capacidade de infiltração, etc. Em tais casos, é imprescindível que se faça seleção das culturas que possam produzir satisfatoriamente, sob condições de salinidade e/ou de concentração mais elevada de íons de cloro, sódio e boro, e usar práticas apropriadas de manejo do solo para minimizar os problemas de salinidade, afim de que se possam obter resultados econômicos na exploração agrícola.

Para o cultivo em solos salinos, a frequência da irrigação em qualquer método de irrigação, bem como a localização do plantio em relação ao sulco de irrigação, são fatores de capital importância. Quanto maior for a frequência com que for praticada a irrigação num solo salino, ou com água de maior salinidade, menor será o efeito da salinidade sobre a cultura.

Quando se tiver que usar água com maior teor de sais na

TABELA 1 - Diretrizes para interpretação da qualidade d'água para irrigação, segundo Ayers e Westcot\*

Problemas e constituintes relacionados com	Unidades	Grau da restrição ao uso		
		Normal	Moderada	Severa
<b>Salinidade do solo</b>				
CE da água de irrigação (CEi)	Milimhos/cm	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
Total de sólidos solúveis (TST)	mg/l	< 450	450 a 2000	> 2000
<b>Capacidade de infiltração do solo</b>				
RAS = 0 a 3 e CEi	Milimhos/cm	= > 0,7	0,7 a 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6 e CEi	Milimhos/cm	= > 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12 e CEi	Milimhos/cm	= > 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20 e CEi	Milimhos/cm	= > 2,9	2,9 a 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40 e CEi	Milimhos/cm	= > 5,0	5,0 a 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade</b>				
Sódio (Na <sup>+</sup> )				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	me/l	< 3,0	> 3,0	-
Cloro (Cl)				
Irrigação por superfície	me/l	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	me/l	< 3,0	> 3,0	-
Boro (B)	mg/l	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
<b>Miscelâneos</b>				
Nitrogênio (NO <sub>3</sub> - N)	mg/l	< 5,0	5,0 a 30,0	> 30,0
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )				
Irrigação por aspersão	me/l	< 1,5	1,5 a 8,5	> 8,5
<b>PH</b>		amplitude normal de 6,5 a 8,4		

\* Baseada numa percentagem de lixiviação entre 15 e 20%

**Nota**

- milimhos/centímetro (mmhos/cm) = deciSiemen/metro (dS/m)
- miligrama/litro (mg/l) = partes por milhão (ppm)
- miliequivalente/litro (me/l) = mg/l \* peso equivalente

irrigação, além da importância da frequência da irrigação e da posição do plantio em relação ao sulco, deve-se evitar que a parte aérea da planta seja molhada, pois as plantas são capazes de absorver íons pelas folhas e se intoxicar mais rapidamente, principalmente com relação aos íons cloro e sódio.

Ayers e Westcot publicaram uma tabela (Tabela 2) de tolerância das principais culturas à salinidade do solo, relacionando diversas concentrações de sais solúveis na solução do solo e na água de irrigação com o potencial de produção das culturas, desde produção com 100% do potencial da cultura até condições em que não haverá mais produção. Os mesmos autores também publicaram tabelas de tolerância relativa das culturas aos íons cloro, sódio e boro, respectivamente, Tabelas 3, 4 e 5. (BERNARDO, 1989)



TABELA 2 - Tolerância e produção potencial das principais culturas em função da salinidade da água de irrigação (CEi) ou do solo (CEs), em milimhos/cm, a 25<sup>o</sup> C segundo Ayers e Westcot

Culturas	Produção potencial									
	100%		90%		75%		50%		"Zero%"	
	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi
Algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	7,7	5,1	9,6	6,4	13	8,4	17	12	17	18
Arroz ( <i>Oriza sativa</i> )	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,6
Cana-de-açúcar ( <i>Sacharum officinarum</i> )	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4,0	10	6,8	19	12
Feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Milho ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Soja ( <i>Glycine max</i> )	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,0	10	6,7
Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> )	6,8	4,5	7,4	5,0	8,4	5,6	9,9	6,7	13	8,7
Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> )	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,3	13	8,7	20	13
Abacate ( <i>Persea americana</i> )	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	3,7	2,4	6,5	4,4
Grapefruit ( <i>Citrus paradisi</i> )	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8,0	5,4
Laranja ( <i>Citrus sinensis</i> )	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Limão ( <i>Citrus limonea</i> )	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Pêssego ( <i>Prunus persica</i> )	1,7	1,1	2,2	1,4	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4,3

Sendo:

CEs - Condutividade elétrica do extrato saturado do solo, em milimhos/cm, a 25<sup>o</sup> C.

CEi - Condutividade elétrica da água de irrigação, em milimhos/cm, a 25<sup>o</sup> C.

Continua

TABELA 2 - Tolerância e produção potencial das principais culturas em função da salinidade da água de irrigação (CEi) ou do solo (CEs), em milimhos/cm, a 25<sup>o</sup> C segundo Ayers e Westcot (Continuação)

Culturas	Produção potencial									
	100%		90%		75%		50%		"Zero%"	
	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi
Uva ( <i>Vitis spp.</i> )	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,5	4,5	12	7,9
Alface ( <i>Lactuca sativa</i> )	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	9,0	6,0
Batata Doce ( <i>Ipomoea batatas</i> )	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	11	7,1
Batatinha ( <i>Solanum tuberosum</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Beterraba ( <i>Beta Vulgaris</i> )	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15	10
Brócolos ( <i>Brassica oleracea</i> )	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14	9,1
Cebola ( <i>Allium cepa</i> )	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5,0
Cenoura ( <i>Daucus carota</i> )	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8,1	5,4
Melão Cantaloup ( <i>Cucumis melo</i> )	2,2	1,15	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	15	10
Milho Doce ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> )	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Repolho ( <i>Brassica oleracea capitata</i> )	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12	8,1
Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> )	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13	8,4

Sendo:

CEs - Condutividade elétrica do extrato saturado do solo, em milimhos/cm, a 25<sup>o</sup> C.

CEi - Condutividade elétrica da água de irrigação, em milimhos/cm, a 25<sup>o</sup> C.

TABELA 3 - Tolerância de algumas culturas à concentração de cloro (CL) na água de irrigação ou no solo, segundo Ayers e Westcot

Culturas	Concentração de CL-, em me/l	
	no extrato saturado do solo	na água de irrigação
Abacate	6,0	4,0
Grapefruit	25,0	16,5
Tangerina	25,0	16,5
Limão	15,0	10,0
Pokan	15,0	10,0
Laranja	10,0	7,0
Uva	10,0	7,0
Ameixa	10,0	7,0
Morango	5,0	3,0

TABELA 4 - Tolerância relativa de algumas culturas, a concentração de sódio trocável no solo, segundo Ayers e Westcot

Sensíveis	Semitolerantes	Tolerantes
Abacate	Cenora	Alfafa
		Aveia
	Alface	Beterraba
Feijão	Cana-de-acúcar	Gramma bermuda
Algodão (na germinação)	Cebola	Algodão
Milho	Arroz	
Grapefruit		
Laranja	Sorgo	
Pêssego	Espinafre	
Tangerina	Tomate	
Lentilha	Trigo	
Amendoim		
Caupi		

TABELA 5 - Tolerância relativa de algumas culturas a concentração de boro na água do solo, segundo Ayers e Westcot

Muito sensível ( $< 0,5$ mg/l)	Pouco sensível ( $1,0$ a $2,0$ mg/l)
Limão	Pimenta Cenoura Batatinha Pepino
Sensível ( $0,5$ a $0,75$ mg/l)	Moderadamente Tolerante ( $2,0$ a $4,0$ mg/l)
Grapefruit Laranja Pêssego Ameixa Figo Uva Pecan Cebola	Alface Repolho Milho Fumo
Moderadamente Sensível ( $0,75$ a $1,0$ mg/l)	Tolerante ( $2,0$ a $4,0$ mg/l)
Alho Batata-doce Trigo Aveia Girassol Morango Feijão Amendoim	Sorgo Tomate Alface
	Muito tolerante ( $6,0$ a $15,0$ mg/l)
	Algodão Aspargo

### III - MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água utilizadas para a análise foram protocoladas sob N<sup>o</sup>. 1266, 1270, 1278, 1293 pelo LIS/CCT/UFPB. Para análise da variação temporal foram utilizados resultados de análises de água das mesmas fontes para o ano de 1988, fornecido pelo GEOGRUPO - Engenharia e Geologia LTDA.

A metodologia utilizada para análise de água para fins de irrigação foi a proposta por RICHARDS (1973) e para a classificação, foi a proposta por Ayers e Westcot, citados por FAO (1985).

As análises consistiram:

- 1 - Determinação do pH Método potenciométrico.
- 2 - Condutividade elétrica = Leitura em condutímetro.
- 3 - Determinação de Sódio e Potássio = Fotometria de chama.
- 4 - Determinação de Cálcio + Magnésio = Foi feita alcalinizando-se o meio com solução tampão de  $p^H=10$ , usando-se como indicador eriocromo negro e procedendo-se a titulação com EDTA 0,025 N.
- 5 - Determinação de Cálcio = Foi feita alcalinizando-se o meio com KOH 10% , usando-se como indicador a murexida e procedendo-se a titulação com EDTA 0,025 N.
- 6 - Determinação de cloreto = Foi feita utilizando-se cromato de potássio a 5% como indicador e procedendo-se a titulação com  $AgNO_3$  a 0,05 N.
- 7 - Determinação de Bicarbonato = Utilizou-se metil-orange como indicador e procedeu-se a titulação com  $H_2SO_4$  a 0,02N
- 8 - Determinação de carbonato = Foi feita utilizando-se fenolftaleína como indicador e procedendo-se a titulação com

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,02 N.

9 - Determinação de sulfato = Foi feita apenas qualitativamente pela visualização de formação de precipitado branco após a adição de cloreto de bário a 10%.

Para o diagnóstico e recomendação das águas para fins de irrigação adotou-se a classificação proposta por AYERS e WESTCOT, e para análise da variação temporal adotou-se o registro gráfico proposto por PALACIOS e ACEVES, 1970.

#### IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os resultados das análises das amostras de água encontram-se nos quadros 1, 2, 3 e 4 referentes as águas 1266, 1270, 1278 e 1293 respectivamente.

##### ÁGUA 1266:

Do ponto de vista de salinidade, levando-se em consideração a condutividade elétrica, apresenta moderada restrição ao uso.

Quanto à permeabilidade, de acordo com a condutividade elétrica e a RAS, não há nenhuma restrição ao uso.

Em relação à toxidez do sódio poderão ocorrer problemas moderados devendo-se assim evitar sistemas de irrigação por aspersão. O mesmo se verifica em relação ao cloro.

Em relação ao bicarbonato também há restrição moderada podendo ocorrer problemas se o sistema adotado for aspersão.

##### ÁGUA 1278:

Do ponto de vista de salinidade, levando-se em consideração a condutividade elétrica, não há nenhuma restrição ao uso.

Quanto à permeabilidade, de acordo com a condutividade elétrica e a RAS, apresenta severa restrição ao uso.

Em relação à toxidez do sódio e cloro não há nenhuma restrição ao uso, podendo ser usada com qualquer método de irrigação. Quanto ao bicarbonato também não há restrição ao uso.

##### ÁGUAS 1270 e 1293:

Do ponto de vista de salinidade, levando-se em consideração a condutividade elétrica, apresenta moderada restrição ao uso.

Quanto à permeabilidade, de acordo com a condutividade

QUADRO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA LABORATORIO DE IRRIGACAO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE - PARAIBA		Nº da(s) Amostra(s):  1 2 6 6
ANALISE DE AGUA		
Condutividade Eletrica - mmhos/cm a 25° C		2,22
Potencial Hidrogenionico (pH)		8,5
meq/l	Calcio	0,21
	Magnésio	10,15
	Sodio	9,90
	Potássio	0,04
	Carbonatos	0,66
	Bicarbonatos	6,68
	Cloretos	14,18
	Sulfatos	MP
Relacao de Adsorcao de Sodio (RAS)		4,35



QUADRO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA LABORATORIO DE IRRIGACAO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE - PARAIBA		Nº da(s) Amostra(s):  1270
ANALISE DE AGUA		
Condutividade Eletrica - mmhos/cm a 25° C		1,04
Potencial Hidrogenionico (pH)		8,7
meq/l	Calcio	1,48
	Magnesio	2,35
	Sodio	5,40
	Potassio	0,01
	Carbonatos	0,18
	Bicarbonatos	1,80
	Cloretos	7,15
	Sulfatos	A
Relacao de Adsorcao de Sodio (RAS)		3,91

QUADRO 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA LABORATORIO DE IRRIGACAO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE - PARAIBA		Nº da(s) Amostra(s):  1278
ANALISE DE AGUA		
Condutividade Eletrica - mmhos/cm a 25° C		0,16
Potencial Hidrogenionico (pH)		8,2
meq/l	Calcio	0,35
	Magnésio	0,46
	Sodio	0,55
	Potássio	0,02
	Carbonatos	-
	Bicarbonatos	1,17
	Cloretos	0,32
	Sulfatos	A
Relacao de Adsorcao de Sodio (RAS)		0,86

QUADRO 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA LABORATORIO DE IRRIGACAO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE - PARAIBA		Nº da(s) Amostra(s):  1293
<b>ANALISE DE AGUA</b>		
Condutividade Eletrica - mmhos/cm a 25° C		1,04
Potencial Hidrogenionico (pH)		8,5
meq/l	Calcio	1,49
	Magnesio	2,44
	Sodio	5,30
	Potassio	0,01
	Carbonatos	0,25
	Bicarbonatos	1,80
	Cloretos	7,12
	Sulfatos	NP
Relacao de Adsorcao de Sodio (RAS)		3,78

elétrica e a RAS, também apresenta moderada restrição ao uso.

Em relação à toxidez do sódio e cloro há moderada restrição ao uso, devendo assim ser evitado o sistema de irrigação por aspersão.

Quanto ao bicarbonato não há restrição ao uso.

Para análise da variação temporal, tem-se os resultados mostrados nos gráficos a seguir.

#### ÁGUA 1266 (Casa de Pedra)

Possivelmente em fevereiro e abril, recebeu contribuição de chuvas de locais onde há concentração de sódio e cloreto e em março choveu no próprio local. A condutividade elétrica elevada bem como os níveis de cloreto e sódio, não permitiram o desenvolvimento de bananeiras (tubos janelados).

#### ÁGUA 1270 (Serra do Pituaçu)

As melhoras verificadas em relação aos problemas de permeabilidade, não produzem efeito satisfatórios uma vez que ocorre devido a um aumento na concentração de cloretos que é prejudicial às plantas.

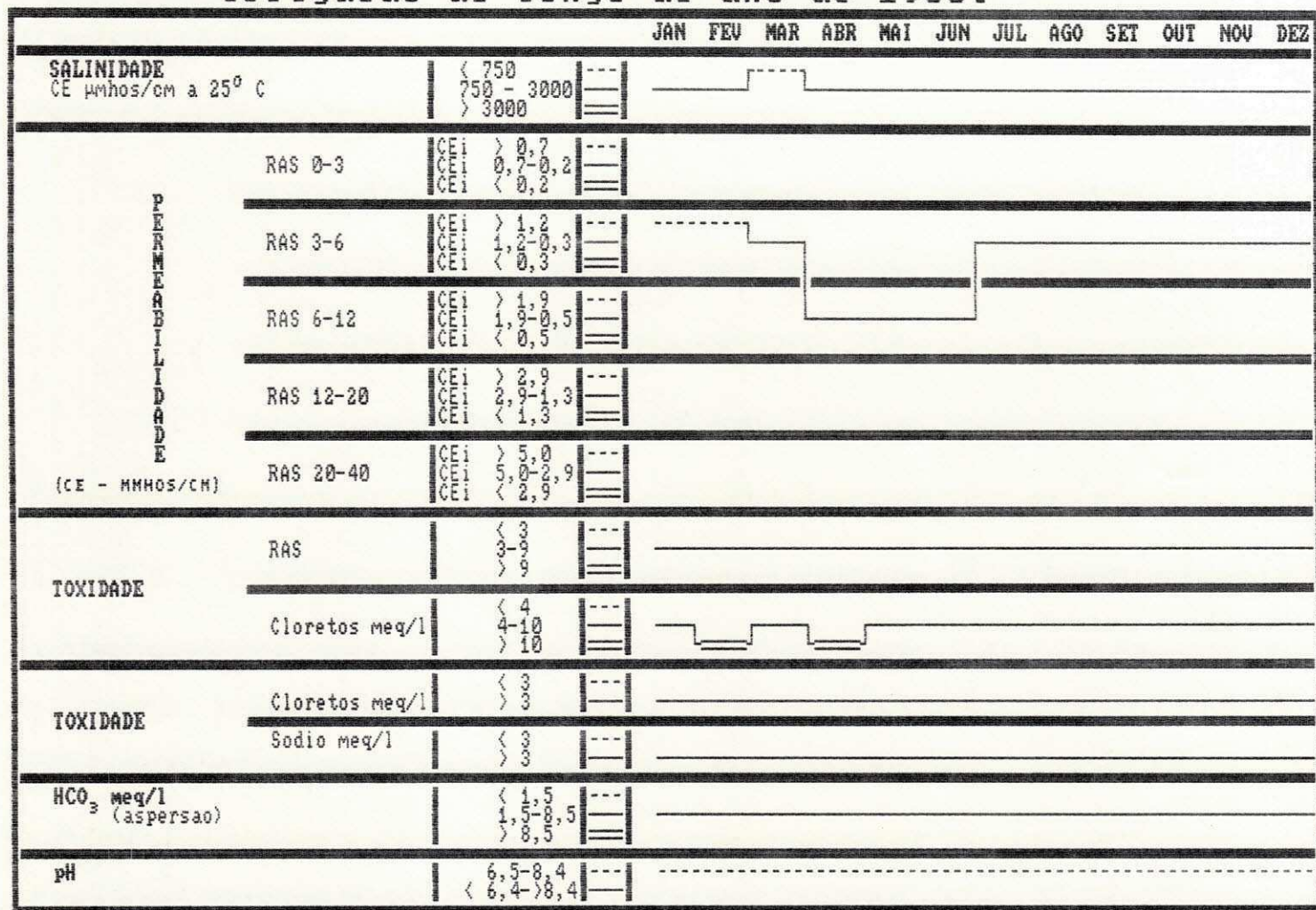
#### ÁGUA 1278 (Ipueiras)

Água de boa qualidade, podendo no entanto causar problemas de permeabilidade no solo. A quantidade todavia é muito pouca para irrigação.

#### ÁGUA 1293 (Forquilha do Rio)

As variações ocorridas em relação aos problemas de permeabilidade se devem principalmente ao fato de que os valores de RAS se encontram próximos a duas faixas, não sendo representativas portanto.

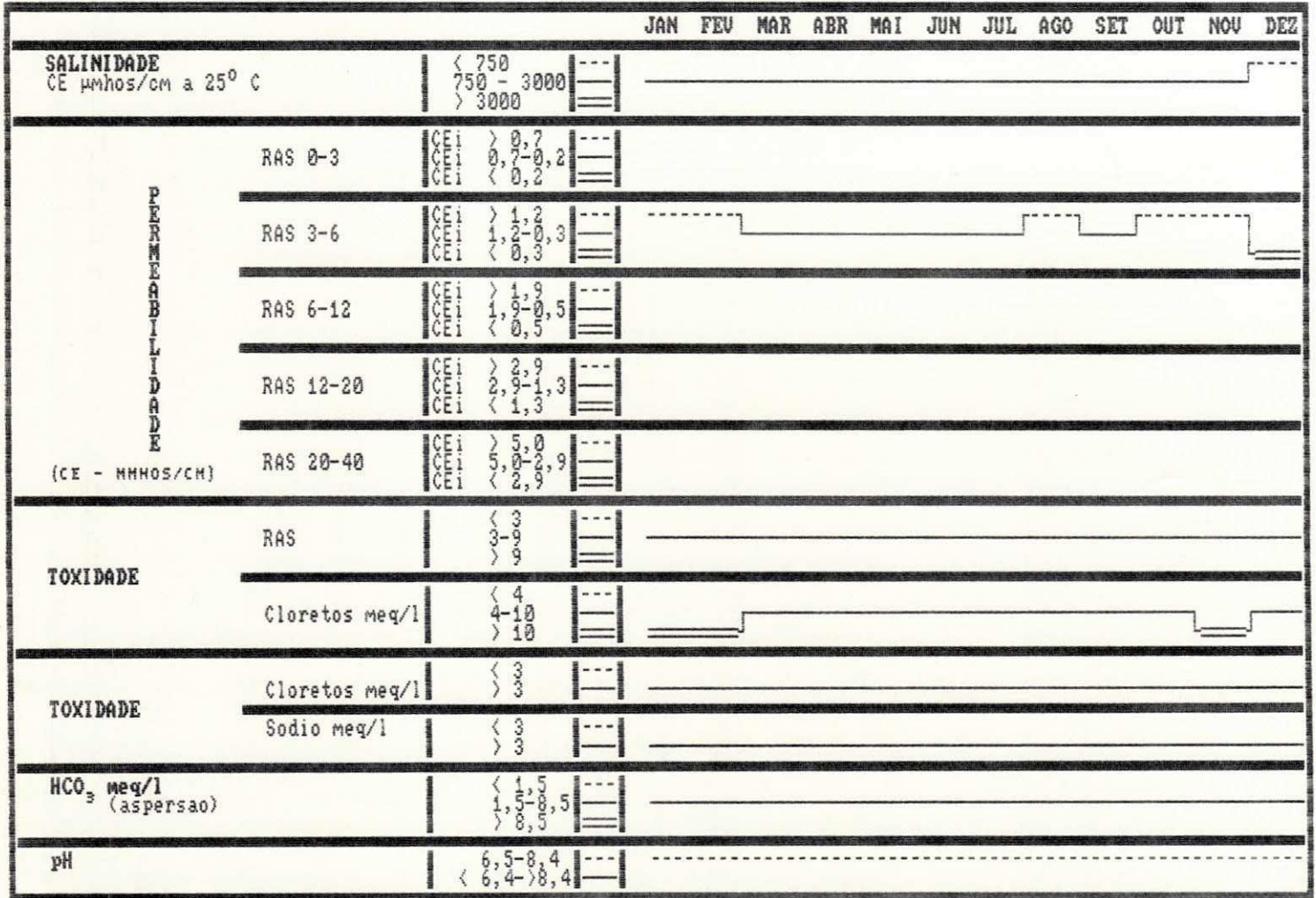
**Avaliacao da qualidade da agua 1266 para irrigacao ao longo do ano de 1988.**



**Legenda:**

- sem problemas
- acumulando problemas
- = grandes problemas

**Avaliacao da qualidade da agua 1270 para irrigacao ao longo do ano de 1988.**



**Legenda:**

- sem problemas
- acumulando problemas
- = grandes problemas

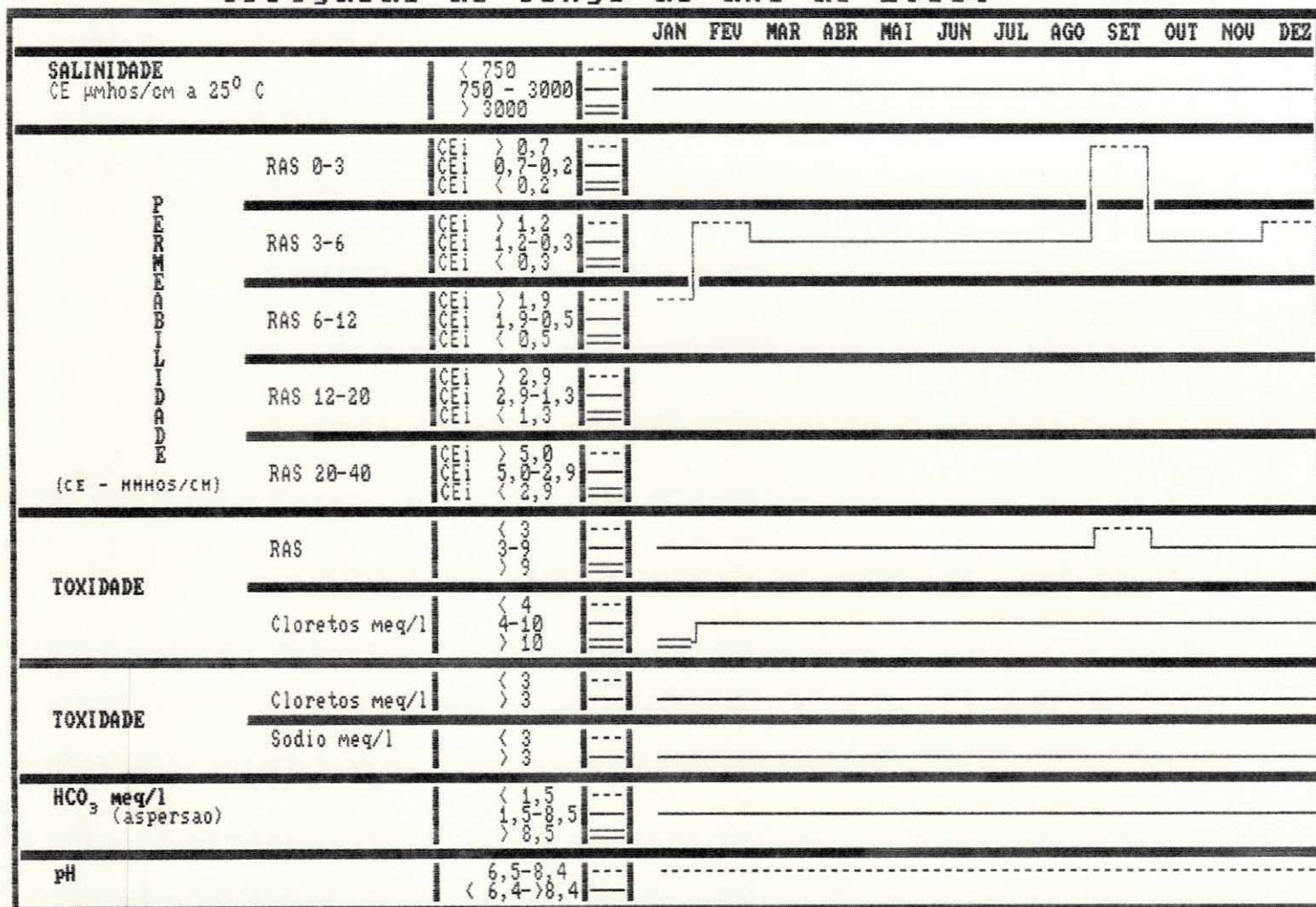
**Avaliacao da qualidade da agua 1278 para irrigacao ao longo do ano de 1988.**

		JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOU DEZ											
<b>SALINIDADE</b> CE μmhos/cm a 25° C		< 750 750 - 3000 > 3000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>PERMEABILIDADE</b>	RAS 0-3	CE1 > 0,7 CE1 0,7-0,2 CE1 < 0,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	RAS 3-6	CE1 > 1,2 CE1 1,2-0,3 CE1 < 0,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	RAS 6-12	CE1 > 1,9 CE1 1,9-0,5 CE1 < 0,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	RAS 12-20	CE1 > 2,9 CE1 2,9-1,3 CE1 < 1,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	RAS 20-40	CE1 > 5,0 CE1 5,0-2,9 CE1 < 2,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
(CE - MMHOS/CM)													
<b>TOXIDADE</b>	RAS	< 3 3-9 > 9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Cloretos meq/l	< 4 4-10 > 10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>TOXIDADE</b>	Cloretos meq/l	< 3 > 3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Sodio meq/l	< 3 > 3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>HCO<sub>3</sub> meq/l (aspersao)</b>		< 1,5 1,5-0,5 > 0,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>pH</b>		< 6,5-8,4 > 6,4-8,4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Legenda:**

- sem problemas
- acumulando problemas
- == grandes problemas

Avaliacao da qualidade da agua 1293 para irrigacao ao longo do ano de 1988.



Legenda:

- sem problemas
- acumulando problemas
- === grandes problemas



## V - CONCLUSÃO

ÁGUA 1266: Água de moderada salinidade, só deverá ser usada para irrigação em solos de textura média a grossa com boas condições de drenagem, devido aos valores elevados de sódio e cloreto. Somente as culturas tolerantes ou muito tolerantes deverão ser irrigadas e não deverá ser usado o sistema de irrigação por aspersão.

ÁGUA 1278: Água de boa qualidade, podendo ser usada para irrigação de qualquer cultura e qualquer sistema de irrigação, devido a baixa salinidade poderá causar problemas futuros na permeabilidade, assim se utilizados para solos de textura fina deverá ser aplicado matéria orgânica com frequência.

ÁGUAS 1270 e 1293: Água de moderada salinidade devendo ser utilizadas para irrigação apenas de culturas tolerantes a muito tolerantes e de preferência em solos de textura média a grossa. Quanto ao sistema de irrigação deve-se escolher entre os que molham as raízes, ou seja, evitar usar o sistema de irrigação por aspersão.

## VI - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1 - BERNARDO, S. Manual de Irrigação, UFV, Imprensa Universitária, 5<sup>a</sup> ed. Viçosa, 1989.
- 2 - DAKER, A. Irrigação e Drenagem, A Água na Agricultura, 3<sup>o</sup> volume, 7<sup>a</sup> ed. Freitas Bastos S/A, Rio de Janeiro, 1988.
- 3 - FAO, Irrigation and Drainage Paper, 29 Rev 1, Rome, 1985.
- 4 - RICHARDS, L.A. Suelos Salinos y Sódicos, editorial Limusa, México, 1977. 172 p.
- 5 - VIPOND, S. & WITHERS, B. Irrigação, projeto e práticas, Ed. Nobel, São Paulo, 1988.