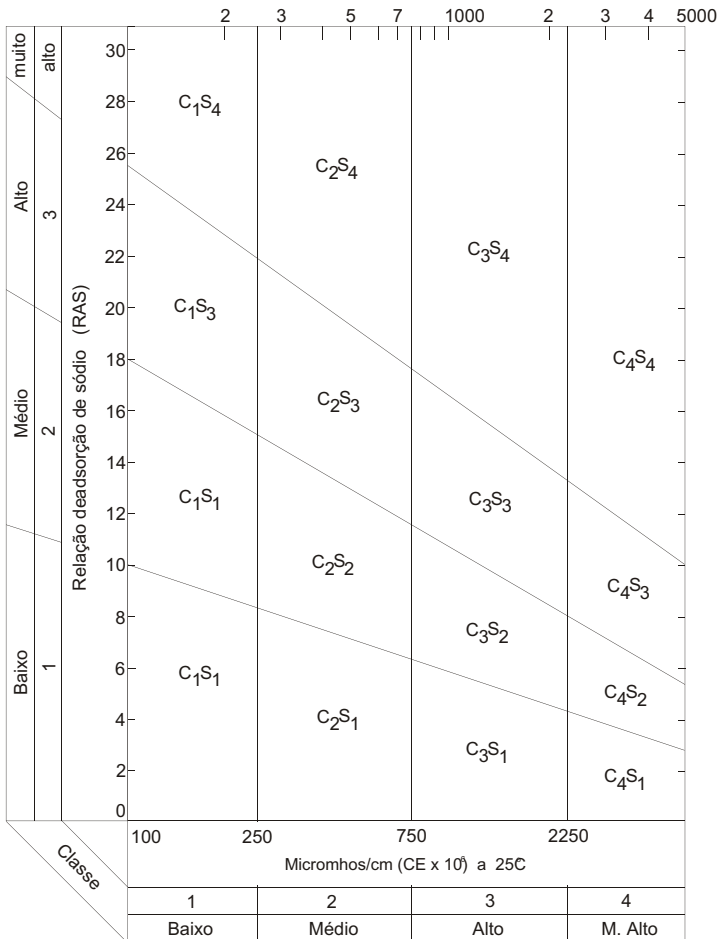


## Qualidade de Água para Fins de Irrigação (Conceitos básicos e práticos)



## ***República Federativa do Brasil***

*Fernando Henrique Cardoso*  
Presidente

## ***Ministério da Agricultura e do Abastecimento***

*Marcus Vinícius Pratini de Moraes*  
Ministro

## ***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa***

### ***Conselho de Administração***

*Márcio Fortes de Almeida*  
Presidente

*Alberto Duque Portugal*  
Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*  
*José Honório Accarini*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

### ***Diretoria-Executiva da Embrapa***

*Alberto Duque Portugal*  
Diretor-Presidente

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*Bonifácio Hideyuki Nakasu*  
*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretores

### ***Embrapa Semi-Árido***

*Paulo Roberto Coelho Lopes*  
Chefe-Geral



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1516-1633

dezembro, 2001

# *Documentos 167*

## **Qualidade de Água para Fins de Irrigação (Conceitos básicos e práticos)**

Gilberto Gomes Cordeiro

Petrolina, PE  
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Semi-Árido**

BR 428, Km 152 - Zona Rural

Cx. Postal 23

CEP 56300-970 Petrolina-PE

Fone: (0xx87) 3862-1711

Fax: (0xx87) 3862-1744

Home page: [www.cpatna.embrapa.br](http://www.cpatna.embrapa.br)

E-mail: [sac@cpatsa.embrapa.br](mailto:sac@cpatsa.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Luiz Maurício Cavalcante Salvaiano

Secretário-Executivo: Eduardo Assis Menezes

Membros: Luís Henrique Bassoi

Patrícia Coelho de Souza Leão

João Gomes da Costa

Maria Sonia Lopes da Silva

Edineide Maria Machado Maia

Supervisor editorial: Eduardo Assis Menezes

Normalização bibliográfica: Maristela Ferreira Coelho de Souza/

Edineide Maria Machado Maia

Editoração eletrônica: Lopes Gráfica Editora

**1ª edição**

1ª impressão (2001): 1000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Cordeiro, Gilberto Gomes.

Qualidade de água para fins de irrigação (Conceitos básicos e práticas)/Gilberto Gomes Cordeiro. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001.

32 p. ; il. ; 21 cm - (Embrapa Semi-Árido. Documentos; 167)

ISSN 1516-1633

1. Irrigação - Água - Qualidade. I. Título. II. Série.

---

CDD 631.587

© Embrapa 2001

# Autor

**Gilberto Gomes Cordeiro**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da Embrapa

Semi-Árido, BR 428, Km 152, Cx. Postal 23

CEP 56300-970 Petrolina, PE, Brasil



# Apresentação

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

A qualidade da água, do ponto de vista agrícola, é um termo que se utiliza para indicar a conveniência ou limitação de seu uso para fins de irrigação. Entretanto, a determinação favorável ou contrária da utilização de água para fins de irrigação requer ter presentes as condições de caráter químico que apresenta a água no momento da análise, como também as características físico-químicas dos solos onde será aplicada, bem como a suscetibilidade e ou resistência das plantas ou cultivos que serão irrigados.

*Paulo Roberto Coelho Lopes*  
Chefe Geral da Embrapa Semi-Árido





# Sumário

<b>Qualidade de Água para Fins de irrigação (Conceitos básicos e práticos)</b> .....	9
<b>Introdução</b> .....	9
<b>Classificação</b> .....	12
Perigo de Salinidade .....	12
Perigo de Sodificação (Alcalinização) .....	13
<b>Coleta de Água para Avaliação da Qualidade</b> .....	19
Frequência de Amostragem .....	19
Metodologia de Amostragem .....	20
<b>Apêndice</b> .....	25
<b>Cálculo da Quantidade de Sal Adicionado ao Solo por Efeito da Água de Irrigação</b> .....	26
<b>Cálculo da Quantidade de Sal (ton/ha) Numa Camada de Solo de 0,30m</b> .....	27
<b>Bibliografia</b> .....	31



# Qualidade de Água para Fins de Irrigação (Conceitos básicos e práticos)

---

*Gilberto Gomes Cordeiro*

## INTRODUÇÃO

Os estudos da água visando determinar a sua qualidade, sob o ponto de vista de sua utilização na agricultura irrigada, englobam 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 presentes as condições de caráter químico que apresenta a água no momento em que é analisada, como também as características físico-químicas dos solos em que vai ser aplicada, assim como a susceptibilidade 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 certas diferenças, praticamente todos concordam, de forma razoável com os critérios de classificação e os limites para essa classificação.

Segundo Ayers & Westcot (1976), a qualidade da água para irrigação está relacionada a seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas, requerendo muitas vezes técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associados a 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.

Segundo Peña (1972), a classificação e uso de água para fins de irrigação se julgam tendo em conta os seguintes aspectos:

- a) Características químicas - a qualidade da água depende dos constituintes químicos e de seu perigo potencial nos efeitos diretos e indiretos sobre os cultivos.
- b) Condições agronômicas - uma vez determinadas em laboratório as características químicas da água para irrigação, a sua aplicabilidade deve estar sujeita à susceptibilidade de danos que possa ocasionar aos cultivos a serem irrigados. Esses danos devem ser medidos relacionando-se os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação com os danos que possam ocasionar na redução dos rendimentos das colheitas.
- c) Condições edafológicas - o teor de sais da água de irrigação pode alcançar níveis prejudiciais aos cultivos, quando os sais se concentram na camada do solo onde se desenvolve o sistema radicular das plantas. Esta condição pode ser controlada aplicando-se além da lâmina de água requerida pela irrigação, uma outra quantidade de água adicional ou lâmina de sobreirrigação em quantidade suficiente para arrastar dessa camada de solo os sais em excesso.

Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito destes 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 contêm normalmente de 150 a mais de 1.500 mg/l de sal (0,234 a 2,34mmhos/cm) e valores de Relação de Adsorção de Sódio (RAS) até mais de 30, variando assim

de C1 a C4 e de S1 a S4, em todas as combinações possíveis (Figura 1), abrangendo desde águas que podem ser usadas para a maioria das culturas e solos a águas que não são apropriadas para irrigação, em condições normais (Richards, 1954).

Em geral as águas que contêm menos de 600mg/l de sais totais, podem ser usadas para irrigação de quase todos os cultivos. Águas com concentração salina entre 500 e 1.500mg/l têm sido usadas na irrigação de plantas sensíveis a sais em solos de boa drenagem interna ou providos de sistema de drenagem. As águas que contêm de 1.500 a 2.000 mg/l podem ser usadas na irrigação de culturas moderadamente tolerantes se uma maior freqüência de irrigação combinada com uma lâmina de sobre-riego for adotada. Entretanto, águas que contêm de 3.000 a 3.500 mg/l só poderão produzir rendimentos com culturas altamente tolerantes.

Os íons predominantemente encontrados nas águas de irrigação são:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  e  $\text{Cl}^-$ . A proporção relativa desses íons é muito importante, no que diz respeito a seu uso na água de irrigação, pois dependendo da textura, estrutura e permeabilidade do solo, determinada água poderá ser utilizada ou não (Liyerly e Longeneckes, 1962).

Água com alta proporção de sódio em relação ao cálcio e magnésio pode resultar em solo sódico, porque o sódio desloca o cálcio e o magnésio adsorvidos causando a dispersão dos colóides (Allison 1964, Fuller 1967). Na avaliação da qualidade da água para irrigação, em relação ao perigo de sódio, considera-se, além da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) o Carbonato de Sódio Residual (CSR).

No caso específico do Nordeste, as águas usadas na irrigação são provenientes de rios, açúdes e poços tubulares apresentando, com algumas exceções, valores de CE abaixo de 0,75 mmhos/cm e percentual de sódio abaixo de 60%. 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.

## CLASSIFICAÇÃO

A classificação de água para fins de irrigação é um recurso que fornece uma base para prever 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, se supõe 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 qualquer uma destas variáveis pode tornar inseguro o uso de uma água que sob condições médias seria de boa qualidade. Estes aspectos devem ser considerados quando se trata de 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, publicada em 1954 a qual apresenta um diagrama de classificação combinando a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) e a concentração total de sais, para formar 16 classes de água, variando assim de 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  $\mu\text{mho/cm}$ .

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 solo, 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;

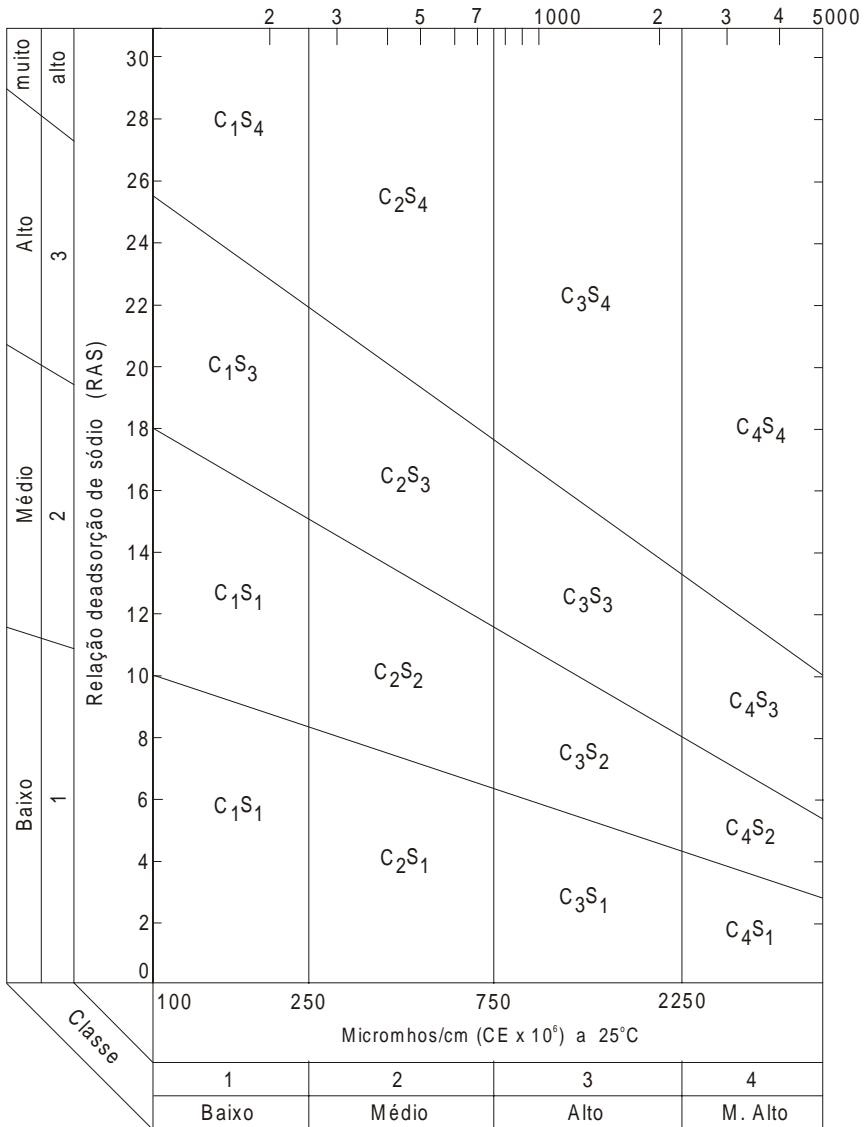
C3 - Água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em solos com drenagem deficiente e mesmo com drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para controle de salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais;

C4 - Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em 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 relativa 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, a depender 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  $\mu\text{mhos/cm}$  onde os pontos divisórios se encontram para valores de RAS de, aproximadamente, 4, 9 e 14 (AALISON, 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: pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação;



**Fig. 1.** Diagrama para classificação de águas para irrigação. (RICHARDS, 1954)



S2 - Água com teor médio de sódio: estas águas só devem ser usadas em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade, uma vez que em solos de textura fina (argilosos) o sódio representa perigo;

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

S4 - Água com teor muito alto de sódio. 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 1,5meq/l não oferece nenhum perigo, com valores entre 1,5 e 2,5meq/l é considerada marginal e acima de 2,5meq/l não é adequada para irrigação. No caso de excesso de  $\text{CO}_3^{=}$  e  $\text{HCO}_3^-$  com a evapotranspiração, a solução do solo fica mais concentrada e parte do  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  da solução e adsorvidos precipitam como carbonatos de cálcio e ou de magnésio, permanecendo no solo carbonato de sódio solúvel e sódio adsorvido nos colóides.

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

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

---

\*\*dS/m = decisiemens/m a unidade de condutividade elétrica adotada mais recentemente pelo Sistema Internacional de Unidades é o siemens por metro (s/m) a utilização de dS/m tem a mesma grandeza que a unidade mais tradicionalmente utilizada: o milímetro por centímetro (mmho/cm).

Os principais parâmetros considerados para interpretação de uma análise de água são principalmente a condutividade elétrica (CE), expressa em dS/m\*\* a 25°C ou em micromhos/cm a 25°C, Relação de Adsorção de Sódio (RAS), que é dada pela expressão  $Na / (Ca + Mg/2)$ , ou ainda a Relação de Adsorção de Sódio ajustada (RAS ajust), calculada a partir da equação desenvolvida pelo U.S. SALINITY LABORATORY (Richards, 1954), modificada para incluir os efeitos adicionais de precipitação ou dissolução de cálcio nos solos e relacionada às concentrações de carbonatos e bicarbonatos segundo a equação:

$$RAS \text{ ajust} = \frac{Na}{[(Ca + Mg) / 2]^{1/2}} [1 + (8,4 - pHc)]$$

Em que,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  representam as concentrações de sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, em miliequivalentes por litro de solução.

pHc pode ser calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$pHc = (pK - pKc) + p(Ca + Mg) + pAlc$$

Em que:

$pK - pKc$  é obtido somando-se os valores de  $(Ca - Mg + Na)$  revelados pela análise da água;

$p(Ca + Mg)$  também obtido em função da soma dos valores de  $(Ca + Mg)$ ;

$p(Alc)$  é obtido em função da soma dos valores de  $(CO_3 + HCO_3)$ , conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Cálculo de valores de pHc da água de irrigação para cálculo do RAS aj.

Soma das concentrações meq/l	pk - pkc	p(Ca + Mg)	p (Alc)
0,05	2,0	4,6	4,3
0,10	2,0	4,3	4,0
0,15	2,0	4,1	3,8
0,20	2,0	4,0	3,7
0,25	2,0	3,9	3,6
0,30	2,0	3,8	3,5
0,40	2,0	3,7	3,4
0,50	2,1	3,6	3,3
0,75	2,1	3,4	3,2
1,00	2,1	3,3	3,1
1,25	2,1	3,2	3,0
1,5	2,1	3,1	2,9
2,0	2,2	3,0	2,8
2,5	2,2	2,9	2,7
3,0	2,2	2,8	2,6
4,0	2,2	2,7	2,5
5,0	2,2	2,6	2,4
6,0	2,2	2,5	2,3
8,0	2,3	2,4	2,2
10,0	2,3	2,3	2,1
12,5	2,3	2,2	2,0
15,0	2,3	2,1	1,9
20,0	2,4	2,0	1,8
30,0	2,4	1,8	1,7
50,0	2,5	1,6	1,5
80,0	2,5	1,4	1,3
			1,1

Fonte: Ayeres & Westeot

Obs.: Valores de pHc acima de 8,4 indicam uma tendência para dissolução do cálcio do solo através da água em movimento; valores inferiores a 8,4 indicam tendência para precipitação do cálcio da água aplicada.

**Tabela 2.** Interpretação da qualidade da água de irrigação.

Efeito Considerado	Grau de Problema		
	Nenhum	Crescente	Severo
Salinidade			
CE mmhos/cm ou dS/m	< 0,75	0,75 – 3,00	> 3,00
Permeabilidade			
CE mmhos/cm ou DS/m	> 0,5	0,5 – 0,2	< 0,2
RASaj			
Montmorilonita (2:1)	< 6,0	6,00 – 9,00	> 9,0
Ilita vermiculita (2:1)	< 8,0	8,00 – 16,0	> 16,0
Kaolinita (1:1)	< 16,0	16,0 – 24,0	> 24,0
Toxidez do íon específico			
Sódio (RAS aj.)	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Cloreto (meq/l)	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
Boro (meq/l)	< 0,75	0,75 – 2,0	> 2,0
Outros efeitos			
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH	Faixa normal		6,5 a 8,4

Fonte: Ayers Westeot (1976)

Exemplo de aplicação é mostrado no Apêndice 1. A Tabela 1 mostra diferentes concentrações dos elementos para cálculo de valores de pHc da água de irrigação. A Tabela 2 mostra a interpretação da água segundo este critério.

Normalmente numa análise de água são determinados os seguintes constituintes:

**Cátions:**

Ca<sup>++</sup> - Cálcio  
Mg<sup>++</sup> - Magnésio  
Na<sup>+</sup> - Sódio  
K<sup>+</sup> - Potássio

**Ânions:**

SO<sub>4</sub><sup>-</sup> - Sulfato  
CO<sub>3</sub><sup>=</sup> - Carbonato  
HOC<sub>3</sub><sup>-</sup> - Bicarbonato  
Cl<sup>-</sup> - Cloreto

Outros elementos menores, como boro, raramente são determinados em análise de rotina.

## **COLETA DE ÁGUA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE**

Consiste na retirada de um pequeno volume (1 litro) de água da fonte desejada e transporte em garrafa de plástico ou vidro ao laboratório para efeito de análise.

A amostragem requer algumas considerações referentes principalmente à representatividade da amostra. Esta tem íntima relação com o local da amostragem e forma de coleta. Assim sendo, variações da qualidade da água no tempo por influência de fenômenos hidro-geoclimáticos devem ser registradas. Finalmente a conservação da amostra e o tempo que ela demora para ser analisada influenciarão na confiabilidade dos resultados da análise.

As amostragens de água para avaliação da sua qualidade podem ser tomadas em uma das seguintes fontes; dependendo do objetivo ou natureza do estudo a ser realizado:

- rios, riachos, drenos, canais de irrigação;
- barragens (açudes), lagos;
- poços tubulares;
- poços amazonas;
- lençol freático.

O conhecimento da qualidade da água, quando coletada em um desses mananciais, é de extrema importância, uma vez que se utiliza para orientação nas práticas de irrigação e drenagem, seleção de cultivos, classificação para fins de irrigação, balanço de sais e movimento de sais no solo.

### **3.1. Frequência de Amostragem:**

Depende do objetivo do trabalho, da precisão desejada, da disponibilidade de recursos materiais e humanos e finalmente das facilidades de laboratório. Entretanto, para fins de irrigação, duas vezes por ano (antes e depois do período chuvoso) são perfeitamente suficientes para se fazer um acompanhamento das alterações químicas que possam ocorrer na água.

### 3.2. Metodologia de Amostragem:

A técnica de amostragem varia com a fonte de água e com os objetivos do estudo. Entretanto, as seguintes recomendações para o caso de irrigação podem ser observadas:

- as amostras de água devem ser coletadas em garrafas de vidro ou de plástico, com capacidade de 1 ou mais litros;
- antes da coleta da amostra, a garrafa como também a tampa devem ser lavadas, pelo menos duas vezes, com a mesma água a ser amostrada;
- após a lavagem, deve-se encher totalmente a garrafa, sem deixar nela ar livre.
- no caso de existência de mais de uma fonte de água cada fonte deve ser amostrada separadamente como segue:

As coletas de água de rio, riacho, dreno, poços amazonas e/ou canais devem ser realizadas afastadas das margens e a uma profundidade de 10 a 15 cm abaixo da superfície da água, introduzindo a garrafa até atingir a profundidade desejada.

No caso de barragem (açude), a coleta deve ser feita no local da tomada de água para irrigação, a aproximadamente 10 cm abaixo da superfície da água.

- a coleta de água de poços tubulares ou amazonas deve ser feita pelo menos uma hora após o funcionamento da bomba;
- as amostras de água de poços de observação de nível freático também podem ser coletadas utilizando-se uma bomba manual com válvula de pé ou com uma lata pequena (tipo cerveja).

Finalmente, a amostra de água deve ser devidamente identificada com etiquetas (Figura 2) e acompanhada de ficha de informação e deve ser enviada ao laboratório tão logo seja coletada.

**Fig. 2.** Etiqueta de Informação:

0

- Nº amostra -
- Fonte da água -
- Nome do proprietário -
- Local -
- Data -

**Ficha de informação.**

PROPRIETÁRIO:

ENDEREÇO:

PROPRIEDADE:

Nº AMOSTRA:

FONTE DA ÁGUA:

DATA DA COLETA:

TIPO DE SOLO A SER IRRIGADO:

PROFUNDIDADE:

CULTURA A SER IRRIGADA:

CULTURA ANTERIOR:

MÉTODO DE IRRIGAÇÃO:

FRANCISCO DE ASSIS

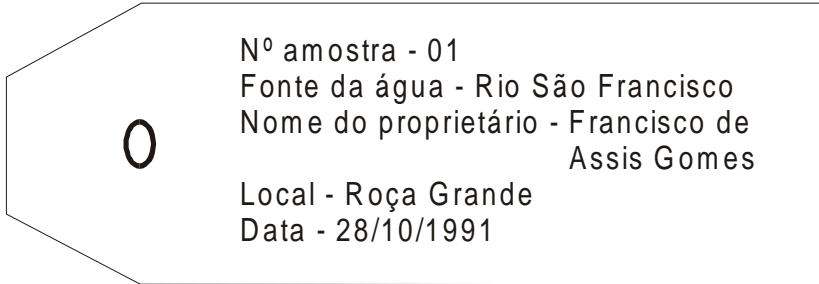
Responsável pela coleta

A seguir são apresentados dois exemplos do procedimento a ser adotado desde a coleta da amostra de água, sua remessa ao laboratório para análise até a classificação e interpretação dos resultados analíticos.

**Exemplo 1:**

Dados enviados ao laboratório:

Etiqueta de informação:

**Ficha de informação:**

PROPRIETÁRIO: Francisco de Assis Gomes

ENDEREÇO: Fazenda Pedrinha - Petrolina-PE

PROPRIEDADE - Roça Grande, Lote 2 - 3 ha

Nº AMOSTRA - 01

FONTE DE ÁGUA - Rio São Francisco

DATA DA COLETA: 28/10/91

SOLO A SER IRRIGADO - Textura argilosa

PROFUNDIDADE - média (1,50 m)

CULTURA A SER IRRIGADA - Forrageira

CULTURA ANTERIOR - Solo virgem

MÉTODO DE IRRIGAÇÃO - Aspersão

A seguir são mostrados os resultados analíticos, fornecidos pelo laboratório, com base nos quais são feitas a classificação, interpretação e recomendação.

Resultados da análise de água (Rio São Francisco)

**Cálcio = 0,6**

**Magnésio = 0,1**

**Sódio = 0,08**

**Potássio = 0,04**

**C. elétrica = 0,08**

**Carbono = 0**

**Bicarbonato = 0,70**

**Sulfato = -**

**Cloreto = 0,16**

**RAS = 0,14**



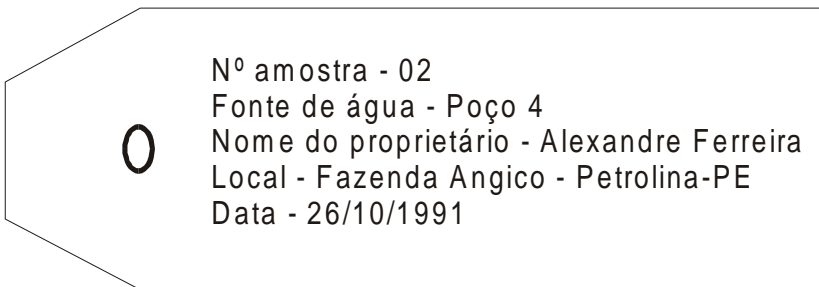
Como o laboratório forneceu a condutividade elétrica (CE) da água em milimhos/cm (mmhos/cm) e, para utilizarmos o diagrama de classificação, necessita-se do valor em micromhos/cm ( $\mu$ mhos/cm), então multiplica-se o valor 0,08 mmhos/cm por mil para transformá-lo em micromhos/cm  $0,08 \text{ mmhos/cm} \times 1000 = 80 \text{ } \mu\text{mhos/cm}$ .

Então, com base no valor de RAS = 0,14 e de CE em micromhos = 80, utilizando o diagrama, chega-se à conclusão de se tratar de uma água de classificação C1S1 (salinidade baixa e baixo teor de sódio), podendo ser utilizada para qualquer cultura.

### Exemplo 2:

Dados enviados ao laboratório:

Etiqueta de Informação:



Ficha de Informação:

PROPRIETÁRIO: Alexandre Ferreira

ENDEREÇO: Fazenda Angico - Petrolina-PE

PROPRIEDADE: Roça do Meio

N° AMOSTRA: 02

FONTE DE ÁGUA: Poço Tubular

Vazão: 800 l/hora

DATA DA COLETA: 28.10.91

SOLO A SER IRRIGADO: Textura Arenosa

PROFUNDIDADE: Média

CULTURA A SER IRRIGADA: Caupi

CULTURA ANTERIOR: Não irrigada

MÉTODO DE IRRIGAÇÃO: Infiltração

De acordo com os resultados da ficha de análise fornecida pelo laboratório (anexo) e seguindo os mesmos passos do exemplo anterior, temos:

Resultado da análise de água (Poço Tubular):

**Cálcio = 14,3**

**Magnésio = 52,8**

**Sódio = 28,20**

**Potássio = 0,68**

**C. elétrica = 9,60**

**Carbono = 0**

**Bicarbonato = 8,50**

**Sulfato = -**

**Cloreto = 100,01**

**RAS = 4,87**

Passando o valor da condutividade elétrica fornecido pelo laboratório em milimho para micromhos temos: 9,60 milimhos x 1000 = 9600 micromhos. Utilizando o diagrama e os valores de condutividade elétrica (CE) e de relação de adsorção de sódio (RAS), conclui-se tratar de água de classificação  $C_4S_1$  (salinidade muito alta e baixo teor de sódio), água com salinidade muito alta, podendo ser utilizada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais tais como, em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais, não sendo recomendada para o caupi, por se tratar de uma cultura altamente sensível à salinidade.

## APENDICE

Exemplo de cálculo de RASajust.

Calcular o RASajust de uma amostra de água que revelou os seguintes resultados analíticos:

Cálcio = 0,8 meq/l  
 Magnésio = 0,4 meq/l  
 Sódio = 3,8 meq/l  
 Potássio = 0,1 meq/l  
 Carbonato = 1,5 meq/l  
 Bicarbonato = 1,0 meq/l  
 Sulfato = 0,8 meq/l  
 Cloreto = 1,8 meq/l

Solução:

$$(Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+) = 1,2 + 3,8 = 5,0 \text{ meq/l}$$

$$\text{portanto } p/k - pkc = 2,22 \text{ (tabela 1)}$$

$$(Ca^{++} + Mg^{++}) = 1,2 \text{ meq/l}$$

$$\text{Portanto } p (Ca^{++} + Mg^{++}) = 3,2 \text{ (tabela 1)}$$

$$(CO_3^{=} + HCO_3^{-}) = 2,5 \text{ meq/l}$$

$$\text{Portanto } p Alc = 2,7 \text{ (tabela 1) donde}$$

$$pHc = (pK - pkc) + p(Ca^{++} + Mg^{++}) + pAlc$$

$$pHc = 2,22 + 3,20 + 2,70 = 8,12 \text{ donde RASajust =}$$

$$\frac{Na^+}{[(Ca^{++} + Mg^{++})/2]^{1/2}} [1 + (8,4 - pHc)]$$

$$\frac{4,0}{(1,2/2)^{1/2}} [1 + (8,4 - 8,12)] =$$

$$\frac{4,0}{0,77} \times 1,28$$

$$RASajust = 6,65$$

## CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SAL ADICIONADO AO SOLO POR EFEITO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Problema: Calcular a quantidade de sal adicionado ao solo numa cultura cujo período fenológico seja de julho a dezembro e que as irrigações sejam de julho a novembro (5 meses), dados: área 1 ha; evapotranspiração (uso consuntivo) ou demanda evaporativa dependente das condições climáticas: 8 mm/dia; eficiência de irrigação: 40% ou 0,4; condutividade elétrica da água de irrigação: 2,5 mmhos/cm ou 2500  $\mu$ mhos/cm.

### Cálculos:

Primeiro passo - cálculo da quantidade total de água aplicada por irrigação.

$$8 \text{ mm/d} \times 0,8 = 10 \text{ mm/d}$$

$$10 \text{ mm/d} \times 150 \text{ dias} = 1.500 \text{ mm ou } 15.000 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$1.500 - x$$

$$x = 1.500 \times 10/\text{l} = 15.000 \text{ m}^3.$$

Segundo Passo - cálculo da quantidade de sal na água aplicado com a água.

$$2,5 \text{ mmhos/cm ou } 2.500 \text{ } \mu\text{mhos/cm}$$

$$\text{ppm} = \text{mg/l}$$

$$\text{mg/l} = \text{CE} \times 10^3 \times 640 \text{ ou}$$

$$\text{mg/l} = \text{CE} \times 10^6 \times 0,64 \text{ donde}$$

$$\text{mg/l} = 2,5 \times 640 = 1.600 \text{ mg/de sal por litro}$$

$$\text{mg/l} = 2.500 \times 0,64 = 1.600 \text{ mg/de sal por litro ou } 1,6 \text{ g de sal por litro}$$

$$\text{ou } 1.600 \text{ g de sal por metro cúbico ou } 1,6 \text{ kg de sal por metro cúbico.}$$

$$1,6 \text{ kg/sal/m}^3/15.000 \text{ m}^3/\text{ha} = 24.000 \text{ kg/sal/ha} = 24 \text{ ton sal/ha.}$$

## **CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SAL (ton/ha) NUMA CAMADA DE SOLO DE 0,30 m**

Dados:

Condutividade elétrica do extrato de saturação: 25 mmhos/cm ou 25.000  $\mu$ mhos/cm.

Densidade aparente do solo 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Porcentagem de saturação do solo (Unidade) expressa em peso (grama de água por gramas de solo) = 45% ou 0,45.

Área - 1 ha = 10.000 m<sup>2</sup>.

Primeiro Passo - cálculo dos sais com base na CE do solo.

mg/l = 25 mmhos/cm x 640 = 16.000 mg de sal/l. = 25.000  $\mu$ mhos/cm x 0,64 = 16.000 mg de sal/l que é igual a 16 gramas de sal por litro.

Segundo Passo - Cálculo da quantidade de água no solo no ponto de saturação.

0,45 gr.água/gr.de solo x 1,5 gr.solo/cm<sup>3</sup> - solo = 0,675 gr.água/cm<sup>3</sup> - solo;

0,675 gr.água/cm<sup>3</sup> - solo x 1,0 cm<sup>3</sup> - solo/gr. água = 0,675 cm<sup>3</sup> - água/cm<sup>3</sup> - solo; é igual a: 0,675 m<sup>3</sup> - água/m<sup>3</sup> - solo.

Terceiro Passo - cálculo do volume de solo considerado.

0,30 m x 10.000 m<sup>2</sup>/ha = 3.000 m<sup>3</sup>/ha.

Quarto Passo - cálculo do volume de água no volume de solo considerado.

3.000 m<sup>3</sup> - solo/ha x 0,675 m<sup>3</sup> - água/m<sup>3</sup> - solo = 2,025 m<sup>3</sup> - água

Quinto Passo - cálculo da quantidade de sal no volume de solo considerado.

16 gr - sal/litro = 16 kg de sal por m<sup>3</sup> - água;

16 kg-sal/m<sup>3</sup> - água x 2,025 m<sup>3</sup> - água x 2,025 m<sup>3</sup> - água = 32.400 kg-sal/ha; ou 32,4 toneladas de sal por hectare.

### **1. SÍMBOLOS E ABREVIATURAS USADAS EM SALINIDADE:**

CE = condutividade elétrica em mmhos/cm, a menos que se dê outra especificação;

CE x 10<sup>3</sup> = condutividade elétrica em milimhos/cm (valor em mmhos/cm x 10<sup>3</sup>);

$CE \times 10^6$  = condutividade elétrica em micromhos/cm (valor em mmhos/cm  $\times 10^6$ ) ou ainda (valor em milimhos/cm  $\times 10^3$ );

mho = a recíproca de Ohm (Ohm escrito em sentido inverso);

mmho = milimho;

$\mu$ mho = micromho;

RAS = relação de adsorção de sódio =  $Na/\ddot{O}Ca \pm Mg/2$ ;

CTC = capacidade de troca de cátions;

PST = porcentagem de sódio trocável =  $PST = Na^+$  trocável

meq/100g : CTC meq/100g  $\times 100$ ;

mg/l = miligramas de soluto por litro de solvente (miligrama por litro);

peso equivalente = peso atômico/valência

ppm = partes por milhão é numericamente igual a miligramas por litro;

meq/l = miliequivalente por litro;

P.O. = pressão osmótica;

ppm = meq/l.

## 2. TABELA DE CONVERSÕES DAS PRINCIPAIS UNIDADES DE MEDIDA DE SALINIDADE:

- Condutividade a miliequivalentes por litro:

meq/l =  $10 \times CE \times 10^3$  para água de irrigação e extratos do solo entre os limites de 0,1 a 5,0 milimhos/cm;

- Condutividade a pressão osmótica em atmosferas:

P.O. =  $0,36 \times CE \times 10^3$  para extratos de solo dentro dos limites de 3 a 30 milimhos/cm;

- Condutividade a partes por milhão (ppm):

ppm =  $0,64 \times CE \times 10^6$

$640 \times CE \times 10^3$  para água de irrigação dentro dos limites de 100 a 5.000 micromhos/cm;

mg/l ou ppm =  $640 \times CE$

$CE \times 640 : 1000$  = gramas de sal por litros;

### 3. ALGUNS EXEMPLOS DE CONVERSÕES E CÁLCULOS:

- Concentração de sal em mg/l ou ppm = 640 x CE em milimhos/cm;
- Concentração total de cátion em meq/l = 10 x CE em milimhos/cm;
- ppm/peso equivalente = meq/l:  
meq/l para ppm = meq/l x peso equivalente;

#### **Exemplo 1:**

Expressar 6.400 ppm de concentração de sal em micromhos e milimhos/cm.

Solução: Concentração de sal em mg/l ou ppm = 640 x CE em mmhos/cm.

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

$$CE = \text{ppm}/640 \text{ ou } 6.400/640 = 10 \text{ milimhos}$$

$$10 \text{ mmhos/cm} \times 1.000 = 10.000 \text{ micromhos/cm};$$

#### **Exemplo 2:**

Converter 1,5 milimhos/cm para pressão osmótica em atmosferas.

Solução: Pressão osmótica em atmosfera = 0,36 x CE em milimhos/cm; 0,36 x 1,5 = 0,54 atmosfera.

#### **Exemplo 3:**

Expressar a concentração de 1.170 ppm de cloreto de sódio em miliequivalentes por litro.

Solução: ppm/peso equivalente = meq/l.

O peso equivalente do cloreto de sódio é igual a 58,45, sendo que:  $1.170/58,45 = 20 \text{ meq/l}$ .

#### **Exemplo 4:**

Expressar 20 miliequivalentes por litro de sódio em ppm.

**Solução:** Peso equivalente do sódio é igual a 23 gramas.

$$\text{meq/l} = \text{ppm}/\text{peso equivalente}$$

$$20 = \text{ppm}/23$$

$$\text{ppm} = 20 \times 23$$

$$\text{ppm} = 460.$$

**Exemplo 5:**

Calcular o peso equivalente do sódio ( $\text{Na}^+$ ), do cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) e do cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).

**Solução:** Peso equivalente = peso atômico/valência

$$\text{Peso equivalente do sódio} = 23 : 1 = 23$$

$$\text{Peso equivalente do cálcio} = 40 : 2 = 20$$

$$\text{Peso equivalente do cloreto} = 35,5 : 1 = 35,5.$$

**Exemplo 6:**

Uma análise mostrou que a capacidade total de troca de cátions (CTC) foi de 25 meq/100g de solo e que o sódio trocável foi de 1,0 meq/100. Calcular a porcentagem de sódio trocável (PST).

**Solução:**  $\text{PST} = \text{sódio trocável meq/100g} : \text{CTC meq/100 g} \times 100$

$$\text{PST} = 1,0 : 25 \times 100$$

$$\text{PST} = 100 : 25 = 4 \text{ ou ainda}$$

CTC -- 100

Na -- x



## 6. BIBLIOGRAFIA

ALLISON, L.E. La salinidad y su relacion con el riego. México, Centro Regional de Ajuda Técnica, 1966. Reimpresso de Adelantos en Agronomia, v. 16.

ALLISON; L.E. Salinity in relation to irrigation. Reimpresso de Adelantos in Agronomy, 16: 139-180, 1964.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1976. 97p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).

EATON, E.M. Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Science, Baltimore, v.69, p.123-133, 1950.

FULLER, W.H. Water, soil and crop management principles for the control of salts. Tucson: The University of Arizona, Bulletin, A-43. 1967. 21p.

LYERLY, P.J.; LONGENECKER, D.E. Salinity control in irrigation agriculture. College station, Texas. Agricultural Experiment Station. Bulletin, 876. 1962. 19p.

MELLO, F.E. de S.; BEZERRA, G.E.; GURGEL, E.L. Estudo solos nos valores do Nordeste para fins de irrigação. Boletim-DNOCS, Recife, v.25, n.1, p.7-37, mar. 1967.

PEÑA, I. de Calidad de las aguas de riego. Obregon: Secretaria de Recursos Hidraulicos, Distrito de Riego del Rio Yaqui, 1972. 33p. (Boletim Técnico, 5).

RICHARDS. L.A. (Ed.). Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos. 5. ed. México: Centro Regional de Ayuda Técnica, 1970. 172p. il (Centro Regional de Ayuda Técnica. Manual de Agricultor, 60).

WILCOX, L.V.; BLAIR, G.Y.; BOWER, C.A. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Science, Baltimore, v.77, p.259-266. 1954.

**Embrapa**

---

**Semi-Árido**

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**GOVERNO  
FEDERAL**  
Trabalhando em todo o Brasil