

ÁGUA SUBTERRÂNEA NA IRRIGAÇÃO

Jean-Marie Teissedre¹

RESUMO

O presente trabalho destaca a qualidade das águas subterrâneas e superficiais na irrigação para a maioria das culturas. Visa também orientar o usuário na coleta para análise, classificar a água em função da concentração de sais e selecionar as plantas de acordo com a tolerância a salinidade e outros elementos prejudiciais ao desenvolvimento dos cultivos. No mesmo sentido foram abordados os problemas técnicos que a água pode causar nos equipamentos de irrigação e as vantagens da água subterrânea em relação a água superficial nos aspectos quantitativos e qualitativos.

I-INTRODUÇÃO

A qualidade da água para irrigação nem sempre é definida com a perfeição e os técnicos e as autoridades do assunto não chegaram a um acordo com referência a um padrão universal, porque a reação de qualquer cultura em especial depende de muito fatores e não meramente da química do suprimento de água para irrigação. A natureza do solo, o clima, o tipo de cultura, o método de irrigação, as condições locais de drenagem e os métodos de orientação da cultura são fatores importantes para aplicação correta da água.

Sabemos que a cultura e o solo não reagirão diretamente à água de irrigação porém a solução do solo resultante da mesma. A água aplicada no cultivo ao penetrar no solo pode ser utilizada e transpirada pelas plantas, pode retornar a superfície por transferência capilar e depois evaporar, pode ser temporariamente estocada no solo ou penetrar abaixo da zona de solo. Isso faz com que a água esta sujeita a evaporação e conseqüente concentração em sais. Como poucas plantas utilizam quantidades significativas de sais, a salinidade do solo é gradativamente aumentada por irrigações sucessivas, a menos que os sais possam ser removidos. Tal fato ocorre frequentemente em regiões de baixo índice pluviométrico e de intensa evapotranspiração fazendo que a cal e o gesso precipitam. O aumento da salinidade do solo pode ocorrer de 2 (duas) maneiras:

-Uma certa quantidade de água de irrigação aplicada no solo se infiltra em profundidade levando juntamente os sais contidos no solo até o nível do lençol freático elevando com o tempo esse nível. O descontrole dessa ação faz com que o nível da água

¹ TAHAL - CONSULTING ENGINEERS LTDA - Avenida Afonso Pena, 1897, sala 1001 - CEP 79.002-071 - CAMPO GRANDE -MS - TEL/FAX: 067-724.5385 - e-mail: alanet @ tahal.com.br -MS

subterrânea atinge a superfície e fica sujeito a evapotranspiração pela capilaridade, ocasionando um acréscimo de sais a zona de solo;

-O reaproveitamento da água de irrigação drenada nas partes baixas e interceptada por uma represa ou por um poço para ser novamente utilizada na irrigação tende a aumentar a concentração em sais. A cada vez que a água é utilizada a evaporação concentra os sais na água remanescente degradando-lá e contribuindo com mais sais para o solo.

Para contornar essas situações é conveniente controlar a drenagem do solo através de um manejo correto da irrigação

O conhecimento desses parâmetros serão necessário para compensar ou controlar os problemas relacionados com a qualidade da água, e se fazer uma correta interpretação quanto a sua adequabilidade para a irrigação.

Assim, de um modo geral, a qualidade da água para irrigação deve ser analisada em função das características básicas seguintes:

- concentração total de sais;
- proporção relativa do sódio em relação aos outros cátions;
- concentração de bicarbonatos;
- concentração de elementos tóxicos;
- reação sobre os equipamentos de irrigação;
- aspectos sanitários.

2-AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE ÁGUA

2.1-Amostragem

As amostras coletadas, seja em córregos, rios, reservatórios ou poços, devem ser as mais representativas, enquanto for possível, para se obterem o máximo de informações com as quais se julgará a qualidade da água.

-Para os poços tubulares profundos, com condições normais de operação, a amostragem não apresenta nenhum problema. Todavia a amostra deve ser colhida após várias horas de bombeamento.

-Para rios e córregos, a amostragem é mais problemática. A coleta deve ser feita semanalmente ou mensalmente, devendo-se atentar para as características do fluxo e a vazão dos mesmos.

-Para pequenos reservatórios, a água sendo praticamente homogênea, a coleta pode ser feita na saída do reservatório.

-Para grandes reservatórios, a água varia de composição em função da profundidade, portanto, torna-se necessário efetuar as coletas a várias profundidades e em vários locais do reservatório.

2.2- Apresentação das Análises

A concentração total e individual dos elementos de maior importância deve ser determinada para que se possa julgar a qualidade de uma água para irrigação. Assim devem ser determinados os seguintes parâmetros físico-químicos:

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Temperatura
Condutividade elétrica
Sólidos dissolvidos
pH
Dureza total

PARÂMETROS QUÍMICOS

| Cátions | Ânions |
|----------|-------------|
| Cálcio | Carbonato |
| Magnésio | Bicarbonato |
| Sódio | Sulfato |
| Potássio | Cloreto |
| Ferro | Boro |

Os parâmetros pH, dureza, ferro são importantes para definir, juntamente com O₂ dissolvido, CO₂ e manganês, o tipo de água, corrosiva ou incrustante, perante o material empregado nos equipamentos de irrigação.

3. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES

Em geral, os laboratórios só fornecem as determinações, cabendo ao técnico se certificar da confiabilidade dos dados fornecidos e interpretá-los com os devidos cálculos.

3.1.-Balanço Iônico de uma Análise

Antes de qualquer interpretação deve ser calculado o erro de análise a partir do balanço iônico entre os cátions e ânions transformando as concentrações em mg/l para miliequivalente/litro (me/l).

3.2-Concentração total de sais solúveis

A concentração total de sais de uma água para irrigação corresponde a salinidade da água e se encontra relacionada a condutividade elétrica (CE). Pode ser expressa nas análises em TDS, RS ou matéria dissolvida em mg/l ou ppm.

Em razão da facilidade e rapidez de determinação no campo com condutivímetro, a condutividade elétrica tornou-se o procedimento padrão para expressar a concentração total de sais para classificação das águas destinadas a irrigação.

3.3-Proporção de Sódio

A proporção de sódio foi muito usada para definir a qualidade da água. A proporção de sódio pode ser calculada pela equação:

$$\text{Na}(\%) = \left\{ \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+} \right\} \times 100$$

3.4-Proporção de Adsorção de Sódio - SAR

Com o passar do tempo a % de Na foi substituída por uma unidade mais significativa, a razão de adsorção de sódio - SAR (Sódio Adsorption Ratio) expressa pela equação:

$$\text{SAR} = \left\{ \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})}} \right\} / 2$$

3.5-Carbonato de Sódio Residual - CSR

Nas águas que contêm elevadas concentrações de íons de bicarbonatos existe uma tendência a precipitação do cálcio e magnésio sob forma de carbonatos, reduzindo, então a concentração de Ca e Mg na solução de solo, e conseqüentemente enriquecendo em Na essa solução. Esse aumento de Na prejudica a estrutura e a textura do solo em conseqüência da precipitação abundante dos carbonatos de Ca e Mg. Para se predizer o aumento de sódio na solução de solo calcula-se o CSR.

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

Se a soma de Ca + Mg é maior do que a de $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ o valor de CSR será negativo, nesse caso não se calcula o resultado anotando-se meramente “negativo”.

3.6-Concentração de Elementos Tóxicos

O boro encontrado nas águas naturais em concentrações elevadas pode ser tóxico, bem como o sulfato e o cloreto.

4. CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Qualquer esquema de classificação deve levar em consideração o efeito da água de irrigação nas plantas e no solo, desde que no campo, as plantas reagem à água e ao solo e este pode ser afetado pela água. Assim dificilmente um esquema de classificação é adequado para todas as condições, havendo para tanto vários modelos de classificação de água para irrigação desde alguns empíricos até os mais usados hoje em dia. Vários métodos de classificação são baseados diretamente da apresentação feita por Bernardo no seu Manual de Irrigação.

4.1.-Classificação de Scofield

As águas são classificadas de acordo com a CE e a % Na como segue:

| Classe | CE ($\mu\text{mho/cm}$) | % Na |
|-----------------|---------------------------|---------|
| 1 - Excelente | < 250 | < 20 |
| 2 - Boa | 250 - 750 | 20 - 40 |
| 3 - Permissível | 750 - 2000 | 40 - 60 |
| 4 - Duvidosa | 2000 - 3000 | 60 - 80 |
| 5 - Inadequada | > 3000 | > 80 |

Esse sistema de classificação bastante rígido acabou sendo substituído pelo esquema que segue.

4.2-Classificação de Wilcox e Magistad

O método gráfico Wilcox classifica adequabilidade da água para irrigação por meio das mesmas propriedades utilizadas no sistema Scofield e CE e a % Na.

4.4-Classificação pelo "U.S. Salinity Laboratory Staff" - USSL

A classificação proposta pelos Técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos é baseada na Condutividade Elétrica (CE), como indicadora do perigo de salinização do solo, e na Razão de Adsorção de Sódio (SAR), como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo.

a) 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 exceção 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 da salinidade. Pode 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). Não é apropriada para irrigações sob condições normais, mas pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito permeáveis e com drenagem adequada, devendo ser aplicado excesso de água nas irrigações para ter boa lixiviação. A água somente deve ser usada para culturas que sejam tolerantes aos sais.

b) Perigo de Alcalinização ou Sodificação

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua razão de adsorção de sódio (SAR), ou seja, em função do sódio trocável, nas condições físicas do solo:

S1 - Água com baixa concentração de sódio ($SAR < 18,87 - 4,44 \log CE$). 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 ($18,87 < SAR < 31,31 - 6,66 \log CE$). Só pode 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 ($31,31 - 6,66 \log CE < SAR < 43,75 - 8,87 \log CE$). Pode produzir níveis maléficis 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 maléficis de sódio trocável. Pode requerer o uso de corretivos químicos para substituir o sódio trocável, exceto no caso de apresentar salinidade muito alta, quando o uso de corretivos não seria viável.

S4 - Água com muito alta concentração de sódio ($SAR > 43,75 - 8,87 \log CE$). 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 águas das classes C2-S3 e C3-S2, adicionando, periodicamente, gesso ao solo.

c) Efeito da Concentração de Boro

Microelemento essencial ao desenvolvimento das plantas, embora em quantidades pequenas. Caso ocorra em concentração levemente acima das necessidades, poderá tornar-se tóxico para espécies vegetais menos tolerantes.

Exemplificando, poderíamos dizer que uma concentração tóxica para uma espécie ou variedade sensível (limão), pode ser fisiologicamente ideal para uma planta tolerante (alfafa). Considerando este fato, SCOFIELD determinou os limites da concentração de boro em função do grau da tolerância das culturas, estabelecendo uma classificação das águas para irrigação segundo a sensibilidade da cultura a ser irrigada.

| Classes para Boro | Plantas Sensíveis (ppm) | Plantas Semitolerantes (ppm) | Plantas Tolerantes (ppm) |
|-------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1 - Excelente | < 0,33 | < 0,67 | < 1,00 |
| 2 - Boa | 0,33 a 0,67 | 0,67 a 1,33 | 1,00 a 2,00 |
| 3 - Permissível | 0,67 a 1,00 | 1,33 a 2,00 | 2,00 a 3,00 |
| 4 - Duvidosa | 1,00 a 1,25 | 2,00 a 2,50 | 3,00 a 3,75 |
| 5 - Inadequada | > 1,25 | > 2,50 | > 3,75 |

d) Efeito da Concentração de Bicarbonato

Nas águas com alta concentração do íon bicarbonato, há a tendência para precipitação dos íons cálcio e magnésio, sob a forma de carbonato, com isso, aumentando a proporção relativa de sódio na solução do solo.

Eaton propôs a classificação das águas para irrigação em função do conceito “Carbonato de Sódio Residual” (CSR) :

| Classe | CSR (me/l) |
|----------------|-------------|
| 1 - Aceitável | < 1,25 |
| 2 - Duvidosa | 1,25 - 2,50 |
| 3 - Inadequada | > 2,50 |

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

e) Efeito das Concentrações de Cloreto e Sulfato

Concentrações elevadas de íon cloreto não são desejáveis em águas para irrigação sendo proposta a seguinte classificação:

| Classe | C1 (me/l) |
|----------------|-----------|
| 1 - Aceitável | < 5 |
| 2 - Duvidosa | 5 - 10 |
| 3 - Inadequada | > 10 |

Para as concentrações de íon sulfato foi estabelecida a seguinte classificação:

| Classe | SO4 (me/l) |
|----------------|------------|
| 1 - Aceitável | < 10 |
| 2 - Duvidosa | 10 - 20 |
| 3 - Inadequada | > 20 |

4.5-Classificação de Thorne e Peterson

Essa classificação é bastante semelhante a que foi proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A. Mantiveram-se as mesmas classes, quanto ao período de sodificação do solo, porém o nº de classes aumentou de 4 para 6, quanto ao perigo de salinização do solo.

Quanto ao efeito da concentração de boro e de bicarbonato, Thorne e Peterson citam os mesmos limites citados pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A., no “U.S.D.A.Handbook nº 60”.

4.6-Classificação de Doneen

Doneen define o termo salinidade efetiva e baseia a classificação da água neste termo. Isso envolve a solubilidade dos sais e as reações que ocorrem na solução do solo.

Alguns dos sais da água de irrigação têm solubilidade limitada, e, conseqüentemente, precipitam-se no solo, à medida que a salinidade da solução do solo aumenta, enquanto os sais solúveis continuam acumulando-se, motivo por que aumenta a salinidade da solução do solo. Sendo assim, a salinidade efetiva inclui todos os sais

solúveis da água para irrigação, exceto o sulfato de cálcio e o bicarbonato de cálcio e de magnésio, pois se considera que esses sais sejam precipitados, e assim, não podem contribuir para a salinidade do solo. A salinidade efetiva da água para irrigação pode ser estimada pela concentração total de sais na água, menos a concentração de CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e CaSO_4 , em me/l.

No quadro abaixo, tem-se a tentativa de classificação da água baseada na salinidade efetiva, para três condições de solo.

| Condição do Solo | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |
|---|----------------------------|----------|----------|
| | Salinidade Efetiva me/l | | |
| - Solo com pouca lixiviação, por causa da baixa percolação | 3 | 3 - 5 | 5 |
| - Solo com alguma lixiviação, porém com restrita e lenta percolação | 5 | 5 - 10 | 10 |
| - Solos abertos, percolação fácil de ser conseguida | 7 | 7 - 15 | 15 |

4.7- Classificação de Christiansen e Olsen

Baseado na sua experiência na análise dos projetos de irrigação na Guatemala, os autores propuseram um procedimento mais realista para avaliação da qualidade da água para irrigação, no qual consideram sete fatores que alteram a qualidade da água. São os seguintes os fatores considerados:

- (1) Condutividade elétrica (CE), em milimhos/cm, a 25° C
- (2) Percentagem de sódio (% Na)
- (3) Razão de adsorção de sódio (SAR)
- (4) Carbonato de Sódio (Na_2CO_3), em miliequivalente/litro
- (5) Cloro (Cl^-), em miliequivalente/litro
- (6) Salinidade efetiva (SE), em miliequivalente/litro
- (7) Boro (B), em partes por milhão.

4.8- Classificação de Ayers e Branson

A classificação proposta por Ayers e Branson também se baseia em quatro áreas-problemas:

Salinidade, permeabilidade, toxicidade e “diversos”.

5 - SELEÇÃO DAS PLANTAS AOS SAIS

Existe toda uma variedade de plantas nativas adaptadas a salinidade da água à exemplo da vegetação rasteira de folhas carnudas das dunas litorâneas, da vegetação de mangue, bem como as palmeiras e os coqueiros. Mas se as plantas nativas são

TOLERÂNCIA RELATIVA À SALINIDADE DAS PRINCIPAIS CULTURAS, SEGUNDO O "U. S. SALINITY LABORATORY"

| Tipos de cultura (1) | Muito Tolerante (2) | Tolerante (3) | Pouco Tolerante (4) |
|-------------------------|--|---|--|
| Culturas Comuns | CE = 16 milimhos/cm Cevada Algodão | CE = 10 milimhos/cm Centeio Trigo Aveia Arroz Sorgo Milho Girassol Mamona | CE = 04 milimhos/cm Feijão |
| | CE = 10 milimhos/cm | CE = 06 milimhos/cm | CE = 04 milimhos/cm |
| Hortaliças | CE = 12 milimhos/cm Beterraba Couve Aspargo Espinafre | CE = 10 milimhos/cm Tomate Brócolos Repolho Couve-flor Alface Milho-doce Batata Cenoura Cebola Eervilha Abóbora Pepino | CE = 04 milimhos/cm Rabanete Aipo Vagem |
| | CE = 10 milimhos/cm | CE = 04 milimhos/cm | CE = 03 milimhos/cm |
| Frutíferas | Tâmara | Romã Figo Uva Melão Cantaloup | Pêra Maçã Laranja Grapfruit Ameixa Amêndoa Damasco Pêssego Morango Limão Abacate |

Nesta tabela, as culturas se dividem em três sub-áreas: culturas comuns, hortaliças e frutíferas. Dentro de cada sub-área as culturas são divididas em três grupos: muito tolerante, tolerante, pouco tolerante. Dentro de cada grupo, as culturas são dispostas em ordem decrescente de tolerância à salinidade. Os valores de condutividade elétrica, nas partes superior e inferior de cada coluna, representam o teor de salinidade que se espera com o decréscimo de produção de 50%, em comparação com a produção, num solo não salino, sob as mesmas condições de crescimento.

5.2-Tolerância ao Boro segundo USSL

Como o boro é um microelemento essencial ao desenvolvimento das plantas embora em pequena quantidade, à concentração acima do necessário ele se torna tóxico e extremamente prejudicial para espécies vegetais menos tolerantes. Partindo desse critério os técnicos do U.S. Salinity Laboratory apresentaram a classificação abaixo para as principais culturas.

| Tolerantes | Semitolerantes | Sensíveis |
|-------------|-----------------|-----------|
| Aspargo | Girassol | Noz |
| Palma | Batata | Ameixa |
| Tâmara | Algodão | Pêra |
| Beterraba | Tomate | Maçã |
| Alfafa | Ervilha | Uva |
| Gladíolo | Rabanete | Figo |
| Cebola | Cevada | Cereja |
| Nabo | Trigo | Pêssego |
| Repolho | Milho | Damasco |
| Alface | Sorgo | Laranja |
| Cenoura | Aveia | Abacate |
| Abóbora | Grapefruit | |
| Batata-Doce | Limão | |
| | Feijão de Corda | |

5.4-Adaptação das Culturas ao pH da Solução de Solo

Os pH da solução de solo e da água de irrigação influem no desenvolvimento das culturas. Um pH ácido provoca o acúmulo de alumínio (Al^{+++}) no solo que são elementos tóxicos às culturas. Um pH alcalino provoca a toxidez das plantas pelo aumento de sódio. Se algumas plantas preferem solos ácidos e outras solos alcalinos, a maioria se desenvolve melhor com pH entre 5,5 e 6,5.

A tabela abaixo indica o melhor desenvolvimento das principais culturas em função do pH da solução de solo.

| Culturas | pH | | |
|----------------|-----|---|-----|
| Amendoim | 5,5 | a | 6,0 |
| Algodão | 5,0 | a | 6,0 |
| Chá | 4,0 | a | 6,0 |
| Sorgo | 5,5 | a | 6,0 |
| Batata-Doce | 5,5 | a | 6,0 |
| Cafeeiro | 4,5 | a | 7,0 |
| Banana | 6,0 | a | 7,5 |
| Soja | 6,0 | a | 7,0 |
| Seringueira | 3,5 | a | 8,0 |
| Milho | 5,5 | a | 7,5 |
| Feijão | 6,0 | a | 7,0 |
| Abacaxi | 5,0 | a | 6,5 |
| Arroz | 5,0 | a | 6,5 |
| Cana de Açúcar | 6,0 | a | 8,0 |
| Alfafa | 6,5 | a | 8,5 |
| Girassol | 6,0 | a | 7,5 |

Existe sempre a possibilidade de se corrigir o pH da solução de solo fazendo-se a calagem quando muito ácido e a gessagem quando muito alcalino.

6 - QUALIDADE DA ÁGUA PARA OS EQUIPAMENTOS DE IRRIGAÇÃO

A capacidade que uma água possui, seja para remover, seja para depositar o carbonato de cálcio, é muito importante para o material usado nos equipamentos de irrigação. Certas águas apresentam uma tendência a corroer quimicamente os canos de distribuição de água, os rotores da bomba ou ainda alargar os orifícios dos aspersores. Essas águas são ditas agressivas ou corrosivas. Outras águas apresentam a propriedade de depositar uma escama de cal e de sílica, bem como de outro material dentro dos canos. Tal tipo de água é incrustante tendo como consequência a redução do volume de água nos canos, a incrustação nos rotores da bomba e o entupimento dos orifícios dos microaspersores.

Tanto a corrosão como a incrustação podem ser bastante prejudiciais para a irrigação, por isso é sempre conveniente fazer uma análise dessas propriedades da água para definir o material dos equipamentos e o sistema de irrigação mais adequados. A qualidade da água pode ser definida pelo Índice de Saturação (I) que determina o equilíbrio de carbonato.

6.1.-Índice de Saturação

O índice de saturação é definido pela seguinte equação:

$$I = \text{pH} - \text{pHs}$$

onde o pH é o pH real da amostra à 25° C e o pHS é a concentração de íons hidrogênio associada com o equilíbrio do carbonato. Em outros termos, o pHS é considerado como o valor que a água teria caso não formasse nem dissolvesse escamas.

- Um $I > 0$, positivo, indica uma água super-saturada de carbonato de cálcio, portanto incrustante.

- Um $I = 0$ significa que a água está em equilíbrio com relação ao CaCO_3 e não forma nem dissolve escamas.

-Um $I < 0$, negativo, indica uma água sub-saturada de CaCO_3 dissolvendo escamas portanto corrosiva ou agressiva.

O pHS pode ser determinado pela expressão abaixo ou pelo gráfico Langelier.

$$\text{pHS} = 0,1 \times \log (1,5 \times \text{STD}) - \log \text{TAC} - \log \text{Ca} + 11,282$$
 com STD, correspondendo aos sólidos totais dissolvidos ou o resíduo seco a 180° C em mg/l e o TAC (título alcalimétrico completo), correspondendo a alcalinidade total de carbonatos em mg/l de CaCO_3 .

6.2-Águas Corrosivas

Além de um índice de saturação negativo outros fatores que indicam a corrosão devem ser levado em consideração nas seguintes condições:

-pH baixo, inferior a 7.

- O_2 dissolvido quando este gás exceder a 2mg/l.

-Gás sulfídrico (H_2S), quando se nota pelo gosto ou pelo cheiro sulfato de hidrogênio na água.

-STD em concentrações superiores a 1000mg/l.

-Gás carbônico superior a 50 mg/l de CO_2 .

-Cloretos em concentração superior a 500 mg/l.

6.3-Águas incrustantes

A incrustação de uma água é também função de certos parâmetros químicos citados abaixo além do índice de saturação positivo.

-pH quando superior a 7.

-Dureza total de carbonato quando exceder 300 mg/l de CaCO_3 , provoca depósito de carbonato de cálcio.

-Manganês total em conteúdo superior a 1 mg/l provoca precipitação de manganês em presença de oxigênio com pH alto.

7 - CONCLUSÕES - VANTAGENS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea, quando ocorre em abundância no subsolo, pode apresentar grandes vantagens em relação a água de superfície nos aspectos qualitativos e quantitativos.

Do ponto de vista químico a água é na maioria dos casos de boa qualidade com baixos teores em sais, em exceto as águas de grande profundidade ou de aquífero locais

nas regiões semi áridas, contendo cloretos, sulfatos, etc que danificam o solo e dificultam a absorção pelos vegetais.

Do ponto de vista biológico a água subterrânea não sofre contaminação por rejeitos urbanos e industriais evitando-se assim a contaminação do irrigante em contato com a água, em destaque esquitossomose, e do consumidor pela ingestão de produtos agrícolas hortifrutigranjeiros contaminados por vírus, bactérias, etc, principais veículos de doenças patogênicas por via hídrica.

A água sendo de baixas concentrações em sais reduz o risco de entupimento dos canos de irrigação em especial microaspersores e não tendo exposição a radiação solar evita a formação de algas também prejudiciais aos equipamentos.

No aspecto quantitativo trata-se de um recurso disponível o ano inteiro, não sofrendo a influência da estiagem que obriga na maioria dos empreendimentos a regularizar os cursos d'água com barramento. Portanto seu uso consuntivo minimiza os conflitos entre usuários, quer seja de montante ou jusante decorrente da disponibilidade hídrica.

Do ponto de vista custo-benefício na implantação de um projeto sistematizado de irrigação, o desembolso de capital pode ser efetuado conforme o plano de expansão da área irrigada e as necessidades da demanda, além de permitir uma distribuição espacial compatível com a finalidade do uso seja para cultivo, pastagem ou simplesmente para dessedentação de animais. Desta forma os investimentos de implantação são minimizados a curto e médio prazo em função do aproveitamento do recurso hídrico, do custo energético, da manutenção e operação do sistema. A título de comparação o custo da água subterrânea representa em torno de 15% do custo da água superficial na maioria das vezes.

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, R. Critérios para interpretação de análises físico-químicas das águas - CETESB - 1983.
- AYERS, R. Quality of water for Irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Division. N. York, 103(2): 135-154 - 1977.
- BERNARDO, S. Qualidade d'água para irrigação. Viçosa. Imprensa Universitária da UFV. 1978. 2p. (Boletim de Extensão nº 13)
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação - 2a. Edição - Viçosa, UFV. Impr. Univ. 1982.
- CHRISTIANSEN, J.E.; OLSEN, E. & WILLARDSON, L.S. Irrigation Water Quality Evaluation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, N. York, 103(2): 155-169 - 1977.
- DAEE - Capacitação básica em Irrigação (Programa de Treinamento Técnico 4) CDD 627.52 - São Paulo 1984.
- DAKER, A. Irrigação e Drenagem. 4a. Ed. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos, S.A. 1970. 453 p. (A Água na Agricultura, 3ª V.).
- FAO. Irrigation and Drainage of Arid Lands. Rome. Food and Agriculture Organization. 1967. 663p.
- HAGAN, R.M.; HAISE, H.R.; ADMINSTER, T.W. Irrigation of Agricultural Lands 2a. Ed. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. 1967. 1180p. (Agronomy nº 11).

- ISRAELSEN, D.W. & HANSEN, V.E. Irrigation Principles and Practices. 3a. ed. N.York. John Wiley and Sons, Inc. 1967. 447 p.
- LOGAN, J. Interpretação de análises químicas da água. Trad. Lemos, A.M. - U.S. Agency for International Development - Recife, 1965.
- TEISSEDRE, J.M. - Qualidade da água para Irrigação - ABEAS - PRONI - Ministério da Agricultura 1988.
- TEISSEDRE, J.M. - Teleducação em Agricultura Irrigada - Fundação Roberto Marinho - Ministério da Irrigação - 1987.
- THORNE, D.W. & PETERSON H.B. Irrigated Soils. 2a. Ed. Bombay - New Delhi, McGraw-Hill.Publishing Company. 1954. 392 p.
- UNITED STATE. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA. 1954. 160 p. (Agriculture Handbook nº 60).
- WITHERS & VIPOND - Irrigação, Projeto e Prática - EPUSP - São Paulo - 1977.

INTRODUÇÃO

A preocupação com os serviços de irrigação em São Paulo tem grande impulso a partir da década de 60, quando foi criada a Companhia Saneamento de São Paulo (COSANSP) para diagnosticar os solos.

Atualmente, cerca de 50% da população urbana brasileira vive em áreas de solos salinos, sendo que a maioria dos solos salinos está localizada no Nordeste do Brasil.

Com o propósito de melhorar os serviços prestados e de atender melhor a população, a Companhia Saneamento de São Paulo, em maio de 1971, passou a ser denominada Companhia Saneamento de São Paulo (COSANSP). Para alcançar este objetivo, a Companhia Saneamento de São Paulo passou a ser organizada em departamentos, sendo que o Departamento de Irrigação foi criado com o objetivo de atender aos usuários dos serviços de irrigação, sendo que o Departamento de Irrigação passou a ser responsável por todos os aspectos técnicos e administrativos dos serviços de irrigação.