

Capítulo 3

Parâmetros do Sistema *Relacionados ao Solo*

Danielle Oliveira de Andrade
Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Silvio Roberto de Lucena Tavares
Silvio Barge Bhering

3.1 - Profundidade (Z)

É a espessura do solo que se apresenta sem impedimento à livre penetração do sistema radicular. Esse impedimento pode ser causado por uma barreira física, em consequência da presença de rocha consolidada, duripã, fragipã, horizonte litoplín-tico, horizonte plânico, horizonte plíntico ou elevado nível do lençol freático. Quanto maior a profundidade efetiva, maior o volume de solo passível de absorção de água e nutrientes, bem como de promover a sustentação física das plantas.

No SiBCTI, esse parâmetro é determinado em centímetros e considerado para duas situações: profundidade até a camada semipermeável: horizontes plíntico ou plânico, fragipã e profundidade até a camada impermeável: rocha impermeável, horizonte litoplín-tico e duripã. Essa é uma variável de grande importância no manejo da agricultura irrigada, uma vez que influencia decididamente a altura do lençol freático e consequentemente, na propensão das terras à salinização.

A interação deste parâmetro com o tipo de irrigação a ser utilizado na avaliação traz consequências bastante diferenciadas. O sistema de irrigação por superfície por exemplo, por não dispor ao solo continuamente o teor de água necessário ao atingimento da máxima produtividade, tem impingido menores produtividades quando comparado aos sistemas por aspersão e principalmente ao localizado. Isto se deve não só à própria ineficiência intrínseca do sistema, como à contenção de despesa por parte do agricultor, que é induzido a aumentar o intervalo de rega.

Nas Figuras 1 e 2, pode-se observar irrigação por sulco com manga de 7 anos, variedade Kent, no perímetro Manicoba, sobre Argissolo abrúptico pedregoso com fragipã a aproximadamente 75 cm. Segundo informação dos agricultores, nos solos com fragipã a 60 cm a produtividade ($15-20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) é aquela



Figuras 1 e 2 - Manga de 7 anos irrigada por sulco (Perímetro Manicoba – Juazeiro/BA).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

correspondente ao pagamento dos custos de produção. Ou seja, para a manga, nesse tipo de solo e com esse tipo de irrigação, a presença de fragipã a profundidades menores que 60 cm inviabiliza a exploração econômica.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas em detalhes a frutificação em mangueiras irrigadas por sulco. Pode-se perceber que nesse sistema de irrigação a produtividade é pequena e normalmente, menor do que a obtida pelo sistema localizado, como por exemplo o de microaspersão.



Figuras 3 e 4 - Detalhes da pequena carga de frutos das mangueiras irrigadas por sulco (Perímetro Manicoba – Juazeiro/BA).

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 150 e 200 cm respectivamente até as camadas semipermeável e impermeável, para as culturas frutíferas que demandam maiores profundidades efetivas: acerola, manga, goiaba e coco. Já para a classe 6 foram inferiores a 40 e 50 cm respectivamente até as camadas semipermeável e impermeável, destinadas às culturas anuais: feijão, melancia, melão e cebola, que demandam menores profundidades efetivas do solo.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 150 e 200 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da acerola, manga, goiaba e coco. Por outro lado, para a classe 6 foram inferiores a 40 e 50 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da cebola, feijão, milho, melancia e melão.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 2 foram superiores a 130 e 150 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da manga, uva, goiaba, acerola banana e coco, uma vez que a fruticultura perene não foi contemplada para a classe 1 nesse sistema de irrigação (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 50 e 60 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da melancia, melão, feijão e cebola.

3.2 - Textura (V)

A textura do solo diz respeito à distribuição das partículas de acordo com o tamanho, envolvendo conotações quantitativas e qualitativas. Quantitativamente, envolve as proporções relativas dos vários tamanhos de partículas num dado solo, cujas frações texturais básicas são a areia, o silte e a argila. Estas proporções relativas conferem denominações específicas aos diferentes solos. A textura é uma característica permanente, não sofrendo alterações expressivas no espaço abrangido por uma geração, determinando inclusive, o seu valor econômico.

Foram consideradas as classes gerais de textura, denominadas muito argilosa, argilosa, siltosa, média e arenosa; além das texturas binárias média/argilosa, média/muito argilosa, argilosa/muito argilosa, arenosa/média e arenosa/argilosa, nos casos de variação da textura com a profundidade.

Houve uma evolução marcante nos últimos anos no tocante à resposta econômica dos solos arenosos, resultado do desenvolvimento de um manejo especial, não só da fertilização, como da água de irrigação. Dessa forma, classes de solos como os Neossolos Quatzarênicos (Areias Quatzosas) que eram considerados praticamente inaptos para uso agrícola nas metodologias de classificação de terras para irrigação anteriores, hoje são consideradas de boas respostas econômicas, principalmente para fruticultura, tendo inclusive algumas vantagens comparativas em relação às classes de solos argilosos de baixa permeabilidade. Tem sua justificativa, uma vez que tanto o manejo da água por sistemas localizados, quanto a fertirrigação, são extremamente facilitados nesses solos arenosos, quando comparado com solos com mineralogia do tipo 2:1, Vertissolo, por exemplo. Pode-se considerar uma outra grande vantagem desses solos arenoquartzosos, que é a facilidade de drenagem natural, o que reduz sensivelmente os riscos de salinização, dependendo da situação, estes solos ganham um diferencial positivo.

Atualmente, a concepção que se tem é que esse tipo de solo acaba se comportando mais como um substrato físico para as plantas do que um solo em sua conceituação clássica.

Desta forma, o enquadramento dos solos arenosos, com destaque para os Neossolos Quatzarênicos, foi melhorado nesta metodologia, só não alcançando as duas principais classes 1 e 2, por ainda apresentarem desvantagens intrínsecas (valores reduzidos de fertilidade, retenção de água, de cátions, entre outros) comparativas com solos de textura mais pesada e suas qualidades relacionadas.

A obtenção da textura para inserção no SiBCTI deverá ser feita segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo, proposto por Embrapa (1997).

A cultura vegetal que apresentou as maiores restrições para textura argilosa foi a melancia, enquanto o melão teve restrições para textura leve, considerando as classe de produtividade mais elevada (classe 1) nos três sistemas de irrigação.

3.3 - Capacidade de Água Disponível (C)

O conceito de água disponível é definido usualmente como o teor de água do solo compreendido entre a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente (PMP). A Capacidade de Campo é definida como o máximo de água que um solo pode reter quando o gradiente de potencial matricial é igual ao gradiente de potencial gravitacional no interior da massa de solo, ou seja, é o valor do conteúdo de água no reservatório do solo que o mesmo consegue reter, em função do equilíbrio das distribuições de potenciais (REICHARDT, 1987). Na prática é definida como sendo a quantidade de água que um solo pode reter depois de cessada a drenagem natural. A Capacidade de Campo é considerada o limite superior da disponibilidade da água no solo. Como é um valor que depende da estabilização do movimento de drenagem, é de difícil determinação, sendo influenciada pela textura, estrutura, profundidade e uniformidade do solo (VIEIRA, 1986). Em laboratório, pode-se calculá-la procurando correlacioná-la com a curva característica de retenção de água no solo (Figuras 5, 6, 7 e 8). Como é uma variável que depende muito da textura do solo, adota-se os seguintes pontos de pressão no aparelho extrator de Richards:

- 0,1 MPa para solos muito argilosos e orgânicos,
- 0,033 MPa para solos argilosos de uma maneira geral, e
- 0,01 MPa para solos siltosos e arenosos.

A Capacidade de Campo ocorre depois de uma chuva ou irrigação intensa ter cessado e a força ou potencial gravitacional ter deixado de predominar sobre os outros componentes energéticos da água do solo, o que faz com que o movimento da água decresça substancialmente no sentido vertical descendente. A Capacidade de Campo dificilmente se repete, considerando o mesmo determinador e o mesmo solo. Para avaliá-la, satura-se o solo a apreciável profundidade, evitando-se a evaporação superficial; e com o movimento vertical tornando-se irrelevante, o que ocorre, via de regra, após 2 a 3 dias; tem-se o teor de umidade do solo à Capacidade de Campo.

O Ponto de Murcha Permanente é um valor arbitrado de 1,5 MPa no aparelho extrator de Richards, que corresponde ao mínimo teor de água no solo em que as plantas ainda permanecem murchas, não se recuperando mesmo que o ar do ambiente que as envolve esteja saturado de vapor d'água. Portanto, o PMP é atingido quando a água do solo está retida com uma força superior a de sucção das raízes.

Vários fatores afetam a retenção de água no solo. O principal deles é a textura, pois ela determina as proporções de poros de diferentes tamanhos. A forma que as

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

partículas do solo estão arranjadas (estrutura) também é importante para a retenção da água. Além do arranjo textural (estrutura) e da classificação textural (tamanho das partículas), a composição e formato cristalográfico destas partículas (principalmente das argilas), são importantíssimos para a capacidade de retenção de água no solo, juntamente com as partículas orgânicas coloidais, que também apresentam boas propriedades de retenção de água.

Um grande percentual dos solos ocorrentes próximo dos maiores mananciais de água no semiárido é constituído de solos com baixa Capacidade (camada) de Água Disponível. Esses solos são basicamente Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média. Como esse parâmetro tem um grande peso nas classificações de terras para irrigação usadas até o momento, muitas dessas classes de solo foram descartadas quando da instalação de perímetros irrigados. Atualmente, devido à evolução não só dos sistemas de irrigação, em que a água passa a ser fornecida em menores e mais frequentes lâminas de reposição, quanto pela própria evolução dos cálculos de balanço hídrico, assim como pela evolução dos conjuntos de motobombas utilizados, esse parâmetro perdeu importância relativa nos sistemas de classificação de terras para irrigação. Esta nova maneira de ponderar os parâmetros importantes na classificação de terras para irrigação abre a possibilidade da incorporação portanto, de imensas áreas outrora relegadas ao processo produtivo, via agricultura irrigada.

Desta forma, foi dada atenção especial na calibração dos limites da Capacidade de Água Disponível para os Neossolos Quartzarênicos no SiBCTI, não só devido à abrangência desta classe de solos no semiárido, principalmente no vale do rio São Francisco, quanto pelo manejo especial aplicado. Os principais motivos dessa diferenciação foram a maior presença de frações de minerais de constituição mais expansiva, a maior participação de areia fina em detrimento da areia grossa e a elevada aplicação de material orgânico para aumentar a Capacidade de Água Disponível; fazendo com que esses solos tenham um comportamento diferenciado de Neossolos Quartzarênicos encontrados e manejados em outras regiões. A importância da matéria orgânica se destaca, tanto pela grande contribuição no que tange ao armazenamento hídrico, quanto pela maior participação na retenção de cátions.

Vieira (1986) concluiu que os Neossolos Quartzarênicos dos perímetros do polo Petrolina/Juazeiro, têm apresentado valores em torno de 8% para água disponível, em concordância com aqueles encontrados para uma ampla gama de solos arenosos.

Enquanto trabalhos como os de Cavalcanti (1994) concluíram que nos solos arenosos do semiárido, os valores de 6 kPa estão mais apropriados que os de 10 kPa como limite superior para a água disponível ("Capacidade de Campo"), equivalendo ao acréscimo de uma lâmina maior que 12 mm de água nos primeiros 30 cm de solo.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

As informações referentes à Capacidade de Água Disponível deverão ser fornecidas em milímetros e para três camadas: 0-20, 0-60 e 0-120 cm, propiciando que o sistema gere a classificação final da terra avaliada. Esse parâmetro será obtido através da seguinte fórmula:

$$C_z = (CC\% - PMP\%) DZ / 100$$

Onde:

- C = Camada ou Capacidade ou Lâmina de Água Disponível para a camada Z;
- CC = teor de água na Capacidade de Campo ou Umidade Equivalente, dependendo da textura do solo;
- PMP = teor de água no Ponto de Murcha Permanente;
- D = Densidade do Solo; e
- Z = camada considerada (20, 60 ou 120 cm).



Figuras 5, 6, 7 e 8 - Coleta de amostras indeformadas para obtenção da curva característica de retenção de água e posteriormente a água disponível (Projeto Niô Coelho – Petrolina/Estado de Pernambuco).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 30 mm para a camada 0-20 cm para a cultura da banana, superiores a 78 mm para a camada 0-60 cm para a cultura do melão e superiores a 118 mm para a camada 0-120 cm para a cultura da banana. Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 2 mm para a camada 0-20 cm para as culturas do coco, milho, uva, manga, melancia, cana-de-açúcar, goiaba e acerola e menores que 3 mm para camada 0-60 cm e 0-120 cm para a cultura da cana-de-açúcar.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 26 mm para a camada 0-20 cm para a cultura da banana, superiores a 77 mm e 104 mm respectivamente para as camadas 0-60 cm e 0-120 cm para a cultura do melão. Por outro lado, os menores na classe 6 foram inferiores a 1 mm para a camada 0-20 cm para as culturas da acerola, goiaba, manga, melancia, uva, cebola, feijão, milho, coco e cana-de-açúcar e inferiores a 2 mm para as camadas de 0-60 cm e 0-120 cm para as culturas do coco e melancia.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 36 e 72 mm respectivamente para as camadas de 0-20 e 0-60 cm para as culturas do feijão, milho, melão, melancia, cebola e cana-de-açúcar e superior a 135 mm para a camada 0-120 cm para as culturas do milho e cana-de-açúcar, uma vez que as fruteiras perenes não foram contempladas para a classe 1 nesse sistema de irrigação (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 5 mm para a camada 0-20 cm para todas as culturas exceto banana, inferiores a 13 mm para camada 0-60 cm para a cultura da cultura do milho, melão, melancia, cebola, feijão e cana-de-açúcar e inferiores a 13 mm para a camada 0-120 cm para as culturas do feijão, milho, cebola, cana-de-açúcar, melancia e melão.

3.4 - Ca + Mg (Y)

São dois dos mais importantes cátions trocáveis absorvidos pela planta para desenvolver suas atividades metabólicas. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, essa variável tinha elevado peso na classificação das terras, uma vez que a fertilidade natural do solo tinha grande impacto na rentabilidade das culturas. Hoje em dia, com o avanço da tecnologia de adubação e com novos produtos ofertados no mercado com diferentes formulações, tanto para adubação diretamente no solo como para fertirrigação, além de um melhor manejo dos adubos aplicados na agricultura irrigada, levando a um menor desperdício no solo, a variável Ca + Mg perdeu grande parte de sua importância. Informações coletadas junto aos técnicos e irrigantes comprovam que, atualmente, a participação da adubação na planilha de custos gira em torno de apenas 15%.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Um grande percentual dos solos ocorrentes próximo dos manaciais no semiárido é constituído de solos com baixa fertilidade natural. Esses solos são basicamente Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média. Juntamente com a Capacidade de Água Disponível, a grande importância que se dava à variável Ca + Mg contribuiu para que esses solos fossem descartados para a aplicação da irrigação. Atualmente, devido à evolução não só dos sistemas de irrigação em que a água passou a ser fornecida junto com os fertilizantes em menores e mais frequentes doses, esse parâmetro perdeu importância relativa nos sistemas de classificação de terras para irrigação. Esta nova maneira de ponderar os parâmetros importantes na avaliação do ambiente, abre a possibilidade da incorporação de imensas áreas ao processo produtivo, via agricultura irrigada.

As informações referentes a variável Ca + Mg deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo métodos de análise de solo recomendados por Embrapa (1997).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os maiores valores para Ca + Mg na classe 1 foram superiores a $2 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para todas as culturas. Por outro lado, os menores valores foram iguais a zero na classe 5 para as camadas 0-20 e 20-60 cm para todas as culturas e na classe 4 para a camada 60-120 cm para as culturas do melão e coco. Desta forma o sistema impede que esse parâmetro defina a classificação final como classe 6 (para maior esclarecimento consulte ítem 2.3 Conceitos do SiBCTI).

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para Ca + Mg na classe 1 foram superiores a $3 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $2,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $2 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente para as camadas de 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para as culturas da cebola, melão, melancia e feijão, enquanto o menor valor foi igual a zero $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na classe 5 para as camadas 0-20 e 20-60 cm e na classe 4 para a camada de 60-120 cm para todas as culturas exceto feijão não permitindo portanto que esse parâmetro defina a classificação final na classe 6 (para maior esclarecimento consulte ítem 2.3 Conceitos do SiBCTI).

3.5 - Valor T (T)

É a quantidade total de cátions retida por unidade de peso do solo e representa o poder que o solo tem de reter em sua matriz os cátions necessários ao desenvolvimento da planta, impedindo a perda por lixiviação profunda. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, essa variável tinha grande importância uma vez que a fertilidade natural do solo tinha elevado impacto na rentabilidade final das culturas. Da mesma maneira do parâmetro anterior, essa variação perdeu grande parte de sua importância devido aos mes-

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

mos fatores anteriormente descritos. Atualmente, considerando a cultura da manga como exemplo, a partir do quarto ano, insumos como indutores florais têm uma participação muito maior na planilha de custo do que a correção da fertilidade do solo.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os maiores valores para **T** na classe 1 foram superiores a $2,2 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$, $1,7 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ e $1,5 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm respectivamente para todas as culturas. Por outro lado, o menor valor na classe 5 foi igual a $0 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para as camadas de 0-20 e 20-60 cm para todas as culturas e na classe 4 para a camada de 60-120 cm para a cultura do melão, feijão e coco, não permitindo portanto que esse parâmetro leve a classificação final para a classe 6 (para maior esclarecimento consulte ítem 2.3 Conceitos do SiBCTI).

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a $4 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para a camada de 0-20 cm para as culturas do melão, melancia e feijão, $3 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para a camada de 20-60 cm para as culturas do melão, melancia, cebola e feijão e $3 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para a camada de 60-120 cm para as culturas do melão, melancia e feijão. Por outro lado, que os menores valores na classe 6 foram inferiores a $0,1 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para todas as culturas exceto melão e cebola, e na classe 5 igual a $0 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para a camada 20-60 cm para as culturas do coco, milho e cana-de-açúcar e na classe 4 valor igual a $0 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ para a camada 60-120 cm para a cultura do feijão, não permitindo que esse parâmetro leve a classificação final para a classe 6 (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI).

3.6 - Alumínio Trocável (M)

O alumínio é o principal elemento fitotóxico natural em solos tropicais e se não for corrigido através da calagem, pode ocasionar elevadas perdas de produtividade. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, a variável Alumínio Trocável tinha grande importância uma vez que a fertilidade natural do solo tinha elevado impacto na rentabilidade das culturas. Com o avanço da tecnologia na implementação da calagem e sulfatagem, com a capacidade de aumentar o valor **T** dos solos, com o avanço nos cálculos de adubação e correções diminuindo os desperdícios. Informações coletadas junto aos técnicos e irrigantes, comprovam que atualmente, a participação da calagem na planilha de custos gira em torno de 5%, diminuindo a importância relativa dessa variável na classificação de terras para irrigação.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

As informações referentes a variável Alumínio Trocável deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e para três profundidades: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Essa variável deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para os **sistemas de irrigação localizada e aspersão**, os valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $1,8 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,6 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para a cultura do melão, enquanto os maiores na classe 6 foram superiores a $9 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 0-20 cm e $8,1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 20-60 cm e 60-120 cm para todas as culturas exceto melancia, melão e feijão.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $2,0 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,8 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para a cultura da cebola respectivamente, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a $9 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 0-20 cm e $8,1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 20-60 cm e 60-120 cm para todas as culturas exceto melancia, melão e feijão.

3.7 - pH do Solo medido em Água (H)

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução ou dispersão. No caso do solo, a faixa de pH considerada normal vai de 5,0 a 7,0. Valores fora dessa faixa podem criar desequilíbrios de nutrição ou induzir a elevação da concentração de íons tóxicos.

As mudanças do pH do solo, ocasionadas pela água, são bastante lentas. Um pH adverso pode ser corrigido mediante a aplicação de corretivos na água de irrigação, no entanto é uma prática pouco usual, pelo que se prefere a correção do pH diretamente no solo. Utiliza-se comumente o calcário para corrigir o baixo pH, enquanto para se corrigir um pH alto, são utilizados o enxofre ou outras substâncias de reação ácida. O gesso, por outro lado, tem muito pouco efeito para controlar a acidez no solo nas faixas usuais, porém é eficaz para reduzir pH maior que 8,5, causado por um alto teor de sódio trocável. A correção do pH na faixa ácida é bem mais fácil e de menor custo que a correção do pH na faixa alcalina.

A mesma justificativa para a redução da importância relativa do alumínio trocável nas metodologias de classificação de terras se aplica ao pH, quando causador da acidez nociva ou saturação por alumínio no complexo de troca. A importância atual do pH em um sistema de classificação de terras para irrigação se justifica mais como indicador dos solos com problema de alcalinidade ou excesso de sódio

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

e todas as suas consequências para a planta, principalmente toxicidade e enraizamento ou o solo, principalmente a drenagem, do que sua influência indireta na fertilidade do solo.

As informações referentes ao parâmetro pH em água deverão ser fornecidas em forma adimensional e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Essa variável deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os valores menos limitantes de pH na classe 1 foram entre 5 e 8 para as camadas de 0-20 cm e 20-60 cm respectivamente para todas as culturas e entre 4,8 e 8,2 para a camada 60-120 cm para todas as culturas exceto coco. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram maiores que 10,2 para as camadas de 0-20 cm e 20-60 cm e 10,7 para a camada 60-120 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para o pH em água na classe 1 foram entre 5 e 8 para a camada 0-20 cm e 20-60 cm e de 4,8 a 8,2 para a camada 60-120 cm para as culturas do feijão, milho, cebola, melão, melancia e cana-de-açúcar. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 10,2 para as camadas de 0-20 cm e 20-60 cm e 10,7 para a camada 60-120 cm para a cultura do coco.

3.8 - Saturação por Sódio Trocável (S)

O sódio é um elemento muito importante na agricultura irrigada, tanto pela fitotoxicidade quando presente na solução do solo, quanto pela capacidade desestruturante, ou seja, agindo como um agente desfloculador das unidades pedológicas do solo, o que confere ao solo propriedades físicas extremamente desfavoráveis à penetração da água e das raízes. A fitotoxicidade pode ser remediada tanto pela presença de “bases” fortes; cálcio e magnésio principalmente, acompanhada da lixiviação intensa também conhecida como “lavagem do perfil”; quanto pela resistência natural de cada espécie vegetal.

É uma variável de suma importância para indicar presença de solos salinosódicos ou sódicos. Esses solos têm um elevado custo de recuperação e dependendo da intensidade da sodicidade, podem ser descartados, à luz do nível tecnológico atual, para o aproveitamento com irrigação.

Segundo Ayers e Westcot (1999), pesquisas recentes têm indicado que o efeito depressivo se deve principalmente à menor participação relativa do cálcio que a elevada participação do sódio no complexo sortivo do solo. Desta forma, uma das

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

maneiras de ser contornar o problema é a aplicação de cálcio no solo, via gesso, nitrito de cálcio ou outro veículo de baixo custo.

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 são apresentadas a paisagem, espécies dominantes e o respectivo perfil de LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico solódico sálico (plíntico) A moderado textura média relevo plano, coletado na parte baixa da toposequência. No fundo da trincheira, pode-se observar água proveniente da drenagem das partes mais altas da paisagem. Essas áreas próximas da drenagem, apresentam maior tendência natural à salinização, que pode ter seu processo acelerado devido à superirrigação (aplicações de lâminas d'água acima do recomendado) nas partes mais altas da paisagem.



Figuras 9, 10, 11 e 12 - Parte baixa da toposequência apresentando a paisagem, o perfil de LUVISSOLO CRÔMICO solódico e a vegetação, destacando a palma (*Nopalea cochenillifera*) e chifre-de-sal (*salicornia spp*), planta típica de ambiente salino/sódico. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Uma das classificações da concentração de sódio mais utilizadas é a do Laboratório de Salinidade dos EUA (Tabela 1). Essa classificação é muito rígida pois trabalha apenas com valores maiores ou menores que 15.

Tabela 1 - Classificação de Solos segundo a condutividade elétrica (**E**) a percentagem de saturação por sódio trocável (**S**) e o pH (**H**).

Solos	E	S	H
Normais	< 4	< 15	< 8.5
Salinos	> 4	< 15	< 8.5
Salinos-sódicos	> 4	> 15	< 8.5
Sódicos	< 4	> 15	> 8.5

Onde **E** é a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo medida em $dS\ m^{-1}$, **S** é a percentagem de saturação por sódio em relação ao Valor **T**, equivalendo a $100Na\ T^{-1}$ e **H** é o pH.

Já na tabela 2, Pizarro (1978) enquadrou de forma mais detalhada os solos de acordo com a concentração de sódio.

Tabela 2 - Classificação dos solos segundo a percentagem de saturação por sódio trocável (**S**).

Classe	S
Não Sódicos	< 7
Ligeiramente Sódicos	7 - 10
Mediamente Sódicos	11 - 20
Fortemente Sódicos	21 - 30
Excessivamente Sódicos	> 30

S é a percentagem de saturação por sódio em relação ao Valor **T**, equivalendo a $100Na\ T^{-1}$.

Com relação às culturas componentes do Banco de Dados, trabalhos como Pearson (1960) e Abrol (1982) enquadram o feijão e o milho como sensíveis à elevada concentração de sódio na solução do solo (**S** menor que 15) e cana-de-açúcar e cebola como semitolerantes (**S** entre 15 e 40). No entanto, constatações em alguns perímetros irrigados do semiárido indicaram que cana-de-açúcar e cebola possam ser enquadradas em faixas superiores.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em percentagem por sódio trocável ($PST = 100 Na\ T^{-1}$) e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final do ambiente. Deverá ser avaliada e obtida segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para o sistema de irrigação por aspersão, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 2%, 3%, 4% e 4% respectivamente para as camadas

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

0-20 cm para a cultura do feijão, 20-60 cm para as culturas do feijão, uva e banana, 60-120 cm para as culturas da uva e banana e 120-240 cm para a cultura da uva e banana. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores 21%, 23%, 26% e 35% respectivamente para as camadas 0-20, 20-60 cm para a cultura do coco, 60-120cm para a culturas do coco e cebola e 120-240 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 3%, 3%, 4% e 4% para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm respectivamente para as culturas banana e uva. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 23%, 25%, 29% e 56% para as camadas 0-20, 20-60 cm para a cultura do coco, 60-120 cm para a cultura da cana-de-açúcar e coco e 120-240 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 2%, 3%, 4% e 6% para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do feijão. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 19%, 21%, 25% e 33% respectivamente para as camadas de 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do coco.

3.9 - Condutividade Elétrica (E)

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é uma medida indireta da salinidade do meio, estando relacionada aos constituintes iônicos totais na solução, ou seja, com a soma de cátions ou ânions determinados quimicamente e com os sólidos dissolvidos.

É uma variável de grande importância para o SiBCTI uma vez que, complementada pela saturação com sódio trocável e pH do solo, fornecerá informações sobre a natureza do solo quanto a sua salinidade ou sodicidade respectivamente, bem como das situações transicionais como costuma acontecer. As informações referentes ao impacto dessa variável nas produções agrícolas foram obtidas com os técnicos da extensão rural, dos especialistas nas culturas específicas, nas observações e correlações com as medições de campo, bem como da literatura.

Foi constatado por exemplo que, ao contrário do que assinala a literatura internacional, a manga quando comparada com outras culturas exploradas sob irrigação, apresenta uma resistência à salinidade do solo bastante razoável. Essa maior resistência comparativa pode ser devido aos porta-enxertos (AYERS; WESTCOT, 1999) utilizados no Brasil.¹

Constatações de campo como essa foram muito importantes para a estruturação de uma metodologia de classificação de terras para irrigação realmente compatível com as condições de manejo e solos brasileiros.

¹ Alberto Pinto, comunicação pessoal.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

O melhoramento genético, para que determinadas espécies vegetais de alto valor econômico possam ter maior resistência à salinidade, é uma linha de pesquisa que poderá trazer grandes benefícios. No entanto, é um perigo supor que determinada variedade “mágica” poderá conviver com qualquer nível de salinidade ou mesmo, diminuir a aplicação obrigatória da drenagem do solo bem como a utilização de práticas de irrigação que evitem a salinidade progressiva. Portanto, deve-se ter sempre em mente que nenhuma espécie, mesmo as mais adaptadas (Figuras 13 e 14) resistirá a uma salinidade crescente no solo e que os cuidados para evitá-la deve ser sempre uma atitude permanente.



Figuras 13 e 14 - *Atriplex nummularia*, planta halófita extremamente resistente à salinidade do solo e da água de irrigação. Em área experimental da Embrapa Semiárido, com $E = 12,7 \text{ dS m}^{-1}$ consequência da irrigação com rejeito de dessanilizador com condutividade elétrica (e) de $11,4 \text{ dS m}^{-1}$, ainda produz 26 t ha^{-1} de biomassa, retirando do solo $1.145 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de sal (PORTO FILHO et al., 2000).

O enquadramento das classes de terras na avaliação para irrigação foi ponderado de acordo com a maior ou menor susceptibilidade do solo salinizar com base na peculiaridade do sistema de irrigação. Desta forma, quando todos os parâmetros foram semelhantes, o sistema de irrigação por superfície foi prejudicado por ter maior susceptibilidade intrínseca à salinização, uma vez que a salinidade média da água no solo, em determinado intervalo de tempo é maior em solos que são irrigados com menor frequência, quando se mantém outros fatores constantes (RHOADES; MERRILL, 1976).

As figuras a seguir apresentam uma toposequência em uma paisagem com Argissolo abrúptico no Perímetro Nilo Coelho, mostrando a goiaba da parte alta (Figuras 15 e 16) sem problema de salinidade com produtividade em torno de 40 t ha^{-1} e da parte baixa, com clara indicação de salinidade no solo (Figuras 17 e 18) através da necrose marginal, apresentando produtividade em torno de 19 t ha^{-1} . Foram instalados vários poços de observação do lençol freático (Figuras 19 e 20) com leituras diretas no campo e posterior confrontação com leituras em laboratório, onde os dados se mostraram similares (EMBRAPA, 2004a).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Figuras 15 e 16 - Goiaba da parte alta da topossequência sem problemas de salinidade no solo, $E = 0,4 \text{ dS m}^{-1}$ com o respectivo poço de observação, indicando condutividade elétrica $= 0,3 \text{ dS m}^{-1}$.



Figuras 17 e 18 - Goiaba da parte baixa da topossequência com problemas de salinidade no solo, apresentando $E = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, evidenciando a necrose marginal das folhas.



Figuras 19 e 20 - Poço de observação do lençol freático posicionado na parte baixa da topossequência, indicando condutividade elétrica $= 4,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Landon (1984) agrupou as culturas em termos de resistência à salinização do extrato de saturação do solo. Apesar de ter contribuído para um melhor entendimento do comportamento das espécies em relação a esse importante parâmetro da agricultura irrigada, o trabalho foi parcialmente prejudicado por não apresentar as resistências específicas de cada espécie vegetal (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito na planta a diferentes níveis de condutividade elétrica no extrato de saturação do solo (E).

E a 25° C (dS/m)	Resposta das plantas
0,0 a 2,0	Os efeitos da salinidade são geralmente negligenciáveis
2,0 a 4,0	A produtividade de culturas muito sensíveis à salinidade pode ser reduzida
4,0 a 8,0	A produtividade de culturas sensíveis à salinidade é reduzida
8,0 a 16,0	Somente culturas tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente
>16,0	Somente poucas culturas muito tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente

Segundo informações de alguns extensionistas atuantes no Perímetro Nilo Coelho, dentre as culturas comumente exploradas nesta área, a ordem de resistência à salinidade, em $dS\ m^{-1}$, a partir da qual haveria impacto na produtividade seria a seguinte:

COCO >	MANGA >	GOIABA >	ACEROLA >	BANANA >	UVA
> 4,0	até 4,0	3-3,5	2,0-2,5	1,5-2,0	1,0-1,5

As informações relacionadas à variável Condutividade Elétrica deverão ser fornecidas em $dS\ m^{-1}$ e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), ou seja, a medição direta no extrato de saturação. É uma medida difícil pois embute um grau de subjetivismo, quando da obtenção do momento do “espelhamento” da amostra. Cogita-se em nova versão do SIBCTI, substituir todas as determinações feitas no extrato da pasta de saturação pela determinação direta da solução do solo obtida por centrifugação ou mesmo, leitura direta no campo por sensor.

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 1; 1,1; 1,3 e 1,6 $dS\ m^{-1}$ respectivamente para as camadas 0-20 cm para as culturas da uva e feijão, 20-60 e 60-120 cm para a cultura do feijão e 120-240 cm para as culturas do feijão e milho. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 9; 10; 11,5 e 13 $dS\ m^{-1}$ para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm respectivamente para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 1,1; 1,5; 1,7 e 2,0 $dS\ m^{-1}$ respectivamente para as camadas 0-20 cm para as culturas do melão e melancia, 20-60 cm para as culturas

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

da uva, melancia, cana-de-açúcar, feijão e banana, 60-120 cm para a cultura da cana-de-açúcar, milho e feijão e 120-240 cm para as culturas da uva e banana. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 9; 10; 11,5 e 13 dS m⁻¹ respectivamente para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,8; 0,9; 1 e 1 dS m⁻¹ respectivamente para as camadas de 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do feijão. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 5,3; 5,9; 6,5 e 7,5 dS m⁻¹ respectivamente para as camadas de 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do coco.

3.10 - Condutividade Hidráulica (K)

A condutividade hidráulica pode ser definida como o volume de água que atravessa por unidade de tempo uma determinada área do solo impulsionada por uma diferença de potencial. Isso permite concluir que a condutividade é um coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido, a água, é transportada através do meio poroso, o solo, e que depende portanto, tanto das propriedades do solo como das propriedades da água (REICHARDT, 1987).

Dentre as propriedades do solo, pode-se destacar a distribuição de tamanho e forma de suas partículas, a tortuosidade, a superfície específica, a porosidade, ou seja, todas as propriedades que têm reflexo na geometria porosa do solo.

Essa habilidade em transmitir água constitui uma das mais importantes propriedades hidráulicas dos solos e sua estimativa é de fundamental importância em estudos de degradação ambiental, de planejamento de uso do solo, de investigação de processos erosivos e geotécnicos, de irrigação e drenagem, entre outros.

Em termos práticos, pode-se classificar a condutividade hidráulica em muito lenta (menor que 0,4 cm h⁻¹), lenta (entre 0,4 e 2 cm h⁻¹), moderada (entre 2 e 8 cm h⁻¹), rápida (entre 8 e 12 cm h⁻¹) e muito rápida (maior que 12 cm h⁻¹).

No SiBCTI o limite da classe muito lenta foi considerada, na maioria dos casos, como definidora da classe 4 a 6, dependendo da cultura, do sistema de irrigação escolhido e da camada considerada; uma vez que dados colhidos no campo indicaram que nas condições naturais, uma grande concentração de solos que apresentavam valores de condutividade nesta faixa, salinizaram quando irrigados, mesmo que drenados artificialmente.

A variável Condutividade Hidráulica se reveste de capital importância uma vez que está relacionada com a susceptibilidade dos solos à salinização, ou seja, quanto

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

menor a condutividade e consequentemente pior a drenabilidade, maior a chance do processo de salinização do solo se manifestar com o tempo. As delimitações não só qualitativas mas também em termos de limites das classes de condutividade hidráulica foram fartamente obtidas nas contínuas investigações de campo ao longo das averiguações desse parâmetro. A questão da salinização sempre foi uma preocupação constante dos técnicos que atuam na irrigação e drenagem dos solos agrícolas da região semiárida.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em cm h^{-1} e para três camadas: 0-60, 60-120, e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra.

Deverá ser avaliada e obtida no campo através do Método do Furo do Trado em Presença de Lençol Freático e na ausência desse, através do método de Porchet (BATISTA et al., 1999); próximo do local do perfil de solo selecionado, com repetição e, quando a camada de solo permitir, precedida do teste de infiltração com duplo anel (BERNARDO, 1986).

Normalmente os valores obtidos pelo método Winger são, em média, de 25% a 47% mais baixos que os obtidos pelo método do furo do trado em presença de lençol, excetuando aqueles de elevadíssima permeabilidade. Quando os valores são muito baixos, um percentual disto é praticamente desprezível.

Testes de condutividade hidráulica feitos pelo método Porchet nos Projetos Icó Mandantes e Senador Nilo Coelho, em condições de saturação e em solos de textura leve, basicamente arenoso e franco arenoso, resultaram em valores semelhantes aqueles obtidos pelo teste do furo do trado em presença de lençol, ao se trabalhar com valores de "h" ou altura da lâmina d'água superior a 10 vezes o raio do furo do trado.²

As Figuras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 apresentam uma sequência de imagens ilustrando um teste de condutividade hidráulica na ausência de lençol freático. É uma área no Perímetro Cruz das Almas (Estado da Bahia) enquadrada anteriormente como classe 6, mas que ainda apresenta produções razoáveis com a cultura da cebola. Esta área se encontra em processo de salinização, dentre outros motivos pela posição na parte baixa da paisagem e uma drenagem natural pouco eficiente na retirada dos sais recebidos por fluxo lateral. A cebola está começando a apresentar sintomas fisiológicos devidos aos níveis crescentes de sais no solo. No entanto, por ser uma cultura relativamente resistente à salinidade, ainda consegue atingir níveis de produtividade razoáveis, da ordem de 20 t ha^{-1} , enquanto que, a título comparativo, a produtividade no mesmo ambiente sem o impacto da salinidade está na faixa de 37 a 42 t ha^{-1} .

O teste de condutividade tem início com a abertura do furo com trado. Após a escarificação das bordas do furo, passa-se à introdução da bóia sucedida pela saturação do solo com água de boa qualidade. O furo feito pelo trado permite a visua-

² Manuel Batista, comunicação pessoal.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

lização da água que está a 40 cm. O K apresentou valores próximos a $1,42 \text{ cm h}^{-1}$ na camada 37-85 cm. Uma barreira para a penetração do trado constituída basicamente por cascalhos foi encontrada a partir de 85 cm, que normalmente nessa área tem acusado valores de $0,5 \text{ cm h}^{-1}$. Esse solo, segundo técnicos atuantes na área, é o de menor condutividade hidráulica na região. No SiBCTI, ele não seria excluído apenas por esse parâmetro.

Para o sistema de irrigação por aspersão, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre $1,3$ e 20 cm h^{-1} para a camada 0-20 e entre 1 e 20 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm para a cultura do coco, e entre 0 e 20 cm h^{-1} para a



Figuras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 - Obtenção da condutividade hidráulica (K) através do Teste do Furo do Trado.
(Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

camada 60-120 cm para a cultura da melancia. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a $0,3 \text{ cm h}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para as culturas do milho, melão, cebola, feijão, cana-de-açúcar e banana, igual a zero na classe 4 para a camada 20-60 cm para as culturas melancia, melão, feijão e cebola, e igual a zero para a camada 60-120 cm para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre $1,3$ e 20 cm h^{-1} para a camada 0-20 cm, entre 1 e 20 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm e entre 0 e 20 cm h^{-1} para a camada 60-120 cm para a cultura da melancia. Por outro lado, os valores mais limitantes foram inferiores a $0,2 \text{ cm h}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para a cultura da uva, na classe 4 e igual a zero para a camada 20-60 cm para as culturas cana, cebola, feijão, milho, melancia e melão e igual a zero para a camada 60-120 cm para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre 1 e 7 cm h^{-1} para a camada 0-20 cm e entre $0,8$ e 7 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm para a cultura da cana-de-açúcar e entre 0 e 7 cm h^{-1} para a camada 60-120 cm para as culturas do melão, melancia, cebola e feijão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram maiores que 18 cm h^{-1} para as camadas 0-20, 20-60 e 60-120 cm para todas as culturas ou menor que $0,2 \text{ cm h}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para a cultura da banana e igual a 0 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm para as culturas cana-de-açúcar, cebola, melão, melancia, milho e feijão e para a camada 60-120 cm para todas as culturas respectivamente.

3.11 - Velocidade de Infiltração Básica (I)

É uma determinação complementar à condutividade hidráulica (permeabilidade), consistindo na aferição da velocidade de entrada da água no solo. Os resultados são fundamentais para a escolha do método de irrigação a ser empregado, bem como, no caso da irrigação por superfície, permitir o cálculo do comprimento e espaçamento entre os sulcos de irrigação, cálculo da lâmina de água, bem como subsidiar estudos de drenagem. Na irrigação por aspersão, a velocidade de infiltração básica determina a precipitação do sistema, que deve ser menor que a mesma.

Um grande percentual dos solos ocorrentes no nordeste como Argissolos abrúpticos pláticos ou fragipânicos, Luvissolos crônicos, Cambissolos vérticos, entre outros, apresentam ou pequena profundidade efetiva para a rocha subjacente ou horizontes subsuperficiais de elevada densidade (cimentados), constituindo verdadeiras barreiras físicas próximo da superfície do solo. Estas barreiras restringem não apenas o crescimento das raízes mas também o movimento vertical total (duripá) ou parcial (fragipâ) da água, limitando a drenagem profunda e se constituindo em uma das causas básicas do grave processo de salinização desses solos.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

O incremento da concentração dos sais na solução do solo pode ainda interferir no movimento da água, seja facilitando através da alta salinidade, seja dificultando devido à baixa salinidade ou elevada concentração de sódio em relação a cálcio e magnésio.

Além do impacto referente ao acúmulo de sais, a drenagem lenta tem um efeito direto sobre a produtividade devido à condição anaeróbica no ambiente radicular. Cada vegetal tem sua adaptabilidade à falta de oxigênio. Considerando o milho, por exemplo, espera-se uma queda de produção correspondente a 30% para três dias de encharcamento do solo, 55% em seis dias e 75% em nove dias (CRUCIANI, 1985). Desta forma, considerando uma profundidade útil do solo de 50 cm, para um período de três dias de anaerobiose a condutividade do solo (K) seria igual a $0,69 \text{ cm h}^{-1}$. Ou, de outra forma, considerando a velocidade mínima comumente aceita como enquadramento em classe drenável que é de $0,24 \text{ cm h}^{-1}$, em três dias a profundidade drenada corresponderia a 17 cm, sem se considerar o efeito da franja capilar.

A obtenção dos dados deverá ser feita através do método de duplo anel concêntrico com lâmina de água constante (BERNARDO, 1986), conforme exemplificado nas Figuras 27, 28, 29, 30 e 31.



Figuras 27 e 28 -
Vista dos anéis de
infiltração sendo
abastecidos.
(Perímetro
Formoso A – Bom
Jesus da Lapa/BA).



Figura 29 - Detalhe da régua
de leitura. (Perímetro Formoso
A – Bom Jesus da Lapa/BA).



Figuras 30 e 31 - Teste de infiltração na camada que apresenta
barreira física. Percebe-se que as raízes grossas não penetram
nessa camada. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Recomenda-se a realização dos testes em locais próximos aos perfis coletados quando do levantamento de solo, com três repetições simultâneas, tendo-se o cuidado de evitar áreas com rachaduras no solo (Figura 32), pedras, formigueiros, cupinzeiros e raízes grossas em decomposição. Os testes que devido a interferências, como as citadas, apresentem resultados díspares em valores superiores a 30% devem ser descartados.



Figura 32 - Detalhe em perspectiva das rachaduras no solo seco. Quando há essa ocorrência, o teste tem que ser repetido em outro local que não apresente caminhos preferenciais para o movimento da água. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).

Para o sistema de irrigação por aspersão, os valores menos limitantes para a Velocidade de Infiltração Básica na classe 1 foram entre 1,2 e 20 cm h⁻¹ para as culturas da cebola e do melão.

Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a 0,3 cm h⁻¹ para as culturas da banana, milho, cebola, feijão, cana-de-açúcar e melão.

Para o sistema de irrigação localizada, os valores menos limites para esse parâmetro na classe 1 foram entre 1,0 e 15 cm h⁻¹ para a cultura do melão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a 0 cm h⁻¹ para todas as culturas.

Para o sistema de irrigação por superfície, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre 1,3 e 5 cm h⁻¹ para as culturas do melão e cebola. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a 0,3 ou maiores que 15 cm h⁻¹ para as culturas da banana, cebola, melão, milho, feijão e cana-de-açúcar.

3.12 - Profundidade da Zona de Redução (W)

É uma variável que tem como um de seus principais indutores a variação da altura do lençol freático. Este pode ser definido como a superfície superior de uma zona de saturação, onde a massa de água subterrânea não é confinada por uma formação impermeável sobrejacente. Quanto mais próxima da superfície do solo, mais prejudicial é para a maioria das plantas cultivadas. A ascensão do lençol freático está intimamente ligada à geometria dos poros do solo (tamanho e arranjo), o que conduz ao fenômeno da capilaridade na matriz do solo. Em poros com 1 mm de diâmetro, a altura da ascensão da franja capilar pode chegar a 3 cm. Para 0,1 mm de diâmetro a altura pode chegar a 30 cm e para 0,01 mm de diâmetro pode chegar a 300 cm (SOUZA PINTO, 2000).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Segundo Ayers e Westcot (1999), muitos dos problemas de salinidade estão associados à presença de nível freático a pouca profundidade, correspondendo aos primeiros dois metros da superfície. Os sais acumulados no lençol freático, ascendem acima da zona radicular e constituem fonte adicional de sais, razão porque o controle do nível freático é prática essencial para controlar a salinidade e se manter com êxito a agricultura irrigada.

A profundidade da zona indicadora de ambiente redutor (anaerobiose) tem tanta importância quanto a Velocidade de Infiltração Básica, mas no entanto não são similares, uma vez que determinado tipo de solo pode ter boa porosidade, mas apresentar lençol freático elevado e consequentemente, elevado risco de salinização. Um exemplo dessa situação pode acontecer em decorrência da posição do solo na paisagem, como uma depressão ou mesmo no terço inferior de encosta, ou em consequência da presença de uma barreira em subsuperfície. Uma outra possibilidade é a elevação do lençol em consequência da superirrigação, fato que infelizmente tem sido registrado com certa frequência em muitos lotes dos perímetros irrigados. Neste caso, é uma condição não natural, consequência de um manejo incorreto da irrigação e portanto, de mais fácil solução.

A constatação da variação do lençol freático ou do excesso de água no perfil pode ser percebida, em condições naturais, pela presença de cores de redução, associadas ou não a mosqueados comuns ou abundantes e distintos ou proeminentes ou mesmo plintita (LEMOS; SANTOS, 1996). Essa formação é consequência da variação do lençol freático ou mesmo uma condição de constante saturação por conta de irrigações praticamente ininterruptas devido ao turno de rega mal calculado ou não obedecido. É mais frequente em solos argilosos que apresentem condição de ascensão capilar ou má drenagem natural. A presença na vegetação natural de espécies como jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), carqueja (*Calliandra depauperata*), canela de ema, miroró (*Bauhinia spp.*) indica normalmente ambiente de má drenagem³ (Figuras 33 e 34).



Figuras 33 e 34 - Detalhes da vegetação natural destacando a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e a carqueja (*Calliandra depauperata*).

Essa foi uma condição frequentemente observada nos lotes visitados, devido principalmente ao manejo incorreto da irrigação.

³ Manuel Batista, comunicação pessoal.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Para o monitoramento do lençol freático ao longo do ano, um bom procedimento é a instalação de vários poços de observação. Esta estrutura facilita ainda a coleta para posterior análise em laboratório de importantes parâmetros como pH, Relação de Adsorção de Sódio, Condutividade Elétrica e a presença e proporção dos cátions na solução.

A ocorrência dos indicadores da zona de redução deverá ser fornecida em centímetros para que o sistema gere a classificação final da terra avaliada.

Para os **sistemas de irrigação localizada e aspersão**, os maiores valores para a Profundidade da Zona de Redução na classe 1 foram superiores a 110 cm para as culturas da acerola, manga, goiaba e coco. Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 30 cm para as culturas do feijão, melancia, melão e cebola.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 2 foram superiores a 110 cm para as culturas da banana, acerola, goiaba, manga, uva e coco (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 40 cm para as culturas da melancia, melão, feijão, milho, cana-de-açúcar e cebola.

3.13 - Mineralogia da Argila (A)

As argilas de atividade alta, também conhecidas como do tipo 2:1, têm grande importância no manejo dos solos, principalmente em relação a drenagem interna, mecanização, retenção de água e capacidade de retenção de cátions ou ânions.

É uma variável importante porque fornece informações para a aferição do comportamento principalmente físico do solo e consequentemente, expectativas quanto a condutividade hidráulica, drenagem, adaptação a diferentes tipos de sistemas de irrigação e respostas potenciais das culturas vegetais.

Variável percebida em alguns perímetros de irrigação basicamente pela observação dos mapas de solos e na falta desses pela análise do tipo de material originário dos solos ou mesmo, pela observação da morfologia do solo como a presença de *slickensides*, rachaduras entre outras evidências, em trincheiras ou mesmo barrancos.

A presença de argila com mineralogia do tipo 2:1 não implica necessariamente na exclusão da área para a irrigação. Pelo contrário, há inúmeras experiências bem sucedidas de exploração desses solos com irrigação. A aceitação de solos com argilas expansivas vai depender de outras características como profundidade, presença de pedras na superfície e na massa do solo, presença de camadas endosódicas, ocorrência em área abaciada, entre outras. Mesmo que irrigáveis, o manejo desses solos no entanto precisa de especial atenção, principalmente no tocante à manutenção de teor de água no solo. Esse teor não pode ser alto, pois o solo, se encharcado, não aceita mecanização, e, se seco, demora a permitir a infiltração da água no solo.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Os Vertissolos têm grande representatividade no ambiente semiárido. Por suas características intrínsecas, destacadamente a presença de argilas expansivas, necessitam de um manejo todo especial. Por serem essencialmente argilosos, esses solos ainda apresentam produtividades razoáveis com irrigação superficial, exemplificada pela irrigação por sulcos. No entanto, as experiências utilizando fruticultura perene (coco, manga, uva, goiaba, entre outras) nos Vertissolos típicos do Projeto Mandacaru, apresentaram diversos problemas. As culturas que ainda permitem produtividades econômicas são as anuais (Figuras 35 e 36), ou mesmo aquelas que perenes, tenham sistema radicular adaptado a esse tipo de solo, como por exemplo a pimenta (Figuras 37 e 38).



Figuras 35 e 36 - Detalhes da adução de água para os sulcos em Vertissolo cultivado com pimentão. (Projeto Mandacaru – Juazeiro/BA).



Figuras 37 e 38 - Pimenta apresentando boa produtividade irrigada por sulco. (Projeto Mandacaru – Juazeiro/BA).

Os lotes irrigados nos perímetros nordestinos, de modo geral, não apresentam drenagem subterrânea. O tipo mais comum de drenagem artificial é um grande canal lateral para escoamento de todo o lote. Naqueles em que houve início de salinização, foi contornado com drenagem subterrânea associada a aplicação de gesso, complementando com farta aplicação de água (lavagem do perfil).

Contrapondo-se ao Vertissolo profundo mostrado anteriormente, observa-se um solo também de argila 2:1, só que extremamente raso. Trata-se de um Luvissolo ou

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Bruno Não-Cálcico A fraco textura média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado, com classificação BUREC simplificada **6st** (Figuras 39 e 40). Os Luvissolos apresentam grande extensão no Perímetro Califórnia e mostram-se com extremas limitações. São solos rasos, pedregosos, argila de atividade alta, alta erodibilidade e baixa drenabilidade natural.

Em determinados locais desse perímetro de irrigação, a produtividade da cultura é muito baixa devido à pequena profundidade efetiva do solo, em torno de 20 cm, elevada pedregosidade e baixa condutividade hidráulica (Figuras 39 e 40).



Figuras 39 e 40 - Produção de quiabo em Luvissolo raso, já apresentando erosão. Tradagem de 20 cm mostrando rocha fragmentada. (Projeto Califórnia – Canindé do São Francisco/SE).

No entanto, quando o mesmo solo descrito anteriormente apresenta maior profundidade, esse pode ser irrigado com risco bem menor. Isto se deve ao fato dos Luvissolos ocorrentes nesta região terem uma drenagem interna bem melhor do que outros Luvissolos típicos ocorrentes em outras regiões, não obstante a constatação de algumas áreas salinizadas (GOMES et al., 2003). Isto prova duas coisas: em primeiro lugar que não se pode estruturar uma classificação de terras para irrigação com base apenas numa base de dados assentada tão somente sobre a classificação dos solos e a outra é a confirmação da importância dos testes hidropedológicos (taxas de infiltração e permeabilidade) para uma melhor caracterização das terras para irrigação. A Figura 41 apresenta o plantio de quiabo na porção mais profunda do mesmo solo.

A Mineralogia da Argila será obtida conforme Embra-
pa (1999).



Figura 41 - Plantio de quiabo em Luvissolo com profundidade de 40 cm e boa produtividade (Projeto Califórnia – Canindé do São Francisco/SE).

3.14 - Espaçamento entre Drenos (D)

Essa variável está diretamente relacionada à necessidade de implementação de obras de drenagem subterrânea e consequentemente de sua economicidade. Quanto menor a condutividade hidráulica de um solo, menor o espaçamento exigido entre drenos. Isso pode encarecer o projeto de irrigação a tal ponto, tornando-o inviável economicamente. Em muitos casos, para se evitar que a franja capilar atinja grande parte do sistema radicular das plantas que serão exploradas sob irrigação, prejudicando a produtividade, aprofunda-se o dreno de tal maneira que em muitos pontos ele fica implantado dentro da própria barreira (Figuras 42, 43 e 44), uma vez que a variação de sua profundidade no solo não é uniforme. Isso traz consequências para a eficiência da drenagem como um todo (EMBRAPA, 2004b).



Figuras 42 e 43 - Detalhes de drenos entupidos instalados na camada barreira, mostrando a consequente elevação do lençol freático. Projeto Brígida – Santa Maria da Boa Vista/PE.

O cálculo do espaçamento entre drenos pode ser obtido por tabelas previamente preparadas ou pela fórmula de Hooghoudt (BATISTA et al., 1999). Normalmente, trabalha-se com o valor limite de 20 metros para esse parâmetro. No entanto, diversos técnicos atuantes na área de projetos de drenagem já estavam constatando a pertinência de usar o valor de 15 metros, já que os custos de drenagem vêm caindo ao longo do tempo e o aumento da produtividade das



Figura 44 - Mais um detalhe do dreno na camada barreira (Projeto Brígida – Santa Maria da Boa Vista/PE).

Dreno entubado

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

culturas exploradas com irrigação vêm aumentando e consequentemente, melhorando a rentabilidade. Desta forma, para a formulação do SiBCTI, adotou-se o valor de 15 metros como limite para o espaçamento entre drenos.

O espaçamento entre drenos deve ser informado em metros.

A situação menos limitante foi aquela correspondente à classe 1 em que o solo possuia boa drenagem natural não requerendo portanto a drenagem artificial. Por outro lado, a situação mais limitante é aquela que correspondeu à classe 6, na qual o espaçamento entre drenos foi inferior a 15 metros, para todos os sistemas de irrigação.

3.15 - Declividade (G)

A declividade ou gradiente do terreno pode afetar os sistemas de irrigação de diferentes formas, sendo sua importância maior no sistema de irrigação de superfície, podendo afetar tanto a distribuição da lâmina d'água aplicada, quanto causar erosão, dependendo da textura do solo.

É uma variável que impacta os custos de instalação dos diferentes sistemas de irrigação, principalmente o sistema por superfície, na modalidade gravidade ou sulco, a ponto de inviabilizá-lo dependendo da declividade considerada; pois maiores declividades significam menores comprimentos dos sulcos ou demasiada potência instalada nos propulsores de água, ocasionando elevado custo energético no projeto durante toda a vida útil.

A unidade requerida pelo sistema é a declividade expressa em percentagem.

Para os sistemas de irrigação por aspersão e localizada, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1, foram entre 0 e 8% e 0 e 10% para todas as culturas respectivamente. Por outro lado, os valores mais limitantes, na classe 6 foram maiores que 35% e 50% respectivamente para todas as culturas.

Para o sistema de irrigação por superfície, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre 0 e 3% para as culturas do feijão, cebola, milho e cana-de-açúcar. Já para as frutíferas perenes, a faixa variou entre 3% e 8% (classe 2) (Esses valores foram destinados apenas a projetos de gravidade por nivelamento, nunca na pendente). Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram maiores que 25% para todas as culturas.

3.16 - Pedregosidade (P)

A pedregosidade diminui o volume útil explorável pelas raízes e pode aumentar os custos de desenvolvimento do projeto de irrigação, pela necessidade de retirada das pedras, dependendo da intensidade. A pedregosidade também afeta a uniformidade da lâmina d'água aplicada.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

É uma variável que normalmente pode ser contornada, dependendo do grau de intensidade. Afeta de forma diferenciada as culturas, particularmente aquelas que necessitam de preparo de solo frequente (culturas anuais). A pedregosidade é frequentemente encontrada nos solos geralmente pouco intemperizados ou erodidos, como por exemplo os Luvissolos crônicos do semiárido. Os custos para contornar esse problema já estão inclusos no sistema.

Em diversas regiões semiáridas irrigadas no mundo, por exemplo Portugal, Espanha, França, EUA, Israel, Jordânia, Egito, Austrália, Argentina, entre outras; é muito comum a instalação de sistemas localizados (gotejamento, microaspersão, jato pulsante) para fruteiras. A retirada do local ou ordenamento das pedras (matacões) se justifica principalmente em culturas de maiores retornos econômicos. Na região do Agropolo Mossoró-Açú, Estado do Rio Grande do Norte, essa é uma prática comum, até em culturas anuais, como é o caso do melão.

As informações referentes à variável Pedregosidade devem estar de acordo com (LEMOS; SANTOS, 1996).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não apresentou pedregosidade, considerando todas as culturas, exceto o coco que aceita a condição ligeiramente pedregoso ainda na classe 1. Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era extremamente pedregoso para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não era possuía pedregosidade (classe 1), considerando todas as culturas, exceto para as frutíferas (ver item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era extremamente pedregoso considerando-se todas as culturas.

3.17 - Rochosidade (R)

A rochosidade diminui o volume útil explorável pelas raízes e interfere no uso de implementos agrícolas, afetando sobremaneira a irrigação de superfície, na medida em que dificulta a uniformização da lámina d'água aplicada.

É uma variável não contornável e, dependendo do grau de intensidade, pode inviabilizar as culturas anuais bem como aquelas exploráveis sob irrigação por sulcos. As informações referentes à variável Rochosidade devem estar de acordo com Lemos e Santos (1996).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não apresentou rochosidade, considerando todas as culturas exceto coco que aceitou a condição ligeiramente rochoso para a classe 1. Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era extremamente rochoso considerando-se todas as culturas.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Para os sistemas de irrigação por superfície, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não apresentou rochosidade para todas as culturas. Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era rochoso considerando-se todas as culturas.

3.18 - Posição na Paisagem (B)

Terras relacionadas com áreas abaciadas, depressões (Figuras 45 e 46), onde não existe possibilidade de drenagem natural que permita a retirada do excesso de sais carreando para rios ou lagos posicionados em cota inferior, foram enquadradas na classe 6, independentemente dos valores dos outros parâmetros. Esse procedimento se justifica uma vez que tais áreas têm um elevado risco de salinização, caso venham a ser incorporadas ao processo produtivo mediante uso da irrigação.



Figuras 45 e 46 - Detalhes de duas áreas abaciadas (depressões) onde a irrigação, se praticada, apresenta elevado risco de salinização (municípios de Casa Nova e Juazeiro – Estado da Bahia).

Referências Bibliográficas

- ABROL, I. P. Technology of chemical, physical and biological amelioration of deteriorated soils. In: PANEL OF EXPERTS MEETING ON AMELIORATION AND DEVELOPMENT OF DETERIORATED SOILS, 1982, Cairo. **Proceedings...** Cairo: Agricultural Affairs and Fish Resources, 1982.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.
- BATISTA, M. de J.; NOVAES, F. de; SANTOS, D. G. dos; SUGUINO, H. H. **Drenagem de solos no combate a desertificação.** Brasilia, DF: MMA- SRH, 1999. 203 p. (Série Informes Técnicos).
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** Viçosa: UFV, 1986. 596 p.
- CAVALCANTI, A. C. **Melhoramento de Solos arenosos por adição de material argilo-mineral de alta atividade. Fertilidade, movimento e retenção de água – UNESP,** 1994. 106 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CRUCIANI, D. E. Caracterização agronômica do coeficiente de drenagem para elaboração de projetos com cultura de milho (*Zea mays*, L.). **Ítem – irrigação e tecnologia moderna,** Brasília, DF, n. 22, p. 28, 1985.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Avaliação das alterações físico-químicas de argissolos sob irrigação do Projeto Senador Nilo Coelho.** 2004a. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Estudo da drenabilidade de solos pouco profundos nos Projetos Brígida e Caraíbas e avaliação da potencialidade agrícola dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS explorados sob irrigação no Projeto Apolônio Salles.** 2004b. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Servico Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia.** Recife, 1977-1979. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52; SUDENE-DRN. Serie Recursos de Solos, 10).
- GOMES, C. C. S. ; AGUIAR NETO, A. O. ; CAMPECHE, L. F. S. M. ; BLANCO, F. F. . Salinização do solo no perímetro irrigado Califórnia, SE: propriedades físicas e químicas do solo.. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2003, Juazeiro. **Anais..** Juazeiro: ABID, 2003.