

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Sérgio Oliveira Pinto de Queiroz¹; Roberto Testezlaf²; Edson Eiji Matsura²

¹*Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, sopqueiroz@gmail.com.*

²*Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP*

1 RESUMO

Em condições de ambiente protegido a irrigação é essencial e a fertirrigação um agente facilitador do manejo da água e fertilização do solo; todavia, o uso contínuo e nem sempre adequado pode elevar a salinidade do solo, comprometendo o processo produtivo. Este trabalho objetivou avaliar uma metodologia para caracterizar a ocorrência de salinização em cultivos protegidos, usando diferentes métodos para determinação da condutividade elétrica do solo. Em laboratório foram avaliados os equipamentos Sensor Sigma Probe EC1, da Delta-T e extratores de solução do solo à vácuo. Os equipamentos foram utilizados em três solos com diferentes texturas e sob cinco níveis de salinidade: 0, 2, 4, 8 e 12 dS. m⁻¹ a 25° C. Os resultados obtidos pelos métodos avaliados foram comparados ao método do extrato de saturação. O equipamento Sigma Probe EC1, por apresentar melhor correlação com o método de referência na fase laboratorial, foi utilizado nas visitas as propriedades, sob produção em ambiente protegido, na macrorregião de Campinas, revelou ser mais eficiente. A aplicação do questionário associada às leituras de condutividade elétrica do solo com o sensor Sigma Probe permitiu diagnosticar a deficiência no manejo da água e condutividade elétrica nas propriedades avaliadas. Os valores obtidos de condutividade elétrica no extrato de saturação do solo para as propriedades visitadas, não caracterizam solos salinos, mas podem afetar a produção de flores e outras plantas sensíveis à salinidade.

UNITERMOS: manejo da irrigação; fertirrigação.

QUEIROZ, S. O. P. de.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. METHODOLOGY FOR SOIL SALINITY EVALUATION IN GREENHOUSE

2 ABSTRACT

Under controlled environmental conditions, irrigation is essential and the use of fertigation becomes a facilitator agent for water and fertilization management. However, the intensive use of fertigation in this type of productive process can increase soil salinity, and affect productive process. This work objective was to evaluate a methodology in order to characterize the salinization process occurrence of in greenhouse farms using different methods to determine soil electric conductivity. Sigma Probe EC1, manufactured by Delta-T and vacuum solution manufactured extractors were evaluated under laboratory conditions. The equipment was used in three different soil textures, under five salinity levels: 0, 2, 4, 8 and 12 dS. m⁻¹ at 25° C. The obtained results of electric conductivity were compared to the saturation extract method. The Sigma Probe EC1 equipment was used in farm visits, with

controlled environmental production in Campinas macro region. Among the used equipment in the laboratorial part, the sigma Probe EC1 presented the best results for soil electrical conductivity determination, when compared to saturation extract, in saline and non saline soils. Using the questionnaire for electric conductivity determinations using Sigma Probe sensor it was possible to verify the deficiency in the soil moisture and electrical conductivity management. The obtained results for electric conductivity using the saturation extract methods do not characterize saline soils on the visited farms, but they showed that the salinity levels in the soil could affect flower production and other crops sensitive to salinity.

KEYWORDS: irrigation management, fertigation.

3 INTRODUÇÃO

A utilização de tecnologias avançadas na agricultura irrigada incrementa e racionaliza a produção das culturas agrícolas e, dentre as novas tecnologias, a prática da agricultura em ambientes protegidos tem se destacado pela aceitabilidade e difusão entre os agricultores; tendo como principais vantagens a garantia da colheita, a obtenção de produtos de qualidade superior e a adequação de pequenas áreas ao processo produtivo

No sistema de cultivo em ambiente protegido, o impedimento à entrada de água da chuva no interior das instalações e, por isto, a irrigação torna-se imprescindível. Neste contexto, pela aplicação simultânea da irrigação e adubação com elevada eficiência de aplicação, a fertirrigação é utilizada frequentemente. Todavia, o seu uso contínuo no processo produtivo, pode elevar o risco de salinização dos solos, especialmente pela aplicação indiscriminada de fertilizantes.

No interior de ambientes protegidos, a evapotranspiração é, em média, mais baixa que a verificada externamente, devido à redução da radiação solar e da ação dos ventos. Sob tais condições o déficit de vapor d'água é menor, afetando o crescimento e a produção indiretamente, através da influência na temperatura foliar, condutância estomatal e, especialmente, redução na área foliar, uma vez que a transpiração é também responsável pelo transporte de nutrientes para as folhas e outros órgãos, através da seiva do xilema. As altas concentrações de fertilizantes na água de irrigação, associada às taxas de transpiração, elevam os níveis de sais no meio radicular e promovem desequilíbrio na absorção de água e soluto pelas plantas (Van Ieperin, 1996).

O manejo pouco eficiente dos fatores de produção, aliado ao desconhecimento da fisiologia dos vegetais em ambientes protegidos, pode resultar em acúmulo de sais no solo ou, ainda, nas fontes de abastecimento de água. A ocorrência desse fenômeno tende a agravar-se, podendo afetar a produção das culturas ao longo do tempo, por adicionar os efeitos deletérios do baixo potencial osmótico e efeito específico de íons ao ambiente de crescimento das culturas, resultando em comprometimento qualitativo e quantitativo da produção das culturas. Assim, o monitoramento da condutividade elétrica do solo neste sistema de produção passa a ser essencial, permitindo adequações que evitem a ocorrência de processos de salinização do solo e perdas na quantidade e qualidade da produção.

O monitoramento da concentração de sais no extrato de saturação do solo, método de referência, além de demandar mais tempo, é subjetiva e exige infra-estrutura laboratorial, limitando expressivamente o número de determinações. Dentre as metodologias com possibilidade de execução no campo destacam-se a extração de solução de solo a vácuo e as que utilizam sensores de indução eletromagnética; especialmente quando informações in situ

são necessárias para o mapeamento ou monitoramento das variações da salinidade, obtida simultaneamente com o teor de água do solo.

O trabalho objetivou avaliar uma proposta metodológica para diagnosticar o nível de salinização de solos em cultivo protegido por meio de diferentes métodos de campo para determinação da condutividade elétrica da solução do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Fase laboratorial

A primeira fase do experimento foi desenvolvida no Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, quando foram avaliadas duas metodologias para determinação da salinidade do solo. O objetivo foi verificar a metodologia de melhor correlação com o método do extrato de saturação, de modo a operacionalizar a de coleta de dados nas visitas às propriedades.

Nesta etapa do experimento utilizaram-se três solos representativos da macro região de Campinas, cujos dados da análise granulométrica estão apresentados na Tabela 1 com textura arenosa, média e muito argilosa, respectivamente (Prado, 2001).

Cada tipo de solo foi acondicionado em 25 recipientes plásticos do tipo “jardineira”, com dimensões de (14 cm de altura x 13 cm de largura x 42 cm de comprimento), com condições de densidade do solo próxima ao solo, com estrutura não deformada. Os recipientes foram divididos em lotes com cinco amostras cada, umedecidos com solução de NaCl (p.a.) até a saturação aos níveis de salinidade de 0, 2, 4, 8, e 12 dS* m⁻¹ e foram postos a secar ao ar por três semanas.

Tabela 1. Análise granulométrica e densidade determinada para os solos avaliados.

Textura	% de argila	% de Silte	% de areia	Densidade (Kg*m ⁻³)
Arenosa	7	6	87	1.410
Média	29	15	56	1.210
Argilosa	62	15	23	1.125

Os solos avaliados foram caracterizados fisicamente através da análise granulométrica e densidade do solo conforme Embrapa (1997). As amostras de solo foram coletadas e analisadas conforme metodologia descrita por Rajj & Quaggio (1983), cujos resultados estão apresentados na Tabela 2. Todas as determinações foram realizadas antes do início do experimento, permitindo reproduzir condições semelhantes às originais nos recipientes plásticos.

Para os solos em estudo, a condutividade elétrica em cada recipiente foi determinada pelos métodos:

- Sensor de salinidade: equipamento marca Delta-T, modelo Sigma Probe tipo EC1, para o monitoramento diário do teor de água através da realização de três leituras nos solos, acoplado a um datalogger (doravante denominado simplesmente Sigma Probe). Com frequência de trabalho em 30 MHz que é recomendado para solos com salinidade em até 10 dS.m⁻¹ a 25° C, com sonda de 10 cm.
- Extratores de solução a vácuo, inseridos horizontalmente a meia altura do recipiente (7 cm), sendo as leituras realizadas simultaneamente.

Para o uso do Sigma Probe, baseado na reflectometria no domínio do tempo, TDR, a condutividade elétrica foi determinada pela inserção da sonda no solo, próximo às cápsulas do extrator de solução nos solos contidos nos recipientes. Tal equipamento possibilita a leitura direta de condutividade elétrica da solução do solo (CE_a), através de modelo matemático proposto por Rhodes et al. (1976).

Tabela 2. Análise química dos solos avaliados.

Textura	M. O. (g/dm ³)	PH (CaCl ₂)	P (mg/dm ³)	K (mmol/dm ³)	Ca (mmol/dm ³)
Arenosa	11	5,8	6	0,7	10
Média	24	5,9	84	3,5	34
Argilosa	40	5,2	90	3,2	38

Textura	Mg (mmol/dm ³)	H+Al (mmol/dm ³)	S B (mmol/dm ³)	CTC (mmol/dm ³)	V %
Arenosa	6	11	16,7	27,5	61
Média	10	15	47,5	62,3	76
Argilosa	11	42	52,2	94,5	55

A extração de solução do solo foi realizada sob tensão próxima a 70 kPa, logo após as leituras com o Sigma probe EC1 e obtido o valor de condutividade elétrica, utilizando-se condutivímetro digital de bancada.

Os resultados obtidos pelas metodologias propostas foram comparados com os obtidos no extrato de saturação do solo, como descrito pela Embrapa (1997). De maneira a associar as leituras obtidas através dos equipamentos testados com aqueles obtidos a partir do extrato de saturação, sob qualquer valor de umidade dos solos, utilizou-se a seguinte relação:

$$CE_{es} * \varepsilon = CE_{cc} * \theta_{cc} = CE_{pm} * \theta_{pm} = CE(\theta) * \theta = \text{constante} \quad (1)$$

Sendo:

CE – condutividade elétrica, sendo os subscritos es, cc e pm correspondentes a saturação, capacidade de campo e ponto de murchamento, em dS.m⁻¹ ;

ε - porosidade total do solo, em %;

θ - umidade volumétrica, em %.

O teor gravimétrico de água do solo em cada recipiente, foi monitorado a cada 24 horas, mediante a pesagem dos vasos. Os resultados de teor de água em peso seco foram multiplicados pela densidade do solo para obtenção do teor de água volumétrico.

Diagnóstico do processo de salinização

Após a fase laboratorial, onde se definiu o uso do método Sigma Probe para avaliação do potencial de salinização, foram realizadas visitas a produtores, por indicação da

CATI, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do estado de São Paulo, quando se procedeu ao levantamento e caracterização dos sistemas de produção. Para isto foram visitadas 15 (quinze) propriedades abrangendo diferentes condições de sistemas produtivos em canteiros, utilizando diferentes sistemas de irrigação, distribuídas nos municípios de Holambra, Atibaia e Arthur Nogueira.

Com base em visitas preliminares aos produtores, foram obtidos subsídios para a elaboração de um questionário de entrevista e da metodologia de coleta de dados, conforme fluxograma apresentado na Figura 1. O questionário abordou aspectos relacionados à identificação da propriedade, da produção, do tipo de estufa, do sistema de irrigação, da fonte de água, do sistema de cultivo, da adubação e tipo de cultura. Após o preenchimento, eram realizadas as avaliações relacionadas à condutividade elétrica, em cada propriedade, nos pontos de aplicação de água.

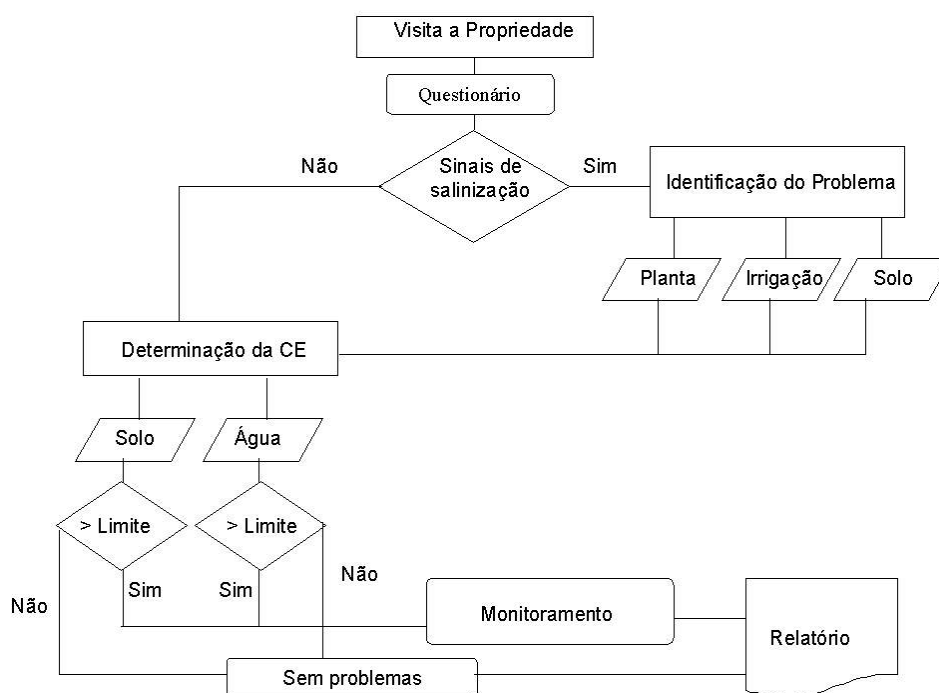


Figura 1. Fluxograma para caracterização de processos de salinização em ambiente protegido.

O sensor Sigma Probe foi utilizado para obtenção das leituras de condutividade elétrica da solução do solo, transformada em condutividade elétrica do extrato de saturação através das equações obtidas por regressão para cada classe textural de solo, estimadas para o equipamento na fase laboratorial do experimento e transformadas de umidade atual das amostras para a umidade no extrato de saturação, pela equação 1. Para tanto foi necessário determinar a porosidade total, densidade e umidade volumétrica atual, sendo para tal fim coletadas três amostras de solo em cápsulas de alumínio (amostra deformada) e três amostras de solo em anéis volumétricos (amostra indeformada), por propriedade. Posteriormente estas amostras foram levadas ao Laboratório de Solos da FEAGRI/UNICAMP para as determinações dos atributos citados (Embrapa, 1997).

As leituras de condutividade elétrica do solo foram realizadas em, pelo menos, dois canteiros por propriedade, conforme a Figura 2, com o sensor Sigma Probe (Figura 3) sendo considerado, para fins de análise, o valor médio das leituras realizadas.

Foram coletadas, também, amostras de água da fonte de abastecimento e soluções de fertirrigação. As amostras foram acondicionadas em recipientes de vidro e levadas a laboratório, onde se determinou condutividade elétrica e pH.

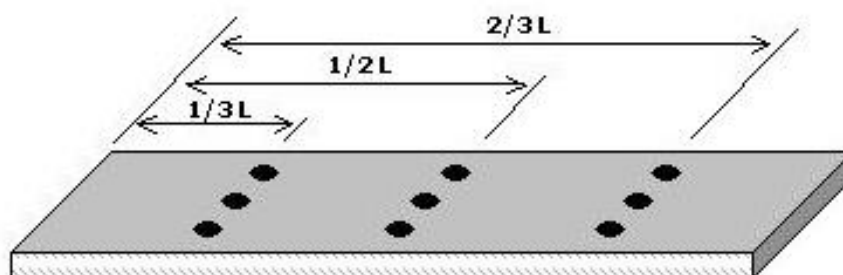


Figura 2. Pontos de amostragem nos canteiros das propriedades visitadas.

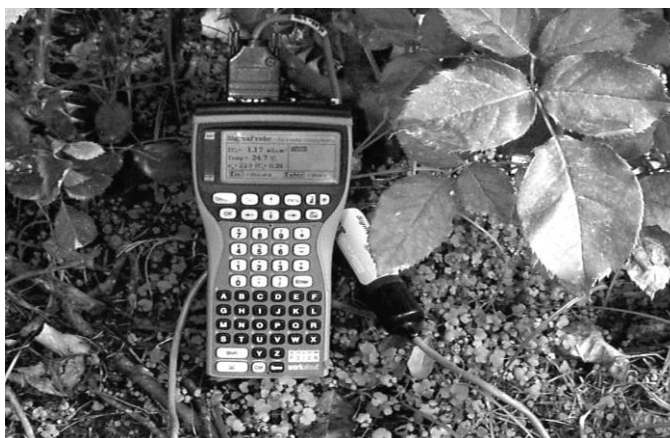


Figura 3. Uso do sigma Probe, em canteiro, na fase de visita às propriedades.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação da condutividade elétrica

Ao comparar o comportamento de extratores de solução e do Sigma Probe, com o extrato de saturação, para um solo arenoso, verifica-se na Figura 4 que as leituras de condutividade elétrica da solução do solo (CE_a), determinadas através dos extratores de solução do solo e do Sigma Probe, superestimam as do extrato de saturação do solo (CE_{es}), tanto para o solo de textura arenosa quanto para o de textura média. Tal resultado foi também observado por Dalton (1992) e Wyseure et al. (1997), para solos de textura arenosa. Constatase, também, que o equipamento Sigma Probe revela-se mais eficiente comparado ao método padrão.

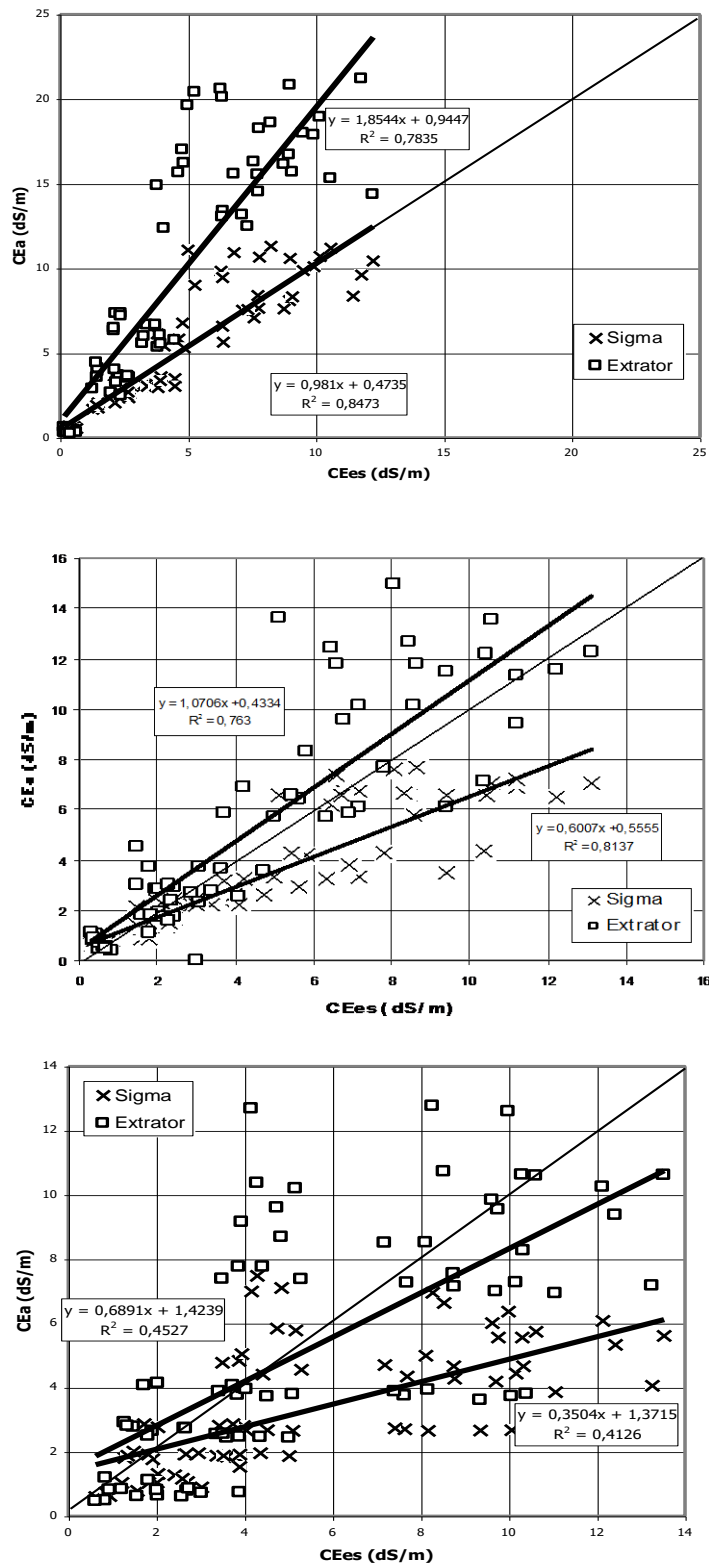


Figura 4. Valores da condutividade elétrica, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solos de textura arenosa, média e argilosa, sob níveis crescentes de salinidade.

Para o solo de textura média, as leituras do Sigma Probe tendem a subestimar aquelas realizadas no extrato de saturação, enquanto utilizando o extrator observou-se uma superestimativa nos resultados obtidos pelo método padrão, todavia com comportamento mais linear. Possivelmente em função da elevação no teor de argila, e o conseqüente aumento na superfície específica das partículas do solo, eleva-se o montante de água adsorvida e, portanto, a influência da parte imaginária da constante dielétrica aparente que, apesar de isolada através do modelo matemático usado no equipamento, interfere na correlação das leituras realizadas comparadas àquelas do método padrão, especialmente para valores mais baixos de umidade no solo, redundando em maior salinidade.

O teor de óxido de ferro no solo pode interferir nos resultados obtidos pelo equipamento eletromagnético (Tommaselli, 2001), contudo as condições experimentais não nos permitem afirmar com segurança a extensão ou mesmo a ocorrência de tal influência.

Para o solo de textura argilosa observou-se um comportamento superior dos extratores de solução em relação ao Sigma Probe, possivelmente em função da interação entre elevado teor de argila do solo e salinidade, através da atenuação do sinal do equipamento, como observado por Person (1997) e Or et al. (1998). A presença nestes solos de elevado teor de argila nos permite pressupor uma elevada superfície específica das partículas do solo, acarretando no incremento da ocorrência de água adsorvida, especialmente sob condições de menor umidade (Hermann Junior, 2001). Todavia, os resultados obtidos para solos argilosos não permitem indicar o uso destes equipamentos no monitoramento da salinidade, especialmente acima de 4 dS /m a 25 °C, onde se observa uma maior dispersão nos resultados das leituras, em relação ao método padrão.

A Figura 5 refere-se aos mesmos solos da figura 4 e apresenta os resultados obtidos pelas duas metodologias, quando comparados àqueles obtidos através do extrato de saturação para condições de solo com textura arenosa, média e argilosa; contudo, se adequa melhor à avaliação da ocorrência de processos de salinização, uma vez que considera níveis de salinidade até 4 dS*m⁻¹.

As equações obtidas para os solos, até este nível de salinidade, foram utilizadas para converter os resultados obtidos pelo equipamento eletromagnético, em valores correspondentes ao extrato de saturação, de acordo com a textura do solo, quando das visitas às propriedades na fase seguinte do experimento.

Para condições de textura arenosa, as duas metodologias apresentam boa correlação com os resultados obtidos através do extrato de saturação, o que foi verificado por Silva (2002) para extratores de solução sob condições semelhantes de textura. Para equipamentos baseados na TDR, a acurácia na determinação da constante dielétrica aparente pode sofrer efeito de vários componentes sobre o comportamento do complexo dielétrico, em sistemas porosos como o solo, destacando-se a composição do solo (distribuição de tamanho de partículas e mineralogia), conteúdo de água do solo e salinidade da solução do solo (Dobson et al., 1985). Solos arenosos apresentam partículas com menor superfície específica e menor representatividade do fenômeno de adsorção de água pela matriz do solo; desse modo, ocorre uma menor influência da parte imaginária (energia total absorvida) sobre a determinação da constante dielétrica elétrica aparente do meio.

Observa-se no solo de textura média, como registrado para o solo de textura arenosa, um comportamento com superior nível de correlação do Sigma Probe com a metodologia do extrato de saturação, além da perda de precisão dos equipamentos com a elevação da salinidade e teor de argila do solo.

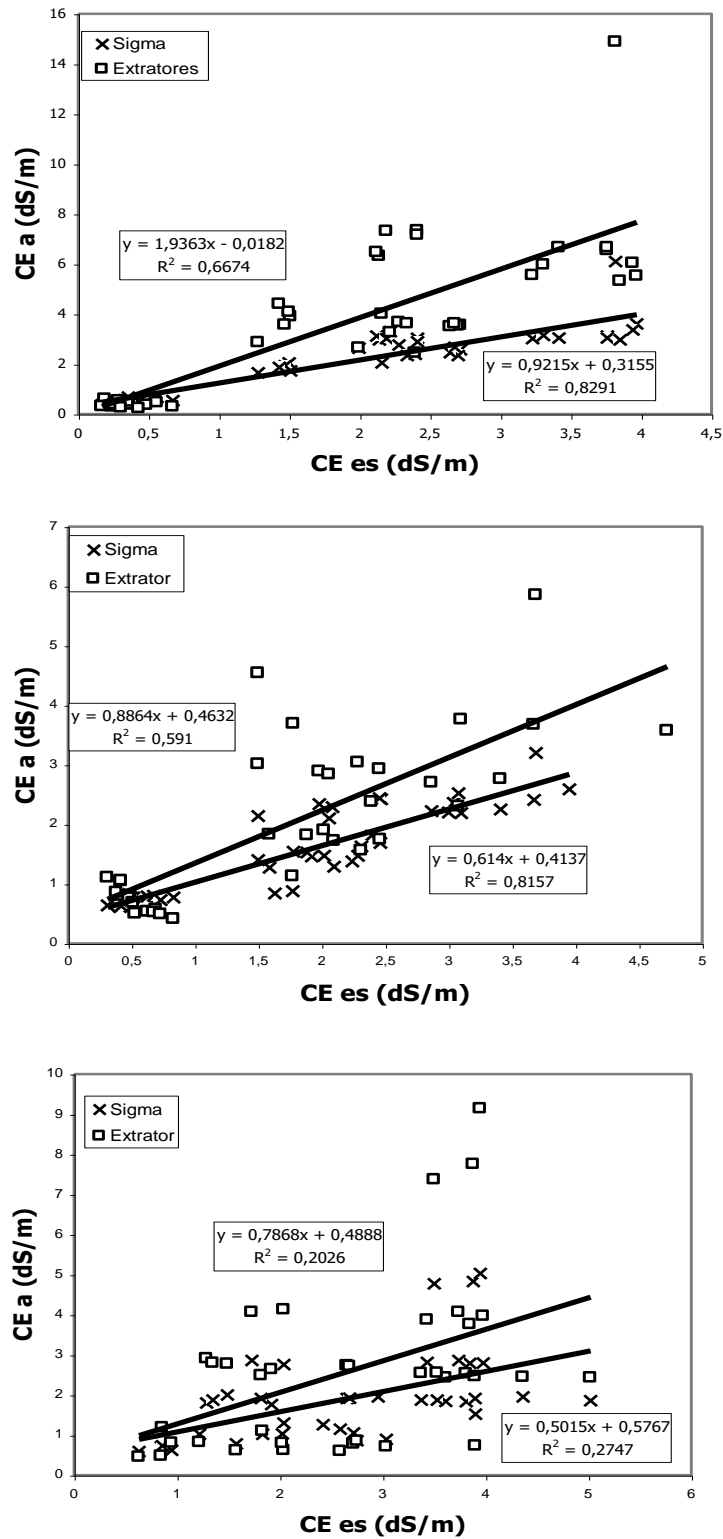


Figura 5. Valores da condutividade elétrica usando o Sigma Probe e extratores de solução comparados ao extrato de saturação para solos de textura arenosa, média e argilosa.

Em condições de textura argilosa verifica-se uma baixa correlação entre os resultados obtidos pelas duas metodologias e aqueles do extrato de saturação, especialmente uma elevada dispersão para os extratores, porém deve-se considerar que o teor de umidade em que os primeiros foram obtidos esteve, na maioria das vezes, menor que aquele utilizado no extrato de saturação, sendo os demais resultados no extrato, ajustados através da equação que correlaciona porosidade total, densidade do solo e teor de umidade para cada condição de umidade. Assim, deve-se esperar que os resultados obtidos através do extrato de saturação apresentem sempre valores de condutividade elétrica superiores aqueles obtidos pelas duas metodologias, uma vez que em condições de saturação ocorre a eliminação do poder tampão do solo e os íons permanecem em solução. Ocorre, assim, a neutralização do efeito adsorvido das partículas do solo, especialmente importantes em solos com elevado teor de argila, enquanto sob as condições de leitura dos dois equipamentos, a adsorção foi mais representativa com a redução no teor de umidade do solo, levando a uma subestimativa dos valores de condutividade elétrica.

Sob condições de salinidade, associa-se ao aspecto considerado para solos argilosos, a interação entre textura e salinidade. Os resultados obtidos pelos extratores de solução do solo foram, também, muito afetados, possivelmente sob menores teores de água no solo, quando uma parcela mais representativa dos sais fica adsorvida, em função da mineralogia e geometria das partículas do solo.

Diagnóstico da salinização em ambientes protegidos

Após a realização da fase de visitas às propriedades da macrorregião de Campinas, verificou-se uma grande variabilidade de manejo do sistema produtivo, mas algumas constatações puderam ser realizadas.

De maneira geral, foi possível observar a preponderância da experiência pessoal de cada produtor na área, sobre técnicas agrônômicas consagradas. Em especial, constatou-se que os produtores não realizam avaliações dos sistemas de irrigação do ponto de vista da eficiência de aplicação de água, bem como não procedem o monitoramento dos sistemas quanto à umidade e condutividade elétrica do solo, podendo inviabilizar a adoção do manejo mais eficiente da irrigação.

Há relatos, no Estado de São Paulo, de salinização do solo em cultivo sob ambiente protegido (Blanco & Folegatti, 2001; Dias, 2004). A elevação na concentração de sais na zona radicular das culturas provoca efeitos deletérios sobre a produção em cultivo protegido para diversas culturas como em aipo (Leonardi, 1998), pepino (Chartzoulakis, 1995), pimentão (Cornillon & Auge, 1995) e tomate (Stanghellini et al., 1998; Willunsen et al., 1996).

Caracterização da água de irrigação e fertirrigação

As Figuras 6 e 7 apresentam os resultados obtidos para condutividade elétrica da água e solução de fertirrigação, pH da água e solução de fertirrigação e condutividade elétrica do solo no extrato de saturação, respectivamente. A qualidade da água de irrigação, do ponto de vista da condutividade elétrica, não apresenta restrição ao uso.

As soluções de fertirrigação das propriedades 1, 2, 3, 9, 11, 12 e 14 apresentam condutividade elétrica acima do nível recomendado para uso em irrigação, podendo exercer efeito salinizador (Ayers & Westcot, 1999; Cavalcante & Cavalcante, 2006). Mota et al. (2007), trabalhando com crisântemo, observaram que variações no manejo nutricional, especialmente nos níveis de condutividade elétrica da solução de fertirrigação, interferem negativamente nos aspectos qualitativos como formação e coloração, além da produção de fitomassa seca da parte aérea e área foliar. Nesta condição deve-se reavaliar os fertilizantes

utilizados na solução de fertirrigação, adequando-os aos padrões permitidos, evitando perdas pelo comprometimento do potencial produtivo das culturas.

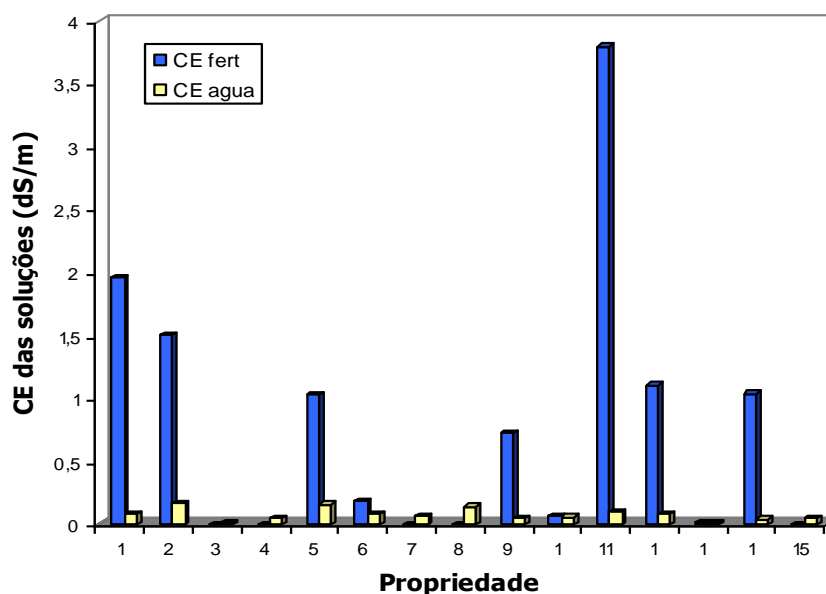


Figura 6. Resultados obtidos para condutividade elétrica da água de irrigação e solução de fertirrigação em propriedades da macrorregião de Campinas.

Em relação ao pH foi possível realizar duas constatações importantes. A água utilizada nas propriedades apresentou valores que permitem a ocorrência de entupimento nos sistemas de irrigação localizada, mas em algumas propriedades o problema foi revertido pela adição de ácidos à solução de fertirrigação. Em geral, os níveis de pH encontrados podem ser considerados preocupantes.

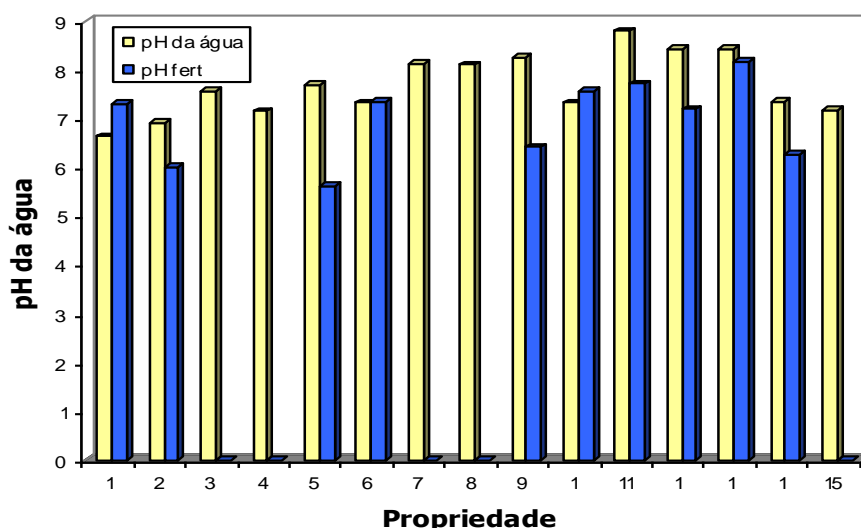


Figura 7. Resultados obtidos para pH da água de irrigação e solução de fertirrigação em propriedades da macrorregião de Campinas.

Caracterização dos solos cultivados das propriedades

Apesar dos valores de condutividade elétrica no extrato de saturação situarem-se abaixo de $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, acima do qual o solo é classificado como salino (Richards, 1954) dois aspectos devem ser considerados. O primeiro é que conforme o comitê de terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo, solos com condutividade elétrica no extrato de saturação superiores a $2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ a 25°C são classificados como ligeiramente salinos, uma vez que culturas sensíveis podem sofrer redução na produção sob tais condições e o segundo é que para Shannon (1997) e Campos et al. (2008) as plantas ornamentais não têm sido significativamente estudadas quanto a sua tolerância relativa aos sais como crisântemo que é considerado moderadamente tolerante, enquanto gladiolo, azaléia e amarilis são sensíveis aos efeitos salinos. Além destes aspectos é importante considerar o sistema e frequência de irrigação adotados, pois as plantas podem estar sendo expostas ao estresse hídrico, por deficiência ou excesso, associado ao estresse iônico; uma vez que foi constatada a deficiência do manejo da água e condutividade elétrica na maioria das propriedades. Este último aspecto considerado pode levar ao comprometimento parcial ou total da produção, em termos de quantidade e qualidade, especialmente quando irrigadas por aspersão convencional.

Na Figura 8 é possível observar que os valores de condutividade elétrica, obtidos através do Sigma Probe, foram maiores que aqueles obtidos através da metodologia do extrato de saturação, para um mesmo solo. Isto se deve ao fato do nível de umidade do solo, no momento da leitura, ser menor que em condições de saturação.

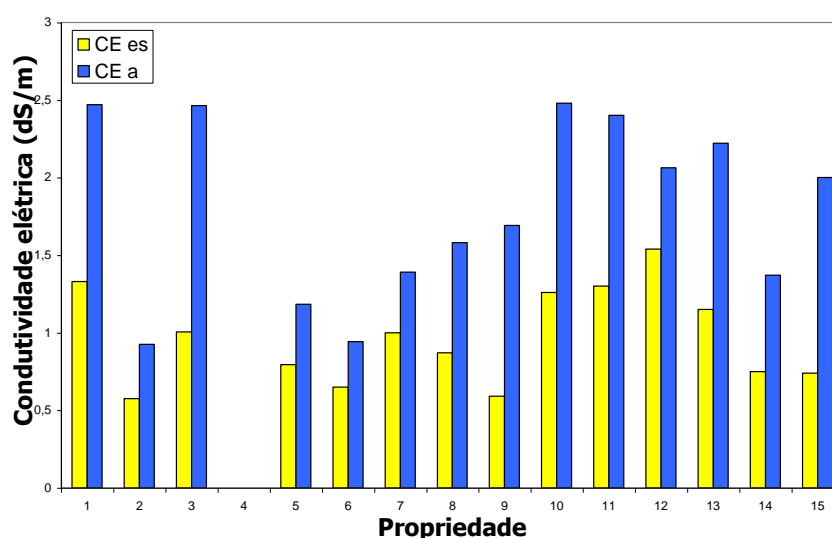


Figura 8. Resultados obtidos para condutividade elétrica do extrato de saturação em propriedades da macro região de Campinas.

Em 30% das propriedades visitadas verificou-se, por parte dos produtores, a realização do monitoramento da condutividade elétrica do solo nos pontos de aplicação de água, ressaltando-se, em poucas propriedades, a utilização de sensores de condutividade elétrica na linha principal de irrigação. Contudo, verificou-se uma subestimativa dos valores de condutividade elétrica obtidos por tais equipamentos se comparados aos resultados obtidos através de condutivímetro digital. Isto sugere a necessidade de calibração destes equipamentos, de modo a oferecer ao produtor, leituras mais precisas.

A manutenção de tais sistemas produtivos pode levar ao comprometimento de recursos ambientais ao nível da propriedade, afetando a viabilidade da atividade agrícola nestas áreas, especialmente pela contaminação do lençol freático.

Tabela 3. Caracterização do sistema produtivo em ambiente protegido.

Propriedade	Produção	Sistema de irrigação	Manejo da irrigação	Forma de adubação
01	Gérberas	G*	Tensiometria	Fertirrigação
02	Gérberas	G	Empírico	Fertirrigação
03	Crisântemo	A	Empírico	Manual (Q)**
04	Avenca	A	Empírico	Manual (Q/O)
05	Aspargos	A	CE e pH (água)	Fertirrigação e manual (O)
	Filodendro			
06	Aspargos	MA/G	Empírico	Fertirrigação e manual (O)
	Crisântemo			
07	Lisianthus	MA/G	Empírico	Fertirrigação e manual (O)
	Crisântemo			
08	Crisântemo	G	Empírico	Fertirrigação e manual (O)
	Lisianthus			
09	Gibsohypha	G	Tensiometria e extratores	Fertirrigação
	Simbideo			
10	Rosas	MA/G	CE, θ e pH	Fertirrigação e manual (O)
11	Crisântemo	A/MA/G	Ce e pH (água)	Fertirrigação
12	Crisântemo	A/G	Empírico	Fertirrigação
13	Crisântemo	MA	Empírico	Fertirrigação
14	Gérberas	G	Empírico	Fertirrigação
15	Crisântemo	MA	CE e pH (água)	Fertirrigação

* (G) – gotejamento; (MA) – micro aspersão; (A) - aspersão

** (Q) – química; (O) - orgânica

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para as condições experimentais permitem concluir que:

- As leituras realizadas com o equipamento Sigma Probe EC1 apresentaram melhor correlação com aquelas realizadas pelo método do extrato de saturação.
- A salinidade e teor de argila elevados dos solos comprometem a precisão das leituras de condutividade elétrica em ambos os equipamentos;
- A salinização de solos em ambiente protegido tende a agravar-se, em função da elevada proporção de produtores que não realizam monitoramento da condutividade elétrica do solo e da água;
- A metodologia proposta mostrou-se adequada para a caracterização de processos de salinização em solos de textura arenosa e média, em ambiente protegido.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução H. R., Gheye; J. F. Medeiros de; Damaceno, F. A. V., Campina Grande – PB, UFPB, 1999. 153 p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Recuperação de um solo salinizado após cultivo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p.: 76-80, 2001.
- CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 8, n. 2, p.: 72 a 79, 2008.
- CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L. **Uso da água salina na agricultura**. In: CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. (ed). Algumas frutíferas e a salinidade. Jaboticabal, Funep, 2006. 148 p.
- CHARTZOULAKIS, K. S. Salinity effects on fruit quality of cucumber and egg-plant. **Acta Horticulturae**, v. 379, p.: 187-192 1995.
- CORNILLON, R. S.; AUGÉ, M. Salinité: adaptation du piment. **PHM Revue Horticole**, v. 369, p.: 39-43, 1995.
- DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**, Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. 131 p.
- DALTON, F. N. Development of time-domain reflectometry for measuring soil-water content and bulk electrical conductivity. In: Advances in Measurement of soil Physical Properties: bringing theory into Practice. **Soil Science Society of America**, Madison, p.:143-167, Special publication, n. 30, 1992.
- DOBSON, M. C., ULABY, F. T., HALLIKAINEN, M. T., EL-RAYES, M. A. Microwave dielectric behavior of wet soil – Part II: dielectric mixing models. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 23, n. 1, p.: 35-46, 1985.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, SNLCS, 2º edição, 1997. 221 p.
- HERMANN JUNIOR., P. S. P. **Aspectos básicos da reflectometria no domínio do tempo (TDR) e potencialidades de aplicação na física do solo**. In: MATSURA ET AL. (ed.) Aplicações da técnica de TDR na agricultura, Campinas, Feagri, UNICAMP, 2001, p.: 37-50.
- LEONARDI, C. Dry matter yield and nitrogen content in celery under salt stress conditions. **Acta Horticulturae**, v. 458, p.: 257-261, 1998.

MOTA, P. R. D., VILLAS BÔAS, R. L., SOUZA, V. F., RIBEIRO, V. Q. Desenvolvimento de plantas de crisântemo cultivadas em vaso em resposta a níveis de condutividade elétrica. **Engenharia Agrícola**. *Jaboticabal*, v. 27, n. 1, p.: 164-171, 2007.

OR, D., FISHER, B., HUBSCHER, R. A., WRAITH, J. **Win TDR – user guide**, Utah State University, Logan, Utah, 1998. p.

PERSON, M. Soil solution electrical conductivity measurements under transient conditions using time domain reflectometry. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 997 – 1003, 1997.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. 2ª edição, Piracicaba, 2001. 220 p.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n. 81, p. 1-31, 1983.

RHOADES, J. D., RAATS, P. A., PRATHER, R. J. Effects of liquid phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, p.: 651-655, 1976.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 60, p.: 75 – 120, 1997.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. Piracicaba, Tese de doutorado., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 136 p., 2002.

STANGHELLINI, C., van MEURS, T. M., CORVER, F., van DULLEMEN, E., SIMONSE, L. Combined effect of climate and concentration of the nutrient solution on a greenhouse tomato crop – I: yield quantity and quality. **Acta Horticulturae**, v. 458, p.: 221-229, 1998.

TOMMASELLI, J. T. G. **Crêterios para calibraçãõ de sondas de TDR**. *In: Aplicações da técnica de TDR na agricultura*, UNICAMP, Feagri, 2001, p.: 85-114.

VAN IEPERIN, W. Dynamic effects of change in electric conductivity on transpiration and growth of greenhouse-grown tomato plants. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 3, p.: 481-496, 1996.

WILLUNSEN, J., PETERSEN, K. K., KAACK, K. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 1, p.: 81-98, 1996.

WYSEURE, M. A., MOJID, M. A., MALIK, M. A. Measurement of volumetric water content by TDR in saline soils. **European Journal of Soil Science**, v. 48, p.: 347-354, 1997.