

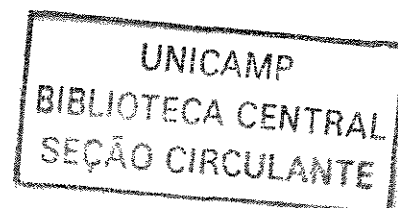
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE SALINIZAÇÃO DO SOLO
SOB CONDIÇÕES DE AMBIENTE PROTEGIDO**

SÉRGIO OLIVEIRA PINTO DE QUEIROZ

200407931


CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2004



PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por **SÉRGIO OLIVEIRA PINTO DE QUEIROZ** aprovada pela Comissão Julgadora em 13 de fevereiro de 2004.

Campinas, 06 de maio de 2004.



Prof. Dr. **ROBERTO TESTEZLAF**
Presidente da Banca

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE SALINIZAÇÃO DO
SOLO SOB CONDIÇÕES DE AMBIENTE PROTEGIDO**

Tese submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Doutor em
Engenharia Agrícola na área de
concentração Água e Solo.

SÉRGIO OLIVEIRA PINTO DE QUEIROZ

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO TESTEZLAF

Campinas
Fevereiro de 2004

UNIDADE
Nº CHAMADA TI UNICAMP
Q32m
/ EX
COMBO BC/ 58099
PROC 16-117-04
C D X
PREÇO R\$ 11,00
DATA 27/05/04
Nº CPD

CMOQ197813-4

BIB ID 316325

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Q32m Queiroz, Sérgio Oliveira Pinto de
Método para avaliação de salinação do solo sob
condições de ambiente protegido / Sérgio Oliveira Pinto
de Queiroz.--Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Roberto Testezlaf.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Irrigação. 2. Condutividade elétrica. I. Testezlaf,
Roberto. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

“Vossa alegria é vossa tristeza desmascarada. e o mesmo poço que dá nascimento a vosso riso foi muitas vezes preenchido por vossas lágrimas. e como poderia não ser assim? quanto mais profundamente a tristeza cravar a sua garra em vosso ser, tanto mais alegria podereis conter.

eu vos digo que são inseparáveis. vêm sempre juntas; e quando uma está sentada a vossa mesa, lembrai-vos que a outra dorme em vossa cama. em verdade vós estais suspensos como os pratos de uma balança entre vossa tristeza e vossa alegria.”

Gibran Khalil Gibran

“Senhor, eis minha oração:

arranca, arranca do meu coração a raiz da avareza. dá-me forças para suportar sem esforço, minhas tristezas e alegrias.

dá-me forças para fazer frutificar o meu amor em benefícios.

dá-me a força para jamais desprezar o pobre e não dobrar o joelho diante do poder insolente.

dá-me a força para elevar meu espírito muito acima das futilidades cotidianas.

dá-me a força para submeter com amor minha força à tua vontade.”

Rabindranath Tagore

A
Maria mãe de Jesus e aos meus pais
João Pinto de Queiroz Sobrinho e Maria Angélica Oliveira Pinto de Queiroz,

OFEREÇO

A Vanessa minha esposa e companheira,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- A Deus pelos dons da vida e da perseverança.
- A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pela oportunidade de aprendizado e pela estrutura oferecida ao desenvolvimento do experimento.
- A Universidade do Estado da Bahia, pelo apoio e compreensão durante o desenvolvimento do doutoramento.
- Ao CNPq pelo indispensável apoio financeiro, através da bolsa de estudos.
- A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do projeto de pesquisa.
- A Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada pelo apoio nas visitas técnicas às propriedades rurais, em especial Charles José Lopes e Alex de Souza Alcântara.
- Ao Professor Roberto Testezlaf pela orientação dedicada e competente, no transcorrer do doutoramento.
- Ao Professor Edson Eiji Matsura pela confiança e pelas valiosas contribuições a este trabalho.
- Aos produtores dos municípios de Atibaia, Holambra e Arthur Nogueira, pela generosidade em nos permitir desenvolver a fase de visitas em suas propriedades.
- As famílias Argollo e Donzeli pela amizade e dedicação em todos os momentos.
- Aos colegas de curso, em especial Antônio Carlos Néri, Claudinei Fonseca de Souza, Délvio Sandri, Murilo Avary de Campos, Helbert da Silva Batista e Eder Pereira Gomes, pela compreensão, ajuda e amizade demonstradas em todos os momentos.
- Aos funcionários Ana Paula Montagner, Gelson Espíndola da Silva, Antônio Javarez Júnior, Célia Panzarin Gonçalves, José Ricardo de Freitas Lucarelli, Maria Rosália S. Favoretto e Clemilton Francisco Vieira pela amizade e valiosa colaboração na implementação do projeto de pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
Efeitos da salinidade nas plantas	4
<u>Tolerância de plantas à salinidade</u>	4
Salinização em ambientes protegidos	6
<u>Influência do sistema de irrigação sobre a salinidade do solo</u>	7
<u>Fertirrigação e salinidade</u>	8
Métodos para determinação da salinidade	9
MATERIAL E MÉTODOS	13
Avaliação de metodologias para determinação de umidade e salinidade	13
Diagnóstico do processo de salinização	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
Fase Laboratorial	21
<u>Caracterização dos solos</u>	21
<u>Determinação da umidade</u>	22
<u>Determinação da condutividade elétrica</u>	29
<u>Análise dos resultados obtidos pela TDR</u>	36
Diagnóstico da salinização em ambientes protegidos	39
<u>Caracterização da água de irrigação e fertirrigação</u>	40
<u>Caracterização dos solos cultivados das propriedades</u>	41
CONCLUSÕES	44
ANEXOS	45
Anexo 1: Questionário aplicado nas visitas aos produtores	45

Anexo 2. Curva característica dos solos	48
Anexo 3. Tabelas de Análises Estatísticas.	50
Anexo 3: Resultados das visitas realizadas.	83
LITERATURA CITADA	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Recipientes plásticos divididos em lotes de 5 amostras prontos para receber a solução.	14
Figura 2. Equipamento Sigma Probe.	14
Figura 3. Inserção de sonda em recipiente plástico com solo para leituras através da TDR.	15
Figura 4. Inserção do extrator a vácuo no recipiente plástico.	15
Figura 5. Fluxograma para caracterização de processos de salinização em ambiente protegido	18
Figura 6. Pontos de amostragem nos canteiros das propriedades visitadas.	20
Figura 7. Uso do sigma Probe, em canteiro, na fase de visita às propriedades.	19
Figura 8. Análise de regressão para valores de umidade e constante dielétrica aparente em solo arenoso, sob influência da salinidade.	23
Figura 9. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo arenoso.	24
Figura 10. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo arenoso salino.	24
Figura 11. Análise de regressão para valores de umidade e constante dielétrica aparente em solo de textura média, sob influência da salinidade.	25
Figura 12. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo de textura média.	26
Figura 13. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo de textura média salino.	26
Figura 14. Análise de regressão para valores de umidade e constante dielétrica aparente em solo argiloso, sob influência da salinidade.	27
Figura 15. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo argiloso.	28
Figura 16. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo argiloso salino.	28
Figura 17. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica da água dos poro, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solo arenoso.	30
Figura 18. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo arenoso.	31
Figura 19. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo arenoso salino.	31
Figura 20. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica da água dos poros, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solo de textura média.	32
Figura 21. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo de textura média.	33
Figura 22. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo de textura média salino.	33

Figura 23. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica da água dos poros, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solo argiloso.....	34
Figura 24. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo argiloso.....	35
Figura 25. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo argiloso salino.	36
Figura 26. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através de condutímetro digital e TDR.....	37
Figura 27. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através do extrato de saturação e da TDR, sob influência do teor de água, para um solo arenoso.	38
Figura 28. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através do extrato de saturação e da TDR, sob influência do teor de água, para um solo de textura média.	38
Figura 29. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através do extrato de saturação e da TDR, sob influência do teor de água, para um solo argiloso.	39
Figura 30. Resultados obtidos para condutividade elétrica da água de irrigação e solução de fertirrigação em propriedades da macro região de Campinas.	40
Figura 31. Resultados obtidos para pH da água de irrigação e solução de fertirrigação em propriedades da macro região de Campinas.	41
Figura 32. Resultados obtidos para condutividade elétrica do extrato de saturação em propriedades da macro região de Campinas.	42
Figura 33. Acúmulo de sais acima da faixa molhada por gotejamento, em ambiente protegido para produção de flores, no município de Atibaia.....	43
Figura 34. Curva característica de retenção de água para um solo arenoso.	48
Figura 35. Curva característica de retenção de água para um solo de textura média.	48
Figura 36. Curva característica de retenção de água para um solo argiloso.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química básica para amostra de solo com textura arenosa.	21
Tabela 2. Análise granulométrica e densidade determinada para o solo.	21
Tabela 3. Análise química básica para amostra de solo com textura média.	21
Tabela 4. Análise granulométrica e densidade determinada para o solo.	22
Tabela 5. Análise química básica para amostra de solo com textura argilosa.	22
Tabela 6. Análise granulométrica e densidade determinada para o solo.	22
Tabela 7. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo arenoso.	50
Tabela 8. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo arenoso salino.	51
Tabela 9. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo de textura média.	52
Tabela 10. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe x Gravimetria em solo de textura média salino.	53
Tabela 11. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo argiloso.	54
Tabela 12. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo argiloso salino.	55
Tabela 13. Análise de variância para valores da regressão TDR x Gravimetria em solo arenoso normal.	56
Tabela 14. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo arenoso salino.	57
Tabela 15. Análise de variância para valores da regressão TDR x Gravimetria em solo de textura média.	58
Tabela 16. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo de textura média salino.	59
Tabela 17. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo argiloso.	60
Tabela 18. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo argiloso.	61
Tabela 19. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo arenoso.	62
Tabela 20. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo arenoso salino.	63
Tabela 21. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo de textura média.	64
Tabela 22. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo salino de textura média.	65
Tabela 23. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo argiloso.	66
Tabela 24. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo argiloso salino.	67
Tabela 25. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo arenoso.	68

Tabela 26. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo arenoso salino.	69
Tabela 27. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo de textura média.	70
Tabela 28. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo de textura média salino.	71
Tabela 29. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo argiloso.	72
Tabela 30. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo argiloso salino.	73
Tabela 31. Análise de variância para valores da regressão para Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo arenoso ($\theta = 0,30 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	74
Tabela 32. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo arenoso ($\theta = 0,26 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	75
Tabela 33. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo arenoso ($\theta = 0,19 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	76
Tabela 34. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo de textura média ($\theta = 0,33 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	77
Tabela 35. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo de textura média ($\theta = 0,26 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	78
Tabela 36. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo de textura média ($\theta = 0,20 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	79
Tabela 37. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo argiloso ($\theta = 0,35 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	80
Tabela 38. Análise de regressão para valores da regressão entre Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo argiloso ($\theta = 0,28 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	81
Tabela 39. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo argiloso ($\theta = 0,22 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).	82

RESUMO

A salinização de solos representa um dos graves problemas da agricultura mundial, especialmente na agricultura irrigada. Sob condições de ambiente protegido, a irrigação é essencial e a fertirrigação um agente facilitador do manejo da irrigação e fertilização. Todavia o seu uso intensivo no processo produtivo, acresce ao potencial de salinização da água, aquele inerente aos fertilizantes. O presente trabalho objetivou avaliar diferentes métodos de determinação de teor de água e condutividade elétrica do solo, além de levantar e caracterizar a ocorrência de processos de salinização em ambientes protegidos na macro região de Campinas . Em laboratório foram avaliados os equipamentos Sensor Sigma Probe EC1 da Delta-T, TDR marca Tektronix, modelo 1502 C e extrator de solução 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 de teor de água foram comparados àqueles obtidos por gravimetria, enquanto os resultados de condutividade elétrica ao método do extrato de saturação. O equipamento Sigma Probe EC1, pelas melhores correlações com os métodos de referência na fase laboratorial, foi utilizado nas visitas as propriedades, sob produção em ambiente protegido, na macro região de Campinas, juntamente com a aplicação de um questionário previamente desenvolvido e testado. Dentre os equipamentos avaliados na fase laboratorial, o sigma Probe EC1 apresentou o melhor resultado na determinação da umidade e condutividade elétrica do solo, quando comparado a gravimetria e ao extrato de saturação, em solos não salinos e salinos. Utilizando a aplicação de questionário associada a leituras de condutividade elétrica do solo com o sensor Sigma Probe foi possível verificar, nas propriedades visitadas, a deficiência no manejo da umidade e condutividade elétrica. 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, plantas sensíveis à salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: condutividade elétrica; irrigação.

ABSTRACT

The soil salinization represents one of the most serious problems of world irrigated agriculture. Under controlled environmental conditions, the irrigation is essential and the use of fertigation becomes a facilitator agent for the irrigation and fertilization management. However, the intensive use of fertigation in this type of productive process, adds to the water salinization potential, the one inherent to the fertilizers. The objective of work was to evaluate different methods to determine water content and electric conductivity of the soil, to characterize the occurrence of salinization process in greenhouses farms in the Campinas region. The equipments Sigma Probe EC1, manufactured by Delta-T, and Tektronix, 1502 C TDR model and vacuum solution manufactured extractors were evaluate in laboratory conditions. The equipments were used in three soils with different textures, under five levels of salinity: 0, 2, 4, 8 e 12 dS. m⁻¹ at 25° C. The obtained results of water content were compared to gravimetry method, while the electric conductivity results were compared to the saturation extract method. The Sigma Probe EC1 equipment was used in farm visits , with controlled environmental production at Campinas macro region. A developed questionnaire was applied in those visits to characterize the production system. Among the used equipment in the laboratorial part, the sigma Probe EC1 presented the better results in soil moisture and soil electrical conductivity determination, when compared to gravimetry and saturation extract, in saline and non saline soils. Using the questionnaire with electric conductivity determinations using Sigma Probe sensor it was possible to verify, in the farms visited, the deficiency in the soil moisture and electrical conductivity management. It was not verify saline soils, but the results found showed that the salinity levels in the soil could affect flower production, sensitive crops.

KEY-WORDS: electrical conductivity; irrigation.

INTRODUÇÃO

A salinização do solo representa um dos graves problemas da agricultura mundial, especialmente na agricultura irrigada. Esse fenômeno pode ocorrer pela elevação do lençol freático, sob condições de evapotranspiração superior à infiltração, devido à drenagem deficiente no solo; pelo processo de ascensão capilar quando a água atinge a superfície do solo, evapora e ocorre o acúmulo dos sais dissolvidos, próximo à zona radicular da planta. A tendência desse processo é agravar-se, atingindo um estágio em que a recuperação de um solo se torna inviável cronológica e economicamente, para garantir o sucesso de qualquer cultura.

O processo de salinização pode ter causas naturais, tais como decomposição dos minerais primários, águas subsuperficiais ricas em sais solúveis associados a uma drenagem deficiente, má permeabilidade do solo, ou alagamento por águas marinhas, dependendo das condições edafoclimáticas (salinização primária); todavia, pode originar-se também pelo manejo inadequado do solo e da água pela ação do homem (salinização secundária). Os maiores problemas com sais são freqüentemente encontrados nas regiões áridas e semi-áridas, contudo podem ocorrer em regiões semi-úmidas, principalmente em planícies férteis de bacias de rios, em consequência da elevação do lençol freático e posterior salinização do solo.

O comprometimento na produção de uma cultura em substratos salinos pode dar-se pela redução no potencial osmótico da solução do solo, presença de íons tóxicos próximos à zona radicular da planta ou, indiretamente, pelo excesso de sódio atuando na dispersão da argila do solo. Tais fatores levam à redução no crescimento das plantas, tanto na parte aérea, quanto no sistema radicular. Dessa forma, o conhecimento da qualidade da água de irrigação é de fundamental importância, especialmente em solos onde a drenagem pode comprometer a lixiviação desses elementos, elevando o potencial de salinização inerente à água, uma vez que toda água contém sais, em maior ou menor teor.

A salinidade dos solos tem influenciado historicamente a evolução de várias sociedades agrárias, tanto que atribui-se a queda da civilização Mesopotâmica ao aumento da salinidade dos solos irrigados entre os rios Tigres e Eufrates. Na Índia, os solos abandonados devido à sua salinização, representam 3.264.000 hectares e cerca de 600.000 hectares na Turquia. Estima-se que no Brasil a área total de solos afetados por sais é superior a 4.000.000 de hectares (QUEIROZ et al., 1997) e, sob condições de irrigação no semi-árido, CHAPMAN (1975) relatou mais de 25.000 hectares já comprometidos por tal processo. Avalia-se, ainda,

uma taxa de perdas de terras com irrigação, em cerca de 1.500.000 hectares anuais (FAO, 1997).

A utilização de novas tecnologias na agricultura irrigada objetiva incrementar e otimizar a produção das culturas agrícolas, mas sob manejo inadequado pode tornar-se um fator de promoção da salinização do solo. 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, produtos de melhor qualidade e o uso racional de pequenas áreas, entre outras. Segundo GROTO & TIVELLI (1998), em São Paulo, no ano de 1995 encontrou-se área de 897 ha com algum tipo de cultivo sob ambiente protegido, deste total 58,9% com hortaliças e 38,7% com flores. Considerando um crescimento anual em torno de 30% na área sob cultivo protegido no Brasil, MINAMI (1995) estimava uma área de 10.000 ha cultivados na virada do milênio.

Em ambientes protegidos, o impedimento da entrada de água da chuva no interior das instalações, torna a irrigação imprescindível. Por ser um agente facilitador das operações de irrigação e adubação, além de apresentar grande eficiência de aplicação, a fertirrigação é utilizada frequentemente nesses ambientes. Todavia, o seu uso intensivo no processo produtivo, acresce ao potencial de salinização da água, aquele inerente aos fertilizantes.

No meio aéreo de ambientes protegidos, a evapotranspiração é, em média, menor 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 (COCKSHULL, 1998).

Portanto, o manejo inadequado dos fatores de produção, aliado ao desconhecimento da fisiologia dos vegetais, em ambientes protegidos, pode gerar um acúmulo de sais no solo ou, ainda, nas fontes de abastecimento de água, levando ao comprometimento de recursos naturais. Com a expansão da área cultivada em ambiente protegido no Brasil e, em especial no Estado de São Paulo, 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.

O método laboratorial do extrato de saturação é considerado o método de referência para determinação da condutividade elétrica do solo, mas demanda tempo, é subjetivo e exige infra-estrutura laboratorial, limitando o número de determinações. Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologias que possam realizar determinações com maior rapidez e com boa correlação com o método padrão. Em condições de campo destacam-se as metodologias de extração de solução à vácuo e aquelas baseadas na utilização de sensores, capazes de medir a condutividade elétrica total de um volume de solo (CE_{vs}) e/ou a condutividade elétrica da água dos poros (CE_a). Assim, sensores de indução eletromagnética e que utilizam princípios de TDR, especialmente quando se deseja informações imediatas, podem ser utilizados no mapeamento ou monitoramento das variações da salinidade, permitindo ainda a leitura simultânea da umidade do solo.

De modo a contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação do risco de salinização de solos em ambientes protegidos, este trabalho teve como objetivos: avaliar diferentes métodos de determinação de umidade e condutividade elétrica do solo, comparando-os com métodos de referência; levantar e caracterizar a ocorrência de salinização de solos em ambientes protegidos na macro região de Campinas, especialmente nos municípios de Holambra, Atibaia e Atthur Nogueira.

REVISÃO DE LITERATURA

Efeitos da salinidade nas plantas

Um quarto de toda a área irrigada no mundo apresenta, em maior ou menor extensão, comprometimentos por sais (POSTEL, 1989). Os teores de sais limitam parcial ou totalmente o desenvolvimento da maioria das plantas (U.S.S.L.S., 1954). Esta limitação no crescimento, segundo KHALIL et al. (1967) é caracterizada por dois aspectos: baixo potencial osmótico e altas concentrações de sódio e outros íons como bicarbonato, borato, cloreto e lítio.

Se a salinidade do solo não é suficientemente alta para resultar em manchas improdutivas, pode caracterizar-se pela irregularidade no vigor vegetativo da cultura (U.S.S.L.S., 1954). Essa afirmativa tem sido confirmada em diversos experimentos com algodão (THOMAS & WIEGLAND, 1970), sorgo (FRANCOIS et al., 1984; BOURSIER & LAUCHLI, 1990), trigo (FRANCOIS et al., 1986; MAAS & GRIEVE, 1990), pepino (JONES et al., 1989; CHARTZOULAKIS, 1992; CHARTZOULAKIS, 1994), alfafa (ROGERS et al., 1998) e tomate (SCHWARZ & KUCHENBUCH, 1998; STANGHELLINI et al., 1998a).

A redução no crescimento induzida pela salinidade ocorre em maior extensão na parte aérea das plantas que nas raízes (DELLAMICO et al., 1996), sendo este efeito para MEIRI et al. (1970), resultado do tempo de exposição do sistema radicular ao meio salino. Para BERNSTEIN (1961), o turgor controla o crescimento de plantas, sendo que fatores causadores de perda de turgor induzem as raízes a crescer, em detrimento da parte aérea.

O déficit de água na zona radicular promove redução na condutância estomática que, por sua vez, reduz o processo fotossintético, causando redução na área foliar. Tal afirmativa encontra-se em concordância com experimentos realizados com jojoba (BENZIONI et al., 1996), oliva (TATTINI et al., 1997) e tomate (LONGUENESSE & LEONARDI, 1994; SCHWARZ & KUCHENBUCH, 1998; XU, et al., 1994; WILLUNSEN et al., 1996).

Tolerância de plantas à salinidade

Segundo MAAS & HOFFMAN (1977), a tolerância das culturas aos sais tem sido expressa como o decréscimo esperado da produção, para dado nível de sais na zona radicular, quando comparado com produções sob condições de não salinidade. Todavia, tolerâncias absolutas não podem ser determinadas, pois dependem de muitas variáveis de planta, solo,

água e clima (MAAS & HOFFMAN, 1977; LAUCHI & EPSTEIN, 1984). Plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar-se ao estresse osmótico e decréscimo no potencial osmótico celular, sem perda de turgor, exceto quando a salinização for abrupta; sendo os principais componentes osmóticos de glicófitas, os sais potássicos de ácidos orgânicos e açúcares. Para tal ajuste osmótico, as plantas utilizam energia metabólica extra que seria utilizada na promoção do crescimento (RAINS, 1984).

A tolerância de uma cultura à salinidade varia entre cultivares, sendo tais variações observadas para algodão (QUEIROZ & BÜLL, 2001), arroz (QADAR, 1995), citrus (YAKUSHIJI et al., 1992), ervilha (CERDA et al., 1982) e oliva (TATTINI et al., 1997).

Segundo BERNSTEIN (1963), a probabilidade de desbalanço nutricional é significativamente reduzida por soluções de sais misturados em relação a sais simples em solos salinos, com o que concordam KADDAH & GHOWAIL (1964). Com a elevação da salinidade, ocorre uma elevação nos níveis dos cátions e ânions constituintes do sal aplicado ao substrato, em detrimento dos demais, com o que concordam JONES et al. (1989) em experimento com pepino e GARCIA & CHARBIAN (1993) trabalhando com uva. Sob moderada salinidade, fertilizações com nitrogênio, fósforo e potássio podem contribuir para o desenvolvimento das culturas, conforme observado para arroz (QADAR, 1995) e trigo (SOLIMAN et al., 1994).

Alterações no potencial osmótico e concentração de íons ao nível celular, podem afetar sistemas enzimáticos. Têm-se atribuído às citocininas, como fator primário em sistemas de controle, a responsabilidade pela comunicação entre raízes e parte aérea em plantas estressadas por sal, estando a concentração de cinetina envolvida no controle de permeabilidade da membrana de estômatos (BENZIONI et al., 1967). Alterações no teor de aminoácidos, em função da salinização têm sido observadas em tomate, bem como elevações na concentração de ácido málico em pepino (MARTINEZ et al., 1994). Reduções na atividade da ATP redutase em cevada (YAMASHITA & MATSUMOTO, 1997) e nitrato redutase em trigo (SOLIMAN et al., 1994), também têm sido relatadas.

Devido à interação dos sais com membranas celulares, pelas drásticas alterações que ocorrem na semente após a embebição, diversas funções das membranas podem ser afetadas, tal como permeabilidade, transporte de solutos orgânicos e inorgânicos e secreção, causando algumas vezes alterações estruturais (BLISS et al., 1984).

Desse modo, a salinidade afeta praticamente todos os processos fisiológicos e metabólicos das plantas, além de incrementar o déficit hídrico, sendo frequentemente proporcional ao potencial osmótico da solução do solo.

Salinização em ambientes protegidos

Pode-se definir o termo ambiente fechado em dois sistemas, ambientes protegidos que engloba as instalações com menos recursos tecnológicos (estufas e túneis de vegetação) e os ambientes controlados, onde os principais elementos meteorológicos são controlados por equipamentos automatizados (HOSSOKAWA, 1997).

Os efeitos da salinidade não ocorrem somente em solos salinos, mas também em outros sistemas de crescimento, como em culturas em ambiente protegido (LONGUENESSE & LEONARDI, 1994). Devido à combinação do nível de fertilização relativamente alto na água de irrigação, associado às taxas de transpiração observadas em tais condições, os níveis de sal no meio radicular podem elevar-se como resultado da desproporção entre a absorção de água e soluto pelas raízes (VAN IEPERIN, 1996).

NICHOLS et al. (1995) observaram que apesar da elevação na qualidade dos frutos de tomate, sob moderada salinidade, em condições de casa de vegetação, registrou-se uma maior redução na produção que sob condições de campo. Tais problemas se agravam com a sucessão de cultivos num mesmo solo, como observado por DELLACECA & MIGGIANO (1996), em cinco anos de cultivo com tomate.

Sob condições de ambiente protegido tem-se verificado o efeito deletério de sais para diversas culturas como aipo (LEONARDI, 1998), alho (MANGAL et al., 1990), cebola (LORENZ & MAYNARD, 1988), pepino (AL-HARBI, 1994; CHARTZOULAKIS, 1995), pimentão (CORNILLON & AUGE, 1995), tomate (STANGHELLINI et al., 1998b; WILLUNSEN et al., 1996) e trigo (MAAS & GRIEVE, 1990). ROSA (1997) relatou que atualmente, na Espanha e Portugal, registram-se problemas inerentes às técnicas culturais praticadas em ambientes protegidos, dentre eles a salinidade, resultando em redução de crescimento e de produtividade; tal efeito se deve à ação conjugada de vários fatores, em especial redução da área foliar, taxa de absorção de CO₂, aumento da taxa respiratória e redução da síntese protéica.

Influência do sistema de irrigação sobre a salinidade do solo

Os sistemas de irrigação apresentam diferentes eficiências e uniformidades de aplicação de água, interferindo na concentração e distribuição dos sais no solo. Um problema comum a todos os sistemas de irrigação é a presença de manchas salinas nas áreas irrigadas, provocadas pela insuficiente infiltração de água para lixiviar os sais acumulados (AYERS & WESTCOT, 1991).

Os perfis de salinidade do solo diferem marcadamente entre os vários sistemas de irrigação, devido às diferenças na distribuição de água. Os sistemas de irrigação por inundação e aspersão são projetados para distribuir água de maneira uniforme sobre toda a área irrigada, produzindo o acúmulo da maior parte dos sais na parte inferior da zona radicular, todavia a quantidade de sais que se acumula depende da fração de lixiviação empregada. Para JENSEN (1980) se a frequência de irrigação é baixa e a evaporação da superfície do solo é alta, a salinidade do solo, particularmente próximo à superfície, cresce com o tempo entre as irrigações.

Os sistemas de irrigação por sulcos e gotejamento aplicam água somente em parte da superfície do terreno. Em irrigações por sulcos, a distribuição de sais altera-se com a profundidade ao deslocar-se com a água gravitacional, e na superfície do solo, por ascender com a água capilar, onde acumula-se por efeito da evaporação. Para BRESLER (1975), a distribuição dos sais em solos arenosos varia do formato elipsoidal a circular, com o acréscimo na taxa de aplicação de água. Em solos de textura fina a água pode mover-se mais lateral que verticalmente, com o acréscimo na taxa de aplicação de água, resultando em acumulação superficial de sais. Na irrigação por gotejamento, os sais acumulam-se na periferia do bulbo molhado pelos emissores e, por ascensão capilar, na superfície do solo.

Em levantamento realizado pela Associação dos Engenheiros Agrônomos do Estado de São Paulo no ano de 1995, citado por GROTO & TIVELLI (1998), verificou-se que em 38,1% da área cultivada em ambiente protegido eram utilizados sistemas de irrigação por gotejamento, em 35,5% eram utilizados sistemas por aspersão, enquanto o uso de mangueiras representava 18,3% da área total.

Para AYERS & WESTCOT (1991), utilizando-se a irrigação por gotejamento e águas de boa qualidade, pode-se obter rendimentos comparáveis ou ligeiramente superiores aos rendimentos conseguidos com outros sistemas; no entanto, quando se utiliza águas mais

salinas ($CE > 1,0 \text{ dS.m}^{-1}$), os rendimentos são freqüentemente superiores. Isto porque, através deste sistema, a água aplicada encontra-se mais disponível às plantas, devido ao maior teor de água no solo ocupado pelas raízes, o que reduz o efeito do componente osmótico sobre o potencial total de água no solo.

Para JENSEN (1980) é difícil avaliar o processo de salinização comparativamente entre os sistemas de irrigação devido a pequenas, mas significativas diferenças encontradas nas práticas culturais associadas a cada sistema.

Fertirrigação e salinidade

Em anos recentes, a prática da fertirrigação vem se expandindo na agricultura brasileira, por representar uma tecnologia extremamente eficiente, tanto do ponto de vista técnico, quanto econômico. Para PADILLA (1997) a fertirrigação permite fornecer às plantas os nutrientes nos momentos em que estas necessitam, nas proporções e quantidades específicas que estas requerem em diferentes etapas de seu ciclo, isto é, desenvolvimento da plântula, crescimento vegetativo, floração e maturação dos frutos.

Segundo HARRISON (1968), a fertirrigação vem sendo utilizada com sucesso, em diversas áreas dos Estados Unidos, desde 1930, em especial pelo sistema de aspersão (BRYAN & THOMAS, 1958). Nas regiões áridas e semi-áridas essa técnica é plenamente aplicável, uma vez que a irrigação é componente obrigatório no processo de produção. Nas regiões úmidas a irrigação pode ser dispensável, porém em ambientes protegidos, onde não ocorre a interferência de chuvas, a irrigação torna-se imprescindível como veículo de suprimento de água às plantas, tal como na produção de hortaliças, alho, cebola e floricultura (GODOY, 1988). A prática da fertirrigação, apesar de recente, vem se desenvolvendo em larga escala, atingindo hoje área superior a um milhão de hectares; sendo os países com maior tradição os Estados Unidos, Austrália, África do Sul, México, Israel e Espanha (VIVANCOS, 1996).

No Brasil, somente nos últimos anos a fertirrigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários de sistemas de irrigação localizada e de pivô central os que fazem uso mais freqüente desta (COELHO, 1994). Para o cultivo protegido, devido ao seu baixo consumo de água e energia, além da potencialidade para utilização de água com teor de sais solúveis mais elevado, o sistema de irrigação por gotejamento é o mais conhecido e recomendado. O uso da fertirrigação em ambientes protegidos tem sido relatado para diversas

culturas como tomate (COCKSHULL, 1998; CUARTERO & SORIA, 1996; GALLEGO et al., 1996) e pepino (CHARTOZOULAKIS, 1994).

Observações do efeito do estresse salino em culturas sob fertirrigação, devido ao potencial salinizador inerente a esta prática, têm sido relatadas para diferentes culturas, como pepino (PLUDA et al., 1993), tomate (DELLACECA & MIGGIANO, 1996) e trigo (MAAS & GRIEVE, 1990).

As doses de fertilização relativamente altas, associadas a quantidade de água aplicada, tem importante papel, não somente no acréscimo de produção, mas também na salinidade do solo; sendo um problema de difícil solução sob crescimento intensivo em ambientes controlados, com o que concordam DELLACECA & MIGGIANO (1996). Sob condições de ambiente protegido, na província da Almeria na Espanha, RAYA et al. (1992) atribuíram preferivelmente ao acréscimo na salinidade ao sistema de irrigação e tipo de fertilizante utilizado do que a qualidade da água de irrigação.

Métodos para determinação da salinidade

Diagnose, manejo e recuperação de solos salinos requerem informações espaciais sobre os níveis de salinidade do solo. Nos primeiros trabalhos que visavam avaliar a salinidade do solo, observou-se que a determinação da resistência elétrica do solo estimava adequadamente seu teor de sais solúveis. Todavia, por elevar-se com o aumento no teor de sais solúveis, a determinação da condutividade elétrica do solo passou a ser adotada, como forma de simplificar a interpretação das leituras.

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da habilidade inerente a um meio para transferir uma corrente elétrica, estando estreitamente correlacionada à concentração total de eletrólitos dissolvidos (íons) em solução, uma vez que a água por si só é pobre condutora de energia; sendo comum o seu uso para expressar a concentração total de sais dissolvidos numa amostra aquosa.

Os métodos para obtenção de amostras da solução do solo não são práticos para condições típicas de campo, por isto os extratos aquosos de amostras de solo são usuais para a obtenção da condutividade elétrica, como no extrato de saturação (CE_{es}) e permitem, ainda, volume suficiente de amostra para a análise individual da composição de solutos, tais como Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , SO_4^- , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , e NO_3^- (RHOADES, 1994). Por correlacionar-se com os diferentes valores de umidade que ocorrem em campo, o método laboratorial do

extrato de saturação tornou-se padrão para a determinação da salinidade de solos. Determinações feitas em solos de diferentes texturas indicam que a umidade de saturação é aproximadamente igual a quatro vezes aquela obtida em solos com potencial matricial de quinze atmosferas. A concentração de sais solúveis do extrato de saturação tende, portanto, a ser aproximadamente igual à metade da concentração da solução do solo no seu limite máximo de retenção de umidade na capacidade de campo e aproximadamente igual a quarta parte da concentração no limite inferior de umidade (U.S.S.L.S., 1954).

Além dos métodos laboratoriais, métodos de campo podem ser utilizados para determinar a salinidade do solo. Os métodos laboratoriais, apesar de mais precisos, demandam tempo e por isto limitam o número de determinações. Desta forma, fez-se necessário o desenvolvimento de metodologias que pudessem realizar determinações com maior rapidez e precisão. Em condições de campo destacam-se os equipamentos com sensores capazes de medir a condutividade elétrica total de um volume de solo (CE_{vs}): sensores de indução eletromagnética e TDR, amplamente utilizados, especialmente quando se deseja informações imediatas, visando o mapeamento ou monitoramento das variações da salinidade (QUEIROZ et al., 1997).

Outras metodologias estão disponíveis para determinação da condutividade elétrica da água dos poros (CE_a), como extratores à vácuo e sensores de salinidade. Leituras realizadas com sensores de salinidade podem ser de difícil confiabilidade em solos sódicos, estratificados e heterogêneos, onde o padrão de distribuição pode ser irregular, todavia existem sensores compactos atualmente disponíveis comercialmente, que permitem a realização de grande número de leituras (RHOADES, 1994).

Dentre os sensores recentemente desenvolvidos, destaca-se o Sigma Probe, modelo EC1, da marca Delta-T. Estes permitem a leitura direta da condutividade elétrica da água dos poros, todavia sua faixa de leitura se restringe a valores entre 0,5 E 10 $dS \cdot m^{-1}$, não sendo recomendados para solos com elevados teores de ferro, além de vertissolos (SOWACS, 2004). Estes aplicam um modelo matemático às leituras realizadas, associados a baixas frequências, de modo a eliminar a necessidade de calibração específica para cada solo. Tais sensores carecem, ainda, do estabelecimento de relações entre as leituras da condutividade elétrica da água dos poros e condutividade elétrica do extrato de saturação para as diversas condições de textura e teor de matéria orgânica de solos que ocorrem no Brasil.

O uso de extratores de solução do solo, por basear-se em pontos de amostragem, pode fornecer apenas indicações das variações relativas na quantidade de fluxo de soluto, mas não quantidades totais, a menos que a frequência de distribuição destas medições seja estabelecida. Uma vez que a composição e distribuição da água do solo não são homogêneas através de sua massa, a água drenada através de muitos poros sob baixas sucções (coletadas em extratores a vácuo), deve ter composição muito diferente da água extraída dos poros menores. Para YADAV et al. (1979), os extratores de solução podem monitorar precisamente a salinidade da solução do solo sob uma tensão de umidade inferior a 2 bars. RHOADES (1994) estabelece que vários erros na amostragem da água do solo podem ocorrer pelo uso de extratores, incluindo fatores relacionados à sorção, lixiviação e difusão através da cápsula porosa, taxa de entrada e tamanho da amostra.

NADLER (1991) afirma que métodos elétricos como técnica de quatro eletrodos e TDR apresentam dependência do conhecimento, nas relações da condutividade elétrica das amostras *versus* condutividade elétrica da solução do solo, da textura, teor de água e a distribuição de água sob uma grande variação no tamanho de poros em um solo. Trabalhando com solos de diversas texturas observou a similaridade entre os resultados obtidos pelas duas técnicas, independente do fato das amostras serem deformadas ou indeformadas; isto se deve a maior alteração observada na macro estrutura e a maior estabilidade dos micro agregados (20-25 μm de diâmetro).

O método da reflectometria de microondas (TDR) baseia-se no sensível efeito do conteúdo de água no solo sobre a velocidade de propagação de pulsos de microondas em cabos condutores no solo, pela diferença entre as constantes dielétricas da água e as dos componentes da matriz do solo. Este método reúne importantes vantagens como não ser destrutivo, apresentar rapidez nos resultados e a garantia de segurança do operador no seu manuseio. Para WRAITH & DAS (1998) o TDR exhibe uma habilidade única de medir o teor de água do solo e a condutividade elétrica total do solo (CE_a), desde que se considere a heterogeneidade resultante de diferenças espaciais nas propriedades do solo, irrigação, distribuição de fertilizantes e absorção de água pelas plantas, na calibração do equipamento.

Para TOMMASELLI (1997) uma das desvantagens desse método na determinação da umidade é a necessidade de uma curva característica para cada tipo de solo e o intervalo de funcionamento entre 0 e 0,6 atm. A calibração do instrumento seria universal, todavia a

relação existente entre velocidade de propagação e teor de umidade varia com a textura, salinidade e teor de matéria orgânica dos solos.

Segundo JONES et al. (2002), em meios porosos com elevada superfície específica, como solos argilosos, ocorre adsorção de uma fração substancial da fase líquida, resultando em reduzida constante dielétrica aparente, quando comparada a materiais de pequena superfície específica, como solos arenosos, sob níveis similares de teor de água.

A aplicação da TDR é limitada para solos com moderada a baixa salinidade (OR & JONES, 2001), a menos que medidas sejam adotadas para preservar a reflexão que ocorre no final da onda eletromagnética. JONES et al. (2002) sugerem o uso de probes curtos entre 2 e 3 cm para determinação da umidade em solos com elevada salinidade, acima de 6 dS.m^{-1} , usando-se o domínio da frequência.

Deste modo, a medida da condutividade elétrica passa a ser baseada na atenuação da voltagem do sinal aplicado ao solo. As ondas eletromagnéticas se propagam através dos probes inseridos no solo, sendo a energia do sinal atenuada proporcionalmente à condutividade elétrica do meio.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliação de metodologias para determinação de umidade e salinidade

Essa 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 diferentes metodologias para determinação da salinidade do solo. O objetivo foi determinar a metodologia que apresentasse a melhor correlação com a metodologia do extrato de saturação, de modo a aprofundar os conhecimentos sobre os parâmetros envolvidos nas medidas e fatores intervenientes, além de facilitar a operacionalização da fase de coleta de dados nas visitas às propriedades.

Nesta etapa do experimento utilizaram-se três solos com diferentes texturas representativas da macro região de Campinas. 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), sob condições de densidade do solo próximas àquelas do seu estado original (através da determinação de massa e volume contidos nos recipientes). Esses recipientes foram divididos em lotes separados de cinco amostras que foram levados, cada um, à saturação em soluções com salinidade de 0, 2, 4, 8, e 12 dS. m⁻¹, utilizando NaCl (p.a.), e deixados secar ao ar (Figura 1).

Os solos avaliados foram caracterizados fisicamente através da análise granulométrica e densidade global conforme EMBRAPA (1997), sendo suas curvas características obtidas pelo método da placa de pressão e membrana de RICHARDS (1947), ambas realizadas no Laboratório de Solos da FEAGRI/UNICAMP. Amostras de solo foram coletadas e enviadas ao Laboratório de Análise de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas e analisadas conforme metodologia descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983). Todas as determinações foram realizadas antes do início do experimento, de modo a reproduzir condições semelhantes nos recipientes plásticos.

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

- Sensor de salinidade: equipamento marca Delta-T, modelo Sigma Probe tipo EC1 (Figura 2), monitorando a umidade diariamente para realização de três leituras nos solos, com data

logger (doravante denominado como Sigma Probe). Apresenta frequência de trabalho em 30 MHz, sendo recomendado para solos com salinidade em até 10 dS.m^{-1} a 25° C .

- TDR: equipamento marca Tektronix, modelo 1502 C, com a mesma frequência de leituras do equipamento anterior (doravante denominado TDR) com hastes de 10 cm (Figura 3). Apresenta frequência de trabalho em 1,4 GHz.
- Extratores de solução a vácuo (Figura 4), inseridos horizontalmente a meia altura do recipiente (7 cm), sendo as leituras realizadas em concomitância com os demais equipamentos.



Figura 1. Recipientes plásticos divididos em lotes de 5 amostras prontos para receber a solução.

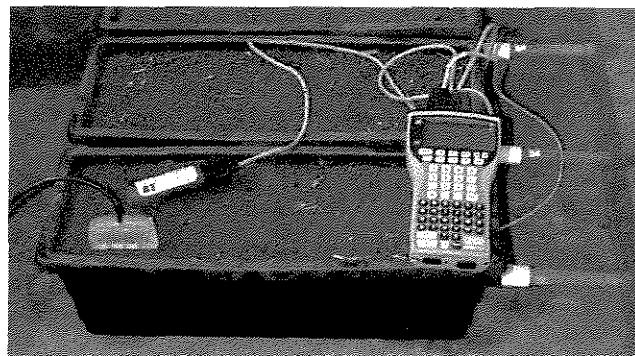


Figura 2. Equipamento Sigma Probe.

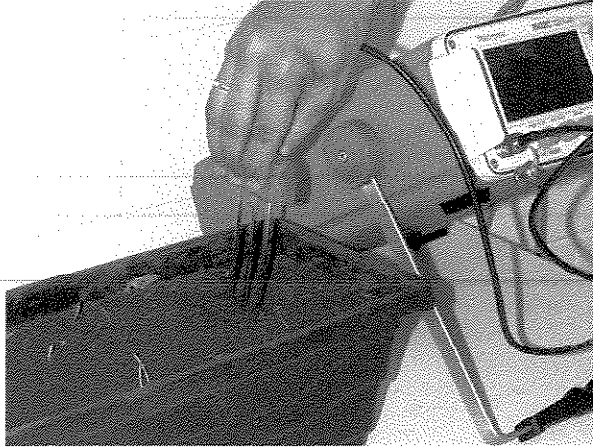


Figura 3. Inserção de sonda em recipiente plástico com solo para leituras através da TDR.

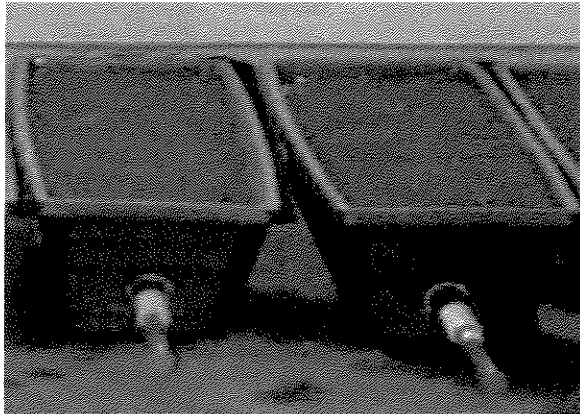


Figura 4. Inserção do extrator a vácuo no recipiente plástico.

Para os métodos Sigma Probe e TDR, a condutividade elétrica foi determinada pela inserção das sondas em local próximo às cápsulas do extrator de solução nos recipiente. Para os dois equipamentos as leituras da constante dielétrica aparente (K_a) foram correlacionadas a umidade volumétrica. O equipamento Sigma Probe possibilitava a leitura direta de condutividade elétrica da água (CE_a) e para o testador de cabo Tektronix a condutividade elétrica do volume de solo (CE_{vs}) foi obtida por metodologia descrita por Or et al. (1998). A impedância característica da sonda (Z_o , em Ω), depende exclusivamente da geometria da linha e foi calculada por:

$$Z_o = 60 \cdot \ln(2 \cdot s/d) \quad (1)$$

Sendo:

s – raio do condutor externo, m.

d – diâmetro do condutor interno, m.

Os valores de constante dielétrica aparente (K_a) do meio poroso (solo), foram calculados por:

$$K_a = (t \cdot c/L) \quad (2)$$

Sendo:

t – tempo de deslocamento (ns)

c – velocidade da luz ($30 \text{ cm} \cdot \text{ns}^{-1}$)

L – comprimento da haste, cm.

Os valores de condutividade elétrica do volume de solo (CE_{vs}), foram calculados por:

$$CE_{vs} = (Z_o/120 \cdot \pi \cdot L) \cdot (Z_o/Z_u) \cdot \{2 \cdot V_o/V_f - 1\} \cdot 10 \quad (3)$$

Sendo:

CE_{vs} – condutividade elétrica do volume de solo, $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$

Z_u – impedância do cabo (50Ω)

V_o – voltagem emitida

V_f – voltagem recebida

No método de extração de solução do solo, esta foi coletada em recipientes, sob tensão próxima a 70 kPa, logo após as leituras com os equipamentos eletromagnéticos, sendo então obtido o valor de condutividade elétrica, utilizando-se condutivímetro digital de bancada.

Os resultados obtidos pelos métodos avaliados foram comparados com aqueles obtidos através da metodologia de obtenção do extrato de saturação descrita pela EMBRAPA (1997), à partir de amostras coletadas nos recipientes plásticos ao final das leituras com os métodos acima descritos. Das amostras, 200 a 300 g foram coletadas e colocadas em Becker plástico de 400 ml. Foi-se adicionando água destilada à amostra até a massa do solo adquirir aspecto brilhante ou espelhante, quando a pasta desliza suavemente na espátula. Deixou-se a massa de solo em repouso por 4 horas, sendo então transferida para funil de Buckner (contendo papel de filtro e adaptado a Kitasato de 500 ml). Utilizando bomba de vácuo, aplicou-se sucção e coletou-se o filtrado. Para leitura da condutividade elétrica, nesta solução, utilizou-se condutivímetro digital Digimed DM-30. De maneira a associar as leituras obtidas através dos equipamentos testados com aqueles obtidos através do extrato de saturação, sob qualquer valor de umidade dos solos, utilizou-se a seguinte relação:

$$CE_{es} * \varepsilon = CE_{cc} * \theta_{cc} = CE_{pm} * \theta_{pm} = CE(\theta) * \theta = \text{constante} \quad (4)$$

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 %.

Monitorou-se a umidade do solo em cada recipiente, em intervalos de um dia, mediante a pesagem dos vasos, utilizando-se balança eletrônica Filizola, modelo MF-100, com precisão de 20 g, obtendo-se a umidade em peso seco. Esta, por sua vez, foi correlacionada a umidade volumétrica (θ) através da densidade do solo.

Diagnóstico do processo de salinização

Essa etapa foi definida e desenvolvida de forma a se obter um quadro real da situação atual de manejo do sistema produtivo, sob condições de ambiente protegido, na macro região

de Campinas. Após a fase laboratorial, onde se definiu o uso do método Sigma Probe para avaliação da salinização, pelas melhores correlações dos resultados com os métodos de referência, foram realizadas visitas a produtores, por indicação da CATI, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, quando se procedeu ao levantamento e caracterização dos sistemas de produção. Nesta fase foram visitadas 15 (quinze) propriedades abrangendo diferentes condições de sistemas produtivos em canteiros, utilizando diferentes sistemas e métodos de irrigação, distribuídas nos municípios de Holambra, Atibaia e Arthur Nogueira.

Mediante visitas preliminares a produtores, coletou-se subsídios para o desenvolvimento de um questionário de entrevista (Anexo1) e da metodologia de coleta de dados. A metodologia desenvolvida baseia-se no fluxograma apresentado na Figura 5. O questionário aplicado considerou aspectos relacionados à identificação da propriedade, caracterização da produção, do tipo de estufa, do sistema de irrigação, da fonte de água, do método de cultivo, da adubação e tipo de cultura. Após seu preenchimento, eram realizadas as caracterizações relacionadas à determinação da condutividade elétrica, em cada propriedade, nos pontos de aplicação de água.

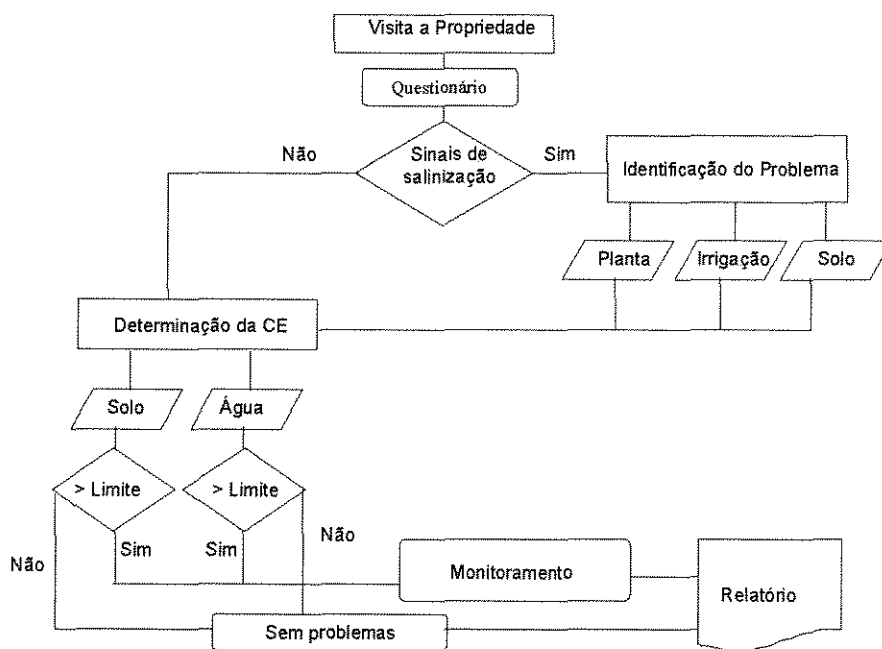


Figura 5. Fluxograma para caracterização de processos de salinização em ambiente protegido

Utilizando o sensor Sigma Probe, obtiveram-se leituras da condutividade elétrica da água do solo (Figura 6.), 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 na umidade 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 latas 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 físicas mencionadas, conforme descrito em EMBRAPA (1997).

As leituras de condutividade elétrica no solo, foram realizadas em, pelo menos, dois canteiros por propriedade (a depender da área sob ambiente protegido), conforme a Figura 7, sendo considerado, para fins de análise, o valor médio das leituras realizadas.

Foram coletadas, ainda, amostras de água da fonte de abastecimento e soluções de fertirrigação (desde que utilizadas na propriedade). As amostras foram acondicionadas em recipientes de vidro e levadas a laboratório. As determinações de condutividade elétrica foram realizadas em condutivímetro digital Digimed DM-30 e o pH foi determinado em pHmetro digital Digimed DM-31.

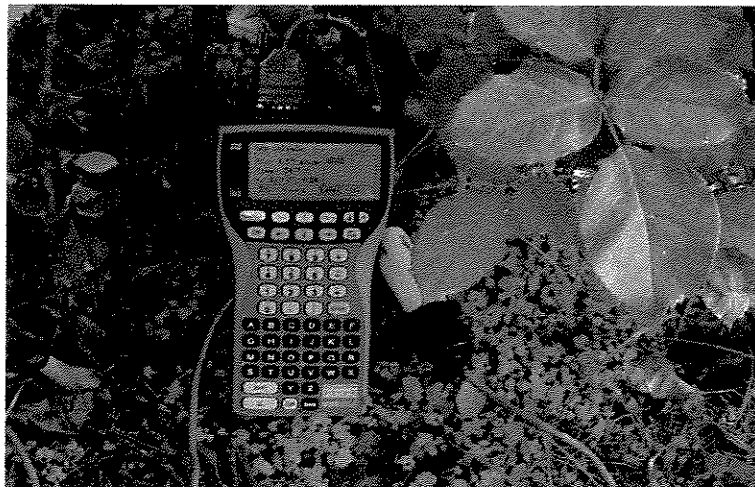


Figura 6. Uso do sigma Probe, em canteiro, na fase de visita às propriedades.

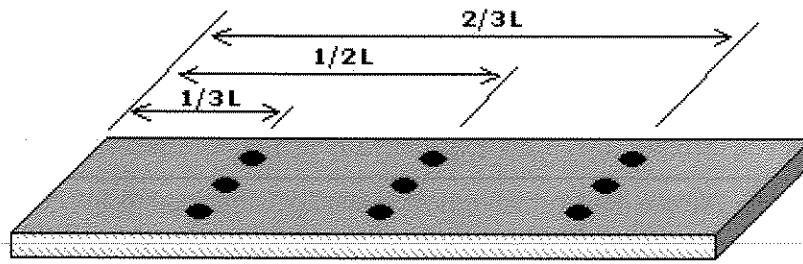


Figura 7. Pontos de amostragem nos canteiros das propriedades visitadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia definida, inicialmente foi desenvolvida a fase laboratorial do experimento, constando da caracterização dos solos utilizados no experimento e da avaliação de equipamentos para determinação de umidade e condutividade elétrica, comparando-os aos métodos de referência. Posteriormente, o equipamento de melhor desempenho, bem como as equações de regressão obtidas para cada solo, foram aplicados na fase de visitas às propriedades na região preestabelecida.

Fase Laboratorial

Os resultados de leitura obtidos pelos equipamentos, permitiram avaliar a correlação destes com os resultados obtidos pelas metodologias de referência para umidade e condutividade elétrica, sob diferentes condições de salinidade, textura e teor de água do solo.

Caracterização dos solos

As análises químicas e físicas para os solos avaliados no experimento apresentaram os seguintes resultados:

Tabela 1: Análise química para amostra de solo com textura arenosa.

M. O.	PH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S. B.	CTC	V
(g/dm ³)	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol/dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	%
11	5,8	6	0,7	10	6	11	16,7	27,5	61

Tabela 2: Análise granulométrica e densidade determinada para o solo.

Análise granulométrica	% de argila	% de Silte	% de areia
	7	6	87
Densidade (Kg/m ³)	1,41		

Os dados relativos ao solo apresentado na Tabela 2 caracterizam-no, através da análise granulométrica, como areia-franca, segundo CAMARGO et al., 1986.

Tabela 3: Análise química para amostra de solo com textura média.

M. O.	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S. B.	CTC	V
(g/dm ³)	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	(mmol _e /dm ³)	%
4	5,9	4	3,5	34	10	15	47,5	62,3	6

Tabela 4. Análise granulométrica e densidade determinada para o solo.

Análise granulométrica	% de argila	% de Silte	% de areia
	29	15	56
Densidade (Kg/m ³)	1,21		

Pela Tabela 4, pode-se caracterizar o solo como franco-argiloso (CAMARGO et al., 1986).

Tabela 5. Análise química para amostra de solo com textura argilosa.

M. O.	PH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S. B.	CTC	V
(g/dm ³)	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	(mmol./dm ³)	(mmol./dm ³)	(mmol./dm ³)	(mmol./dm ³)	(mmol./dm ³)	(mmol./dm ³)	%
40	5,2	90	3,2	38	11	42	52,2	94,5	55

Tabela 6. Análise granulométrica e densidade determinada para o solo.

Análise granulométrica	% de argila	% de Silte	% de areia
	62	15	23
Densidade (Kg/m ³)	1,125		

Os dados de composição granulométrica apresentados na Tabela 6 caracterizam o solo como muito argiloso por CAMARGO et al., 1986.

Determinação da umidade

Pela possibilidade de realização simultânea de leituras de condutividade elétrica e umidade do solo, foram obtidas curvas de calibração específicas para umidade, aplicáveis aos solos avaliados no experimento, como preconizado por TOMASELLI, 2001, ou seja, agrupando os dados em solos não salinos ($CE_{es} < 4 \text{ dS.m}^{-1}$ a 25°C) e salinos ($CE_{es} > 4 \text{ dS.m}^{-1}$ a 25°C).

Apesar de freqüentemente serem adotadas regressões polinomiais do 3° grau, nas curvas de calibração para umidade específicas de solos, diante dos resultados da análise estatística, adotou-se a regressão linear, uma vez que seus resultados foram mais representativos do fenômeno, especialmente para solos salinos e de textura fina.

Os resultados obtidos pelos equipamentos para umidade e condutividade elétrica, bem como as tabelas de análise de variância e equações obtidas para as regressões, estão apresentados no Anexo 3.

A Figura 8 apresenta os resultados de leitura de constante dielétrica aparente obtidos através dos equipamentos Sigma probe e TDR, relacionando-os com as determinações de

umidade obtidas. Sob tais condições observa-se que a equação ajustada para os dados obtidos através da TDR, apresenta um comportamento superior aquela obtidos através do Sigma Probe. Este resultado é função da diferença de frequência do pulso eletromagnético dos dois equipamentos e pela menor representatividade da parte imaginária da constante dielétrica aparente, em solos arenosos.

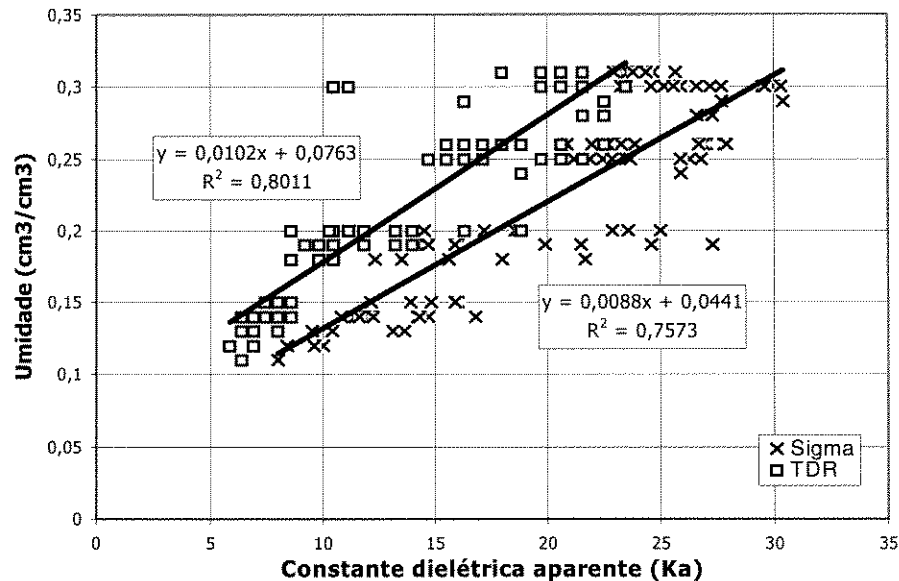


Figura 8. Análise de regressão para valores de umidade e constante dielétrica aparente em solo arenoso, sob influência da salinidade.

Com o objetivo de observar o comportamento das metodologias eletromagnéticas, sob influência da salinidade dos solos, se desdobrou a avaliação em duas diferentes condições: solos não salinos ($CE_{es} < 4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$) e solos salinos ($CE_{es} > 4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$). Os valores de condutividade elétrica do solo que permitiram tal desdobramento foram obtidos através da metodologia do extrato de saturação para os solos avaliados. Os resultados obtidos para o solo arenoso não salino e salino estão nas Figura 9 e Figura 10, respectivamente.

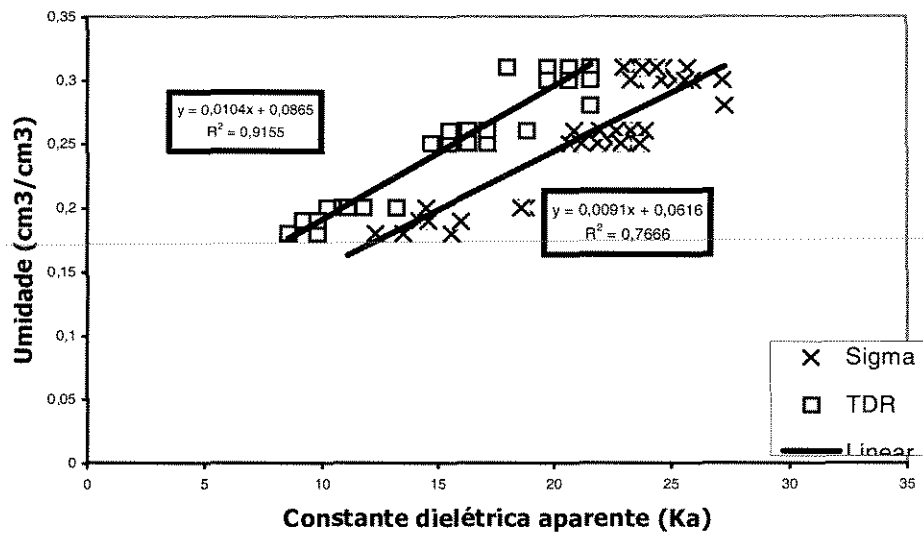


Figura 9. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo arenoso não salino.

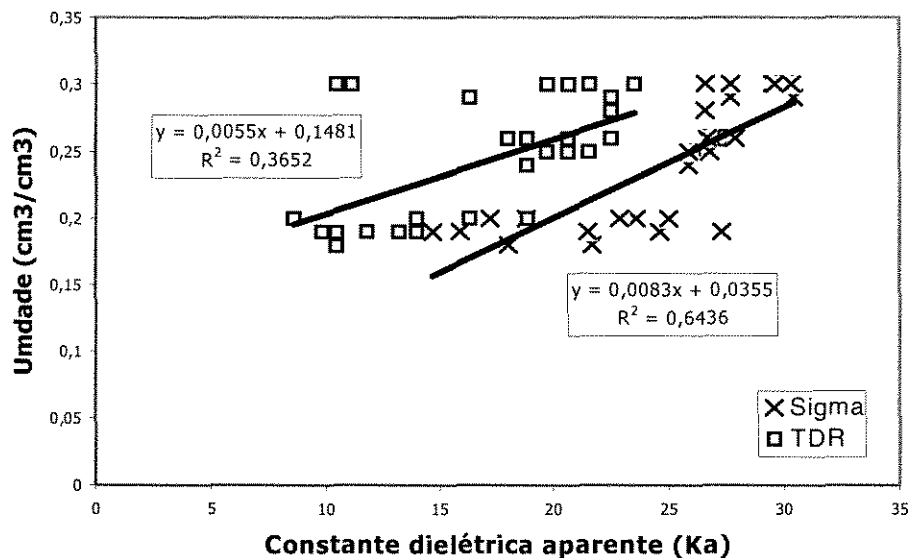


Figura 10. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo arenoso salino.

Nas figuras acima observa-se uma maior influência da salinidade sobre a correlação das determinações da constante dielétrica aparente (K_a ou ϵ) medidas pela técnica da TDR, possivelmente por influência da atenuação do sinal eletromagnético, como já observado por PERSON (1997) e OR et al. (1998). A menor influência observada sobre as leituras efetuadas com o Sigma Probe pode ser atribuída ao tratamento matemático embutido no equipamento,

isolando o efeito da taxa de energia dissipada no meio, ou seja, a parte imaginária da constante dielétrica (ϵ''), já que $\epsilon = \epsilon' + \epsilon''$. Para LIU & PINTO (1996), sob pulsos eletromagnéticos de frequências entre 10 e 100 MHz, como no Sigma Probe (30 MHz), há uma maior sensibilidade à atenuação do sinal que sob frequências superiores a 1 GHz, como no caso da TDR. Nestas condições, segundo WYSEURE et al. (1997), a metodologia da TDR sistematicamente superestima o conteúdo de água, fato também relatado por WANG & SCHMUGGE (1980) e NOBORIO et al. (1994).

A Figura 11 podem ser observados os resultados de leitura de constante dielétrica aparente obtidos pelo Sigma Probe e pelo TDR, quando comparados às leituras realizadas de umidade volumétrica, no solo de textura média. Com a elevação no teor de argila do solo observou-se uma redução do coeficiente de determinação da regressão entre os resultados das metodologias eletromagnéticas com os valores de umidade volumétrica, uma vez que os valores de condutividade elétrica no solo foram semelhantes àqueles observados no solo arenoso. HALLIKAINEN et al. (1985), avaliando cinco diferentes tipos de solo, observaram que sob qualquer teor de água e faixa de frequência entre 1,4 e 18 GHz, a parte real da constante dielétrica (ϵ') é proporcional ao teor de areia e inversamente proporcional ao teor de argila.

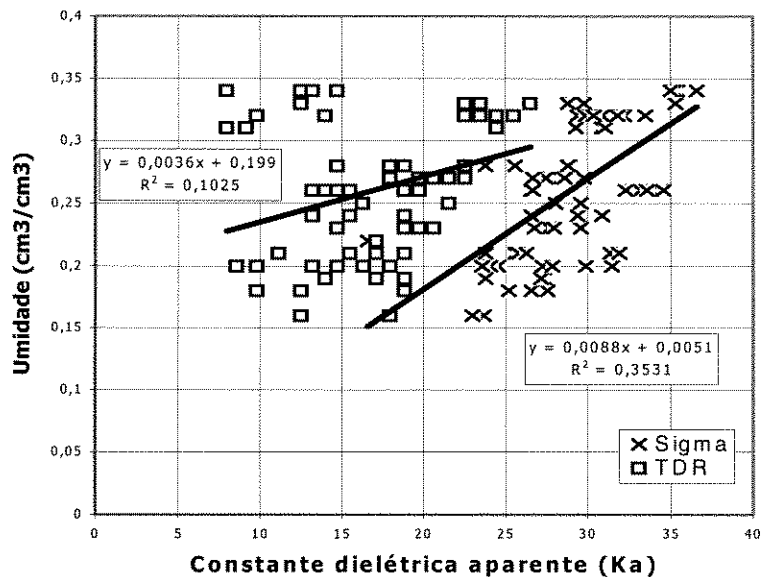


Figura 11. Análise de regressão para valores de umidade e constante dielétrica aparente em solo de textura média não salino, sob influência da salinidade.

Observa-se na Figura 12 e Figura 13 o comportamento dos equipamentos eletromagnéticos para solo de textura média em condições não salina e salina, respectivamente.

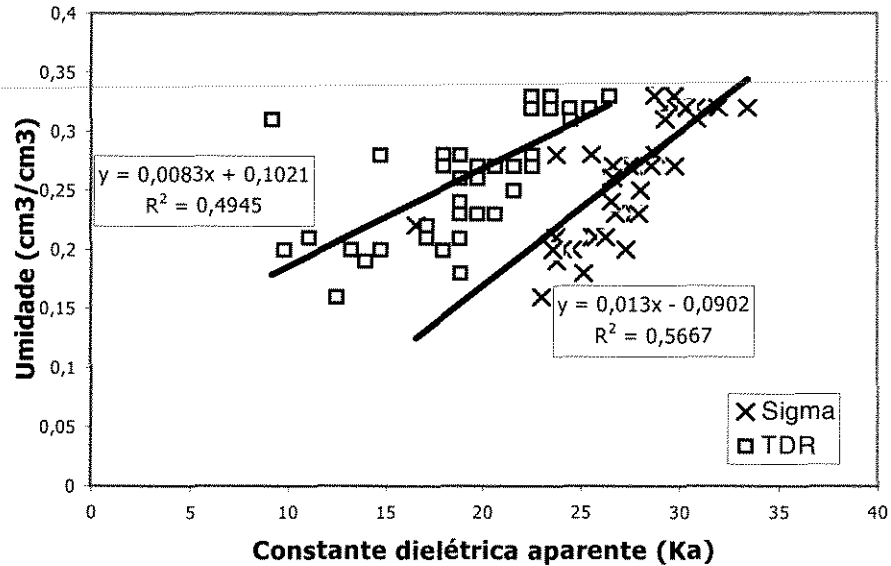


Figura 12. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo de textura média não salino.

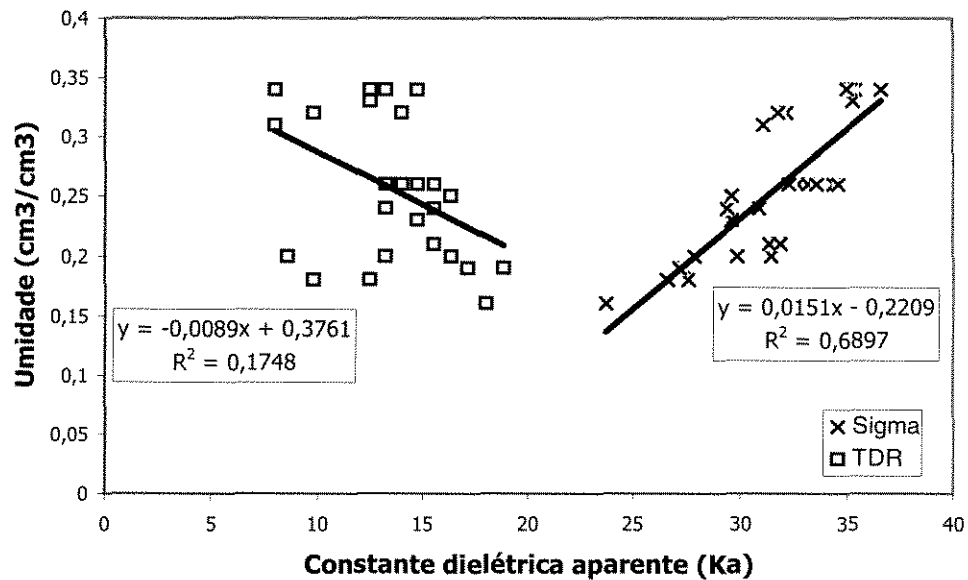


Figura 13. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo de textura média salino.

Para as condições de umidade avaliadas no solo de textura média, as metodologias eletromagnéticas se mostraram pouco eficientes para determinar, com acurácia, a umidade

volumétrica. Todavia, em análise isolada, o equipamento Sigma Probe apresentou melhor correlação sob condições salinas que em condições de solo normal. O TDR apresentou melhores resultados sob condições de solo não salino, já que em condições de solo salino apresentou uma elevada dispersão. Além da interação entre salinidade e textura do solo, pode haver interferência pela presença de materiais magnéticos no solo, como óxidos de ferro, nos resultados obtidos (ROTH et al., 1992); contudo, as análises realizadas neste experimento não permitem confirmar tal observação

Os resultados obtidos para o solo de textura argilosa utilizado neste experimento, estão apresentados nas Figura 14, Figura 15 e Figura 16. Apesar da variação no comportamento das leituras, o Sigma Probe apresentou um resultado superior aquele obtido com o uso da TDR. Fica evidente a influência da interação entre salinidade e textura do solo, sobre a precisão das leituras dos equipamentos eletromagnéticos, apesar de TOMMASELLI (2001) considerar o conteúdo volumétrico de água e a estrutura do solo como as mais importantes variáveis na determinação da constante dielétrica aparente em solos normais, às quais NADLER et al. (1999) acrescenta a geometria das partículas do solo.

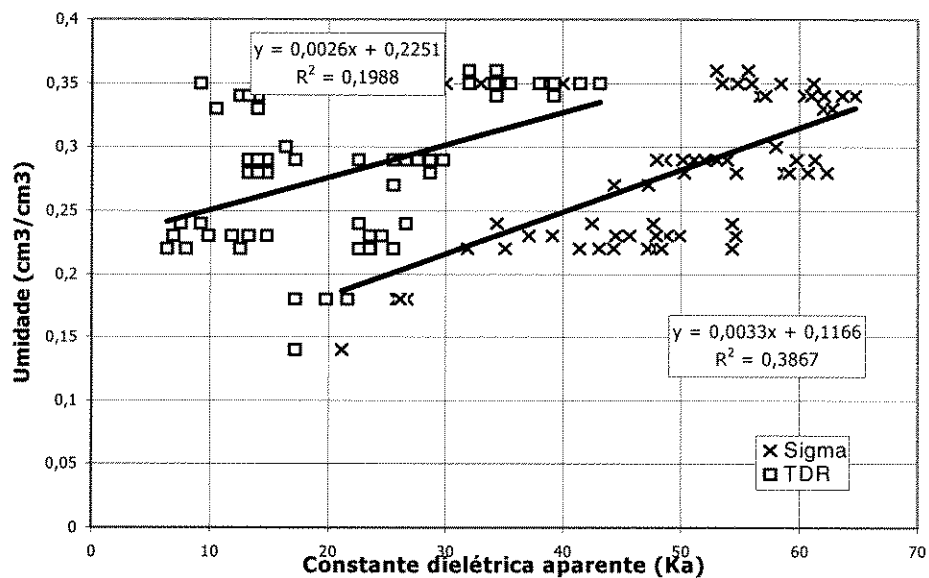


Figura14. Análise de regressão para valores de umidade e constante dielétrica aparente em solo argiloso, sob influência da salinidade.

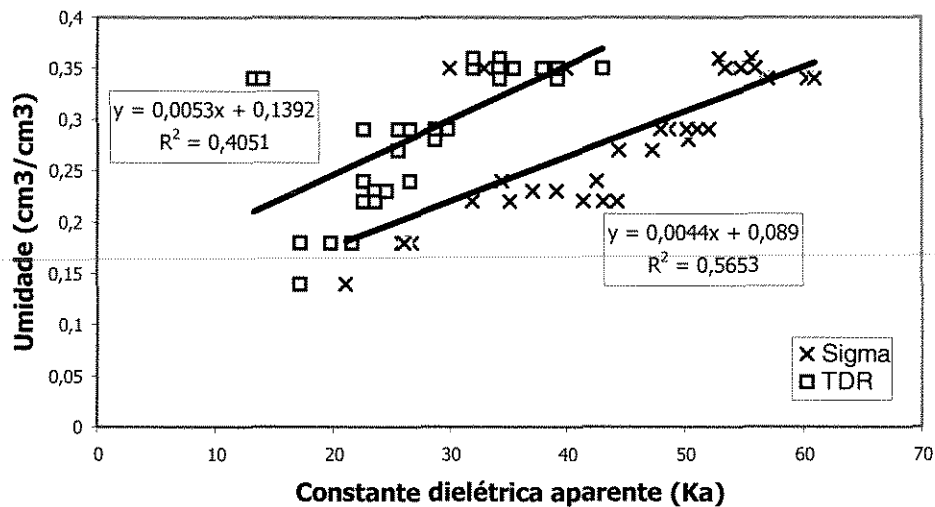


Figura 15. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo argiloso não salino.

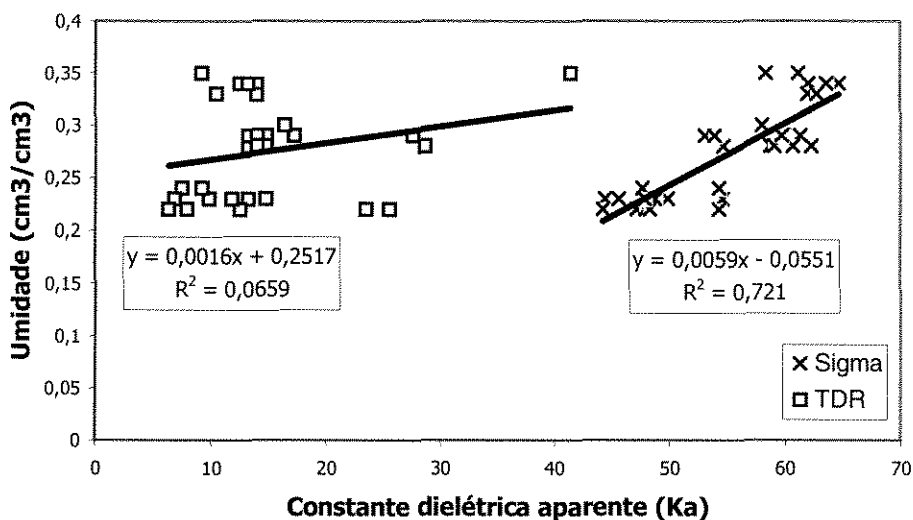


Figura 16. Valores de constante dielétrica aparente comparados à umidade volumétrica em solo argiloso salino.

Os resultados obtidos, para estimativa de umidade através da constante dielétrica aparente, indicaram uma clara influência da salinidade do solo reduzindo a acurácia dos resultados obtidos através dos métodos eletromagnéticos. Além disso, a elevação no teor de argila associou-se a salinidade, comprometendo tais resultados. Dessa forma, optou-se pela determinação da umidade volumétrica através da gravimetria na fase de visitas às propriedades da macro região de Campinas.

Determinação da condutividade elétrica

Como o presente trabalho visa avaliar a possibilidade de utilização de metodologias de campo para estimar a salinidade do solo, de modo a verificar a ocorrência de processos de salinização do solo, foi necessário verificar a correlação das metodologias para valores de condutividade elétrica inferiores a $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, valor limite entre um solo não salino e salino, permitindo a adoção de medidas práticas que visem atenuar ou reverter, com segurança, o desenvolvimento de tal fenômeno.

A condutividade elétrica do solo foi determinada utilizando-se dois diferentes equipamentos e comparada ao extrato de saturação (CE_{es}), método de referência, descrito em EMBRAPA (1997). Embora fosse objetivo do trabalho avaliar a condutividade elétrica do solo pelo TDR, as correlações negativas obtidas sob valores de condutividade elétrica inferiores $2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, também relatadas por NADLER (1997), impossibilitaram o estabelecimento de valores de condutividade elétrica da água dos poros (CE_a); determinando uma avaliação isolada da estimativa da condutividade elétrica do volume de solo (CE_{vs}), relacionando-a ao extrato de saturação (CE_{es}).

A Figura 17 apresenta o comportamento de extratores de solução e do Sigma Probe, quando comparados aos resultados obtidos através da metodologia do extrato de saturação, para um solo arenoso. É possível observar que as leituras de condutividade elétrica da água dos poros (CE_a), realizadas através dos equipamentos, superestimam aquelas realizadas através do extrato de saturação do solo (CE_{es}), tendo o equipamento Sigma Probe um comportamento mais linear em relação ao método padrão.

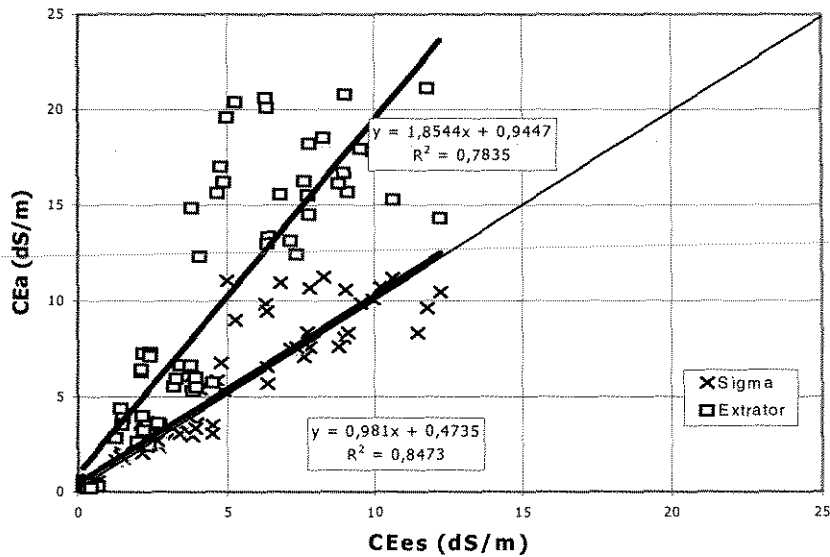


Figura 17. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica da água dos poros, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solo arenoso.

Deve-se ressaltar que as equações obtidas 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.

As Figura 18 e Figura 19 apresentam os resultados obtidos pelas duas metodologias, quando comparados aqueles obtidos através do extrato de saturação para condições de solo arenoso e arenoso salino, respectivamente. Para condições de solo arenoso, 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.

Solos arenosos apresentam baixa capacidade de retenção de água e íons, assim maiores quantidades dos sais aplicados ao solo permanecem em solução quando comparadas a condições de solo com textura mais argilosa.

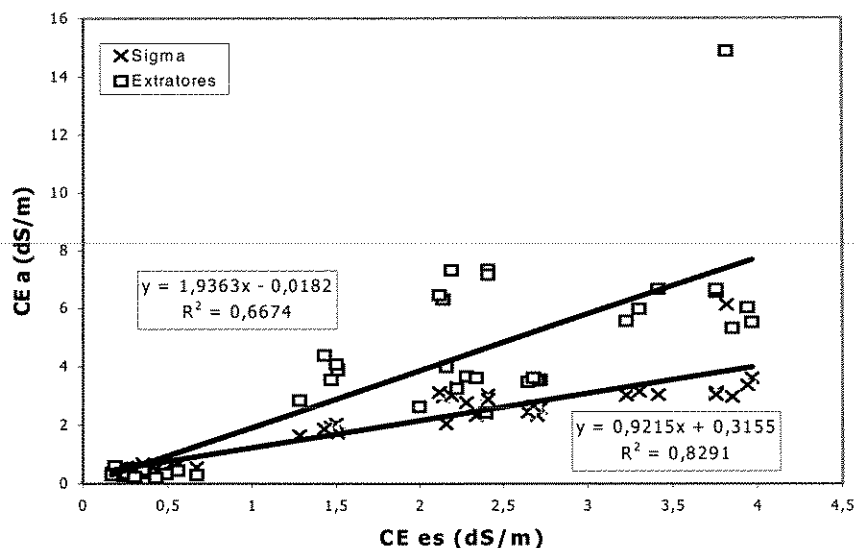


Figura 18. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo arenoso não salino.

Dessa maneira, nos solos arenosos salinos a condutividade elétrica atinge valores mais elevados numa determinada faixa de umidade e para tais condições, as duas metodologias se mostraram pouco eficientes para determinar a salinidade do solo, como demonstrado na Figura 19. Deve-se ressaltar que o fabricante do equipamento Sigma Probe não recomenda seu uso para condutividades elétricas do solo superiores a $10 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ a 25°C .

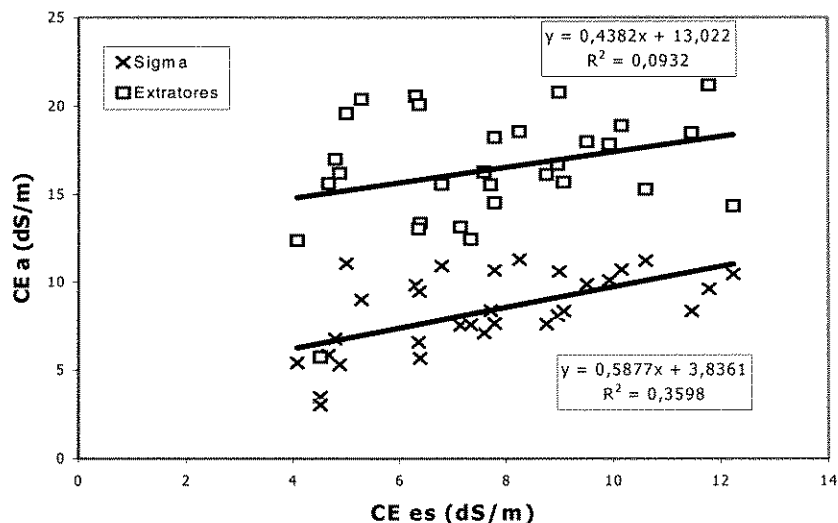


Figura 19. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo arenoso salino.

A Figura 20 apresenta os resultados obtidos, pelo uso dos dois equipamentos, comparados aqueles obtidos através da metodologia padrão, para um solo de textura média. Observa-se que, nestas condições, as leituras do Sigma Probe tendem a subestimar a aquelas realizadas no extrato de saturação, enquanto utilizando o extrator observou-se uma superestimativa nos resultados obtidos pelo método padrão, todavia com menor desvio em relação à reta 1:1. Possivelmente em função da elevação no teor de argila, e, 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, quando comparadas àquelas do método padrão, especialmente para valores mais baixos de umidade no solo (maiores salinidades).

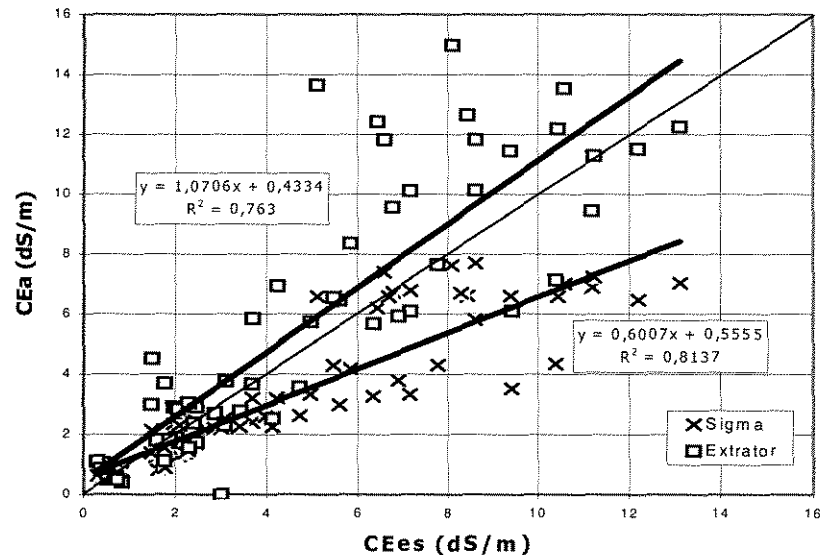


Figura 20. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica da água dos poro, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solo de textura média.

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 existência de tal influência.

Na Figura 21 e Figura 22 pode-se observar o comportamento dos dois equipamentos, quando comparado ao resultado obtido através do extrato de saturação, para condições de solo com textura média não salino e salino, respectivamente.

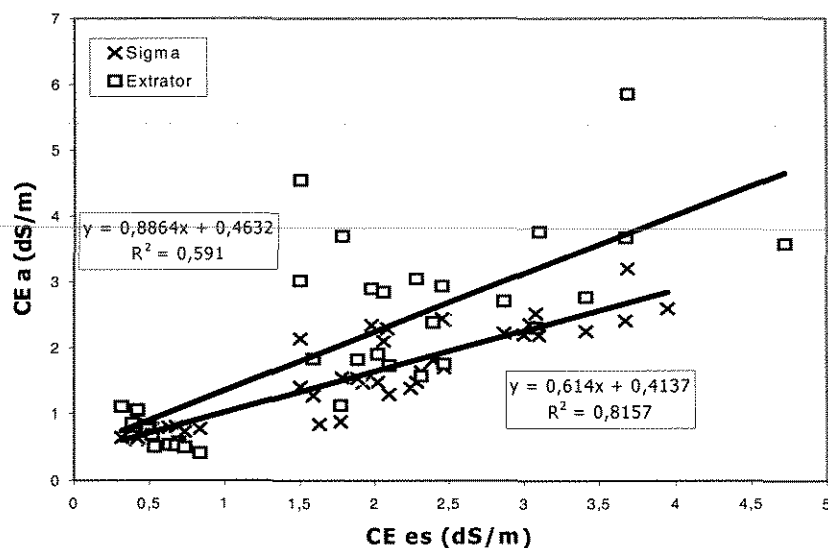


Figura 21. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo de textura média não salino.

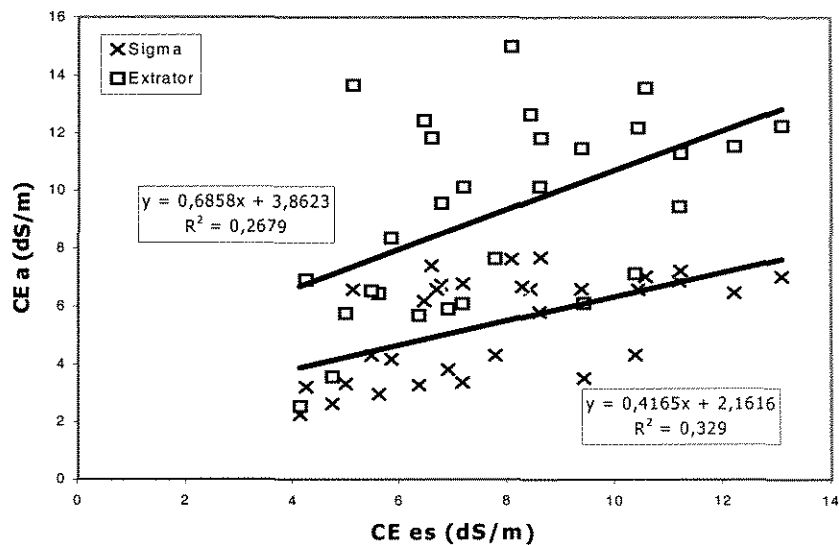


Figura 22. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo de textura média salino.

Observa-se, mais uma vez, uma melhor correlação dos resultados obtidos pelo Sigma Probe, especialmente sob condições de solo não salino, apresentando uma melhor correlação com os resultados obtidos através da metodologia do extrato de saturação, além de reforçar a

perda de acurácia dos equipamentos com a elevação da salinidade do solo, redução no teor de água e elevação do teor de argila do solo.

A Figura 23 apresenta os resultados obtidos, pelo uso dos dois equipamentos, comparados aqueles obtidos através da metodologia do extrato de saturação para um solo de textura argilosa não salino.

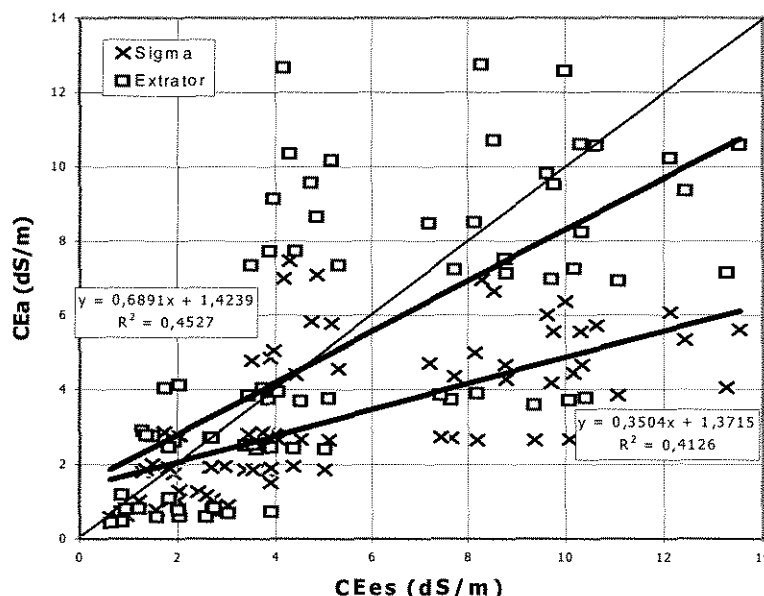


Figura 23. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica da água dos poros, obtidos pelo Sigma Probe e extratores, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação em solo argiloso.

Em tais condições 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 com a 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 JR., 2001). Assim, 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.

As Figura 24 e Figura 25 apresentam os resultados obtidos pela utilização dos dois equipamentos, quando comparados aos resultados obtidos através da metodologia do extrato

de saturação, em condições de solo argiloso não salino e salino, respectivamente. Em solo argiloso não salino verifica-se uma baixa correlação entre os resultados obtidos pelas duas metodologias e aqueles obtidos pelo extrato de saturação, especialmente uma elevada dispersão para os extratores. Deve-se considerar que o teor de umidade sob ao quais as leituras com os equipamentos avaliados foram obtidas, foi, 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. Ocorre, assim, no extrato de saturação, a neutralização do efeito adsorptivo 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 cada vez mais representativa com a redução no teor de umidade do solo, levando a uma subestimativa dos valores de condutividade elétrica.

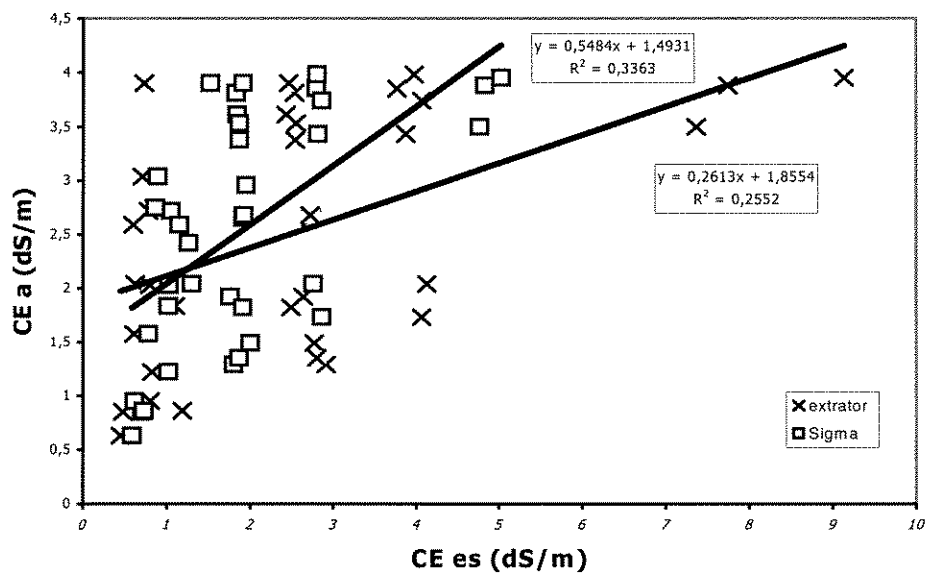


Figura 24. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo argiloso não salino.

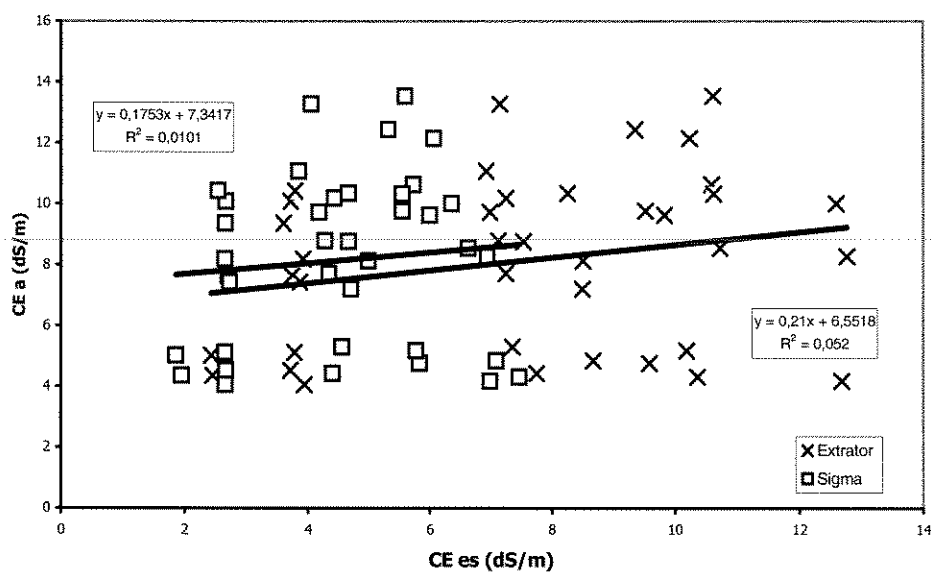


Figura 25. Condutividade elétrica obtida através do Sigma Probe e extratores de solução comparada a obtida através do extrato de saturação para um solo argiloso salino.

Sob condições de salinidade, observada na Figura 25, 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.

Análise dos resultados obtidos pela TDR

Como anteriormente citado, os resultados obtidos através da TDR foram analisados isoladamente, uma vez que foram observados valores negativos de condutividade elétrica do volume de solo (CE_{vs}), o que não permitiu a aplicação do modelo matemático sugerido por RHOADES et al. (1989) e MMOLAWA & OR (2000), pela impossibilidade de obtenção da condutância específica das partículas do solo. A aplicação dos modelos supracitados permitiriam transformar os valores obtidos de condutividade elétrica do solo (CE_{vs}) em condutividade elétrica da água do solo (CE_a).

De modo a verificar a validade da metodologia utilizada neste experimento e isolar os efeitos da matriz do solo, para a obtenção das leituras através da TDR, comparou-se os resultados de condutividade elétrica, obtidos através de condutímetro e da TDR em soluções de salinidade crescente entre 0 e 15 $dS.m^{-1}$ a 25°C, sendo levantados os resultados

apresentados na Figura 26. Tais resultados demonstram a elevada correlação das leituras obtidas pela TDR, quando comparadas às obtidas pelos métodos de referência, em concordância com resultados obtidos por diversos autores (Reece, 1998; Heimovaara et al., 1996; Spaans & Baker, 1996).

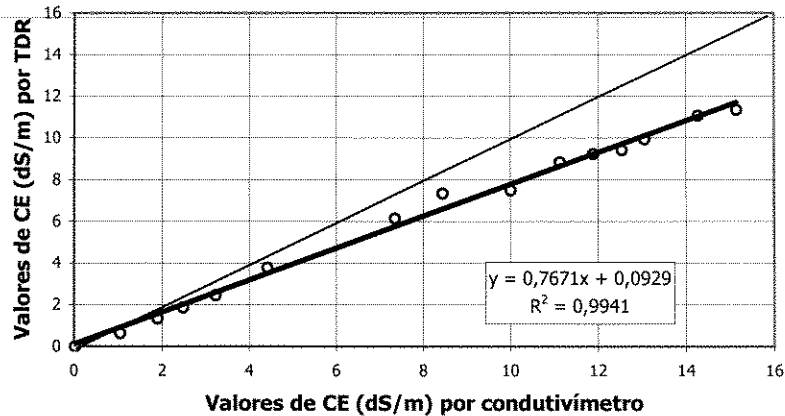


Figura 26. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através de condutivímetro digital e TDR.

A avaliação dos resultados obtidos permite sugerir que fatores físico-químicos relacionados ao solo ou inerentes à própria metodologia eletromagnética, impediram a obtenção de resultados consistentes sob condições de baixa condutividade elétrica do solo, dificultando a sua utilização para condições deste experimento. Deve-se ressaltar que NADLER et al. (1997) observaram correlação negativa entre resultados obtidos pelas duas metodologias, sob valores de condutividade elétrica próximos a $2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ a 25°C e que o equipamento foi utilizado, na presente pesquisa, sem qualquer interface com computadores ou algoritmos, dificultando a realização das leituras e obtenção de resultados. Observa-se, na Figura 26, uma subestimativa da condutividade elétrica da solução, obtida através da TDR, quando comparada àquela obtida através do condutivímetro digital.

Contudo, foi possível realizar observações sobre o efeito da salinidade, associado ao teor de água do solo, sobre a correlação das leituras realizadas por tal equipamento (CE_{vs}), quando comparadas àquelas realizadas através extrato de saturação (CE_{es}). Deve-se ressaltar que os valores de umidade apresentados nos gráficos representam agrupamentos dos valores das leituras, em três faixas de umidade. Os resultados obtidos para os três solos estão apresentados na Figura 27, Figura 28 e Figura 29.

Observou-se que a correlação entre as duas metodologias foi menor com redução no teor de água (HALLIKAINEN et al.,1985), com o aumento do teor de argila no solo (NADLER et al., 1993) e elevação da salinidade do solo (PERSON, 1997).

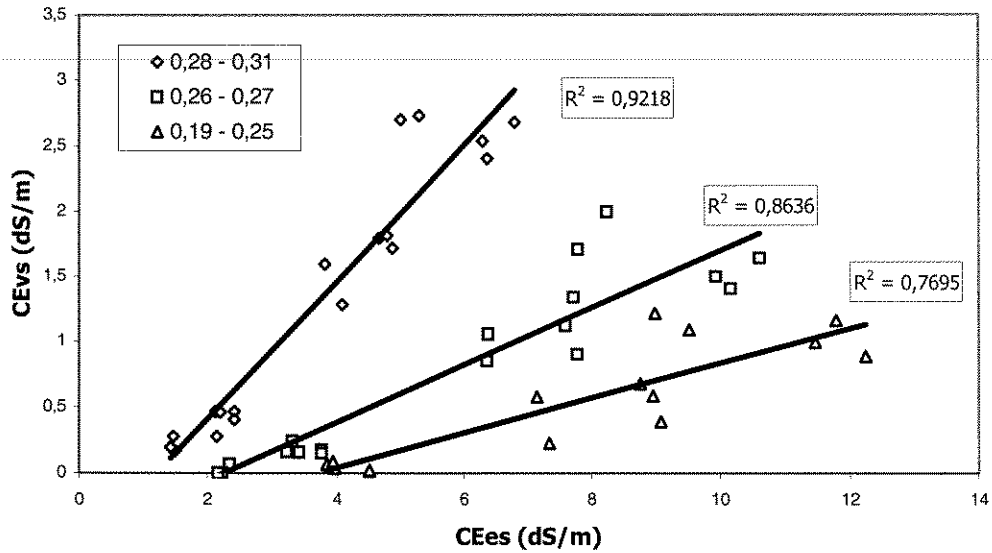


Figura 27. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através do extrato de saturação e da TDR, sob influência do teor de água, para um solo arenoso.

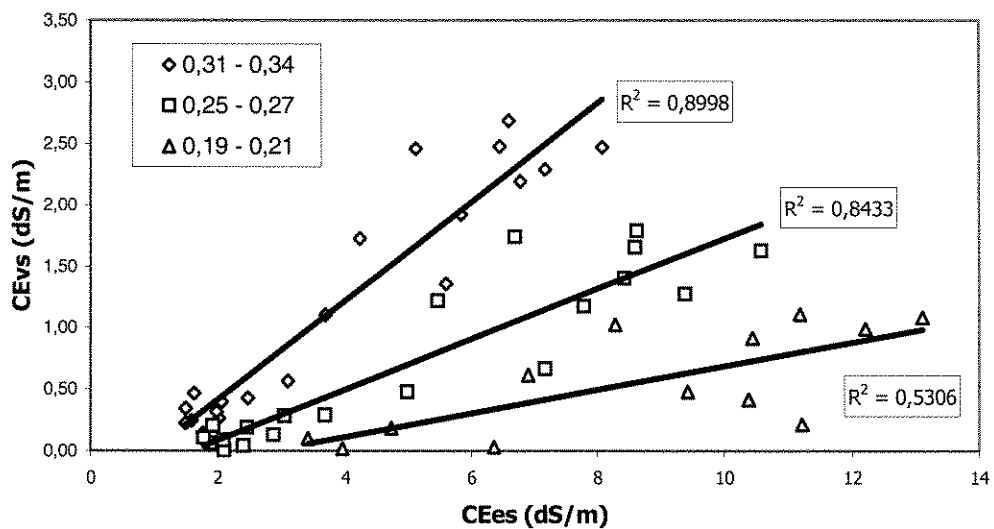


Figura 28. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através do extrato de saturação e da TDR, sob influência do teor de água, para um solo de textura média.

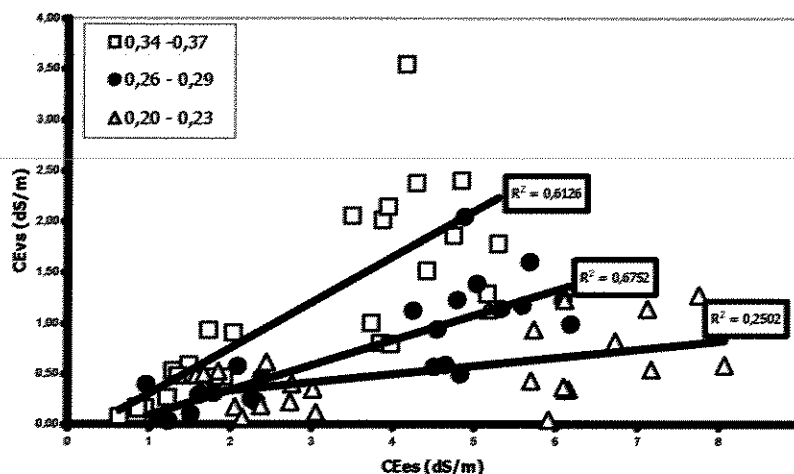


Figura 29. Análise de regressão para valores de condutividade elétrica obtidos através do extrato de saturação e da TDR, sob influência do teor de água, para um solo argiloso.

A partir dos resultados obtidos na fase laboratorial do experimento, optou-se pelo uso do sensor Sigma Probe na fase de visitas aos ambientes protegidos. Tal decisão foi tomada em função das melhores correlações obtidas pelo equipamento quando comparados àqueles obtidos pelos métodos de referência, tanto para umidade quanto condutividade elétrica, apresentando uma menor influência da salinidade e da textura sobre as estimativas obtidas. Outro importante aspecto foi a facilidade de operacionalização das leituras, observada em laboratório.

Diagnóstico da salinização em ambientes protegidos

Após a realização da fase de visitas às propriedades da macro região de Campinas, ficou evidente uma grande variabilidade de manejo do sistema produtivo, impossibilitando uma caracterização geral. Todavia, algumas importantes constatações puderam ser realizadas, de modo a confirmar as expectativas do projeto.

De maneira geral, foi possível observar a preponderância da experiência pessoal de cada produtor na área, sobre técnicas agronômicas consagradas. Em especial, constatou-se que os produtores não realizam avaliações dos sistemas de irrigação do ponto de vista da determinação da eficiência de aplicação de água, bem como não monitoram adequadamente seus sistemas quanto à umidade e a condutividade elétrica do solo, inviabilizando a implementação do manejo da irrigação.

Caracterização da água de irrigação e da solução de fertirrigação

A Figura 30 e a Figura 31 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 apresentou qualquer restrição ao uso. O valor de condutividade elétrica encontrado na solução de fertirrigação da propriedade 11, está acima do nível recomendado para uso em irrigação, sendo potencialmente salinizador. Nesta condição deve-se reavaliar os fertilizantes utilizados na solução de fertirrigação, adequando-os aos padrões permitidos e evitando comprometimento do potencial produtivo do solo.

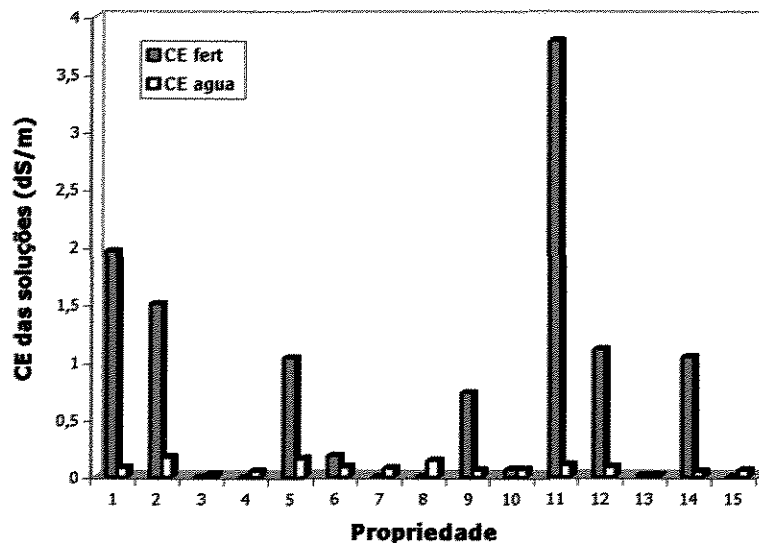


Figura 30. Resultados obtidos para condutividade elétrica da água de irrigação e solução de fertirrigação em propriedades da macro região de Campinas.

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, podendo comprometer a uniformidade de aplicação de água pelos sistemas de irrigação.

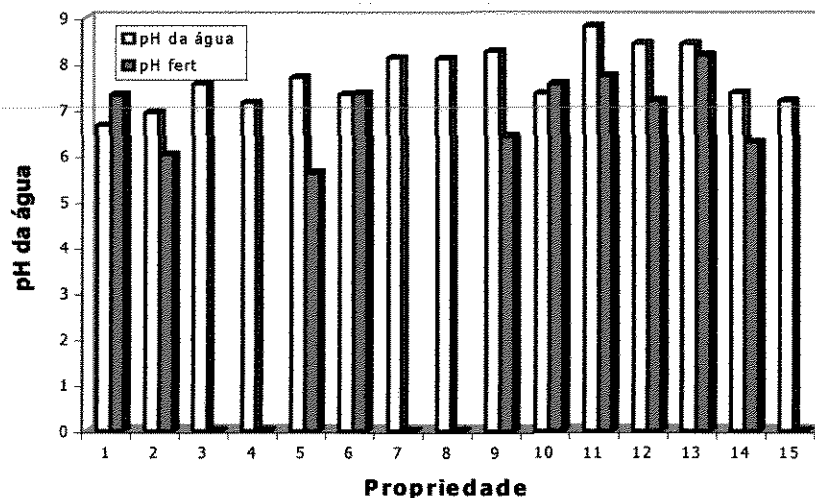


Figura 31. Resultados obtidos para pH da água de irrigação e solução de fertirrigação em propriedades da macro região de Campinas.

Caracterização dos solos cultivados das propriedades

Apesar de não serem verificados, nas propriedades visitadas, valores de condutividade elétrica que caracterizem solos salinos (acima de $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$), deve-se considerar dois aspectos importantes. Na literatura atual existe uma nova classificação da University of Califórnia Committee of Consultantes, citada por PIZARRO, 1996, que considera como salinos, solos com condutividade elétrica no extrato de saturação superiores a $2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ a 25°C , uma vez que culturas sensíveis podem manifestar redução na produção sob tais condições, entre as quais incluem-se as flores. Outro aspecto deve considerar o sistema de irrigação e frequência adotados, pois as plantas podem estar sendo expostas ao estresse hídrico, associado ao estresse iônico; uma vez que foi constatada a deficiência do manejo da umidade e condutividade elétrica na maioria das propriedades. Este último aspecto considerado pode levar ao comprometimento parcial da produção, em termos de quantidade e qualidade, especialmente sob condições de aspersão.

Na Figura 32 pode-se 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 bem menor que em condições de saturação.

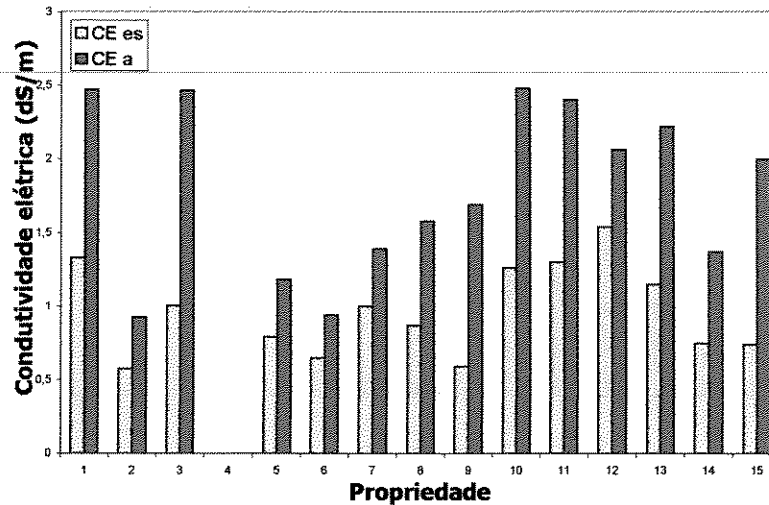


Figura 32. Resultados obtidos para condutividade elétrica do extrato de saturação em propriedades da macro região de Campinas.

Em poucas propriedades verificou-se a preocupação, por parte dos produtores, no monitoramento da condutividade elétrica 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, em laboratório. Isto sugere a necessidade de calibração destes equipamentos, de modo a oferecer ao produtor, leituras mais precisas. A Figura 33 demonstram a ocorrência de processos associados à salinização em uma das propriedades visitadas. A ausência de dados relacionados à propriedade 4 se deve ao baixo teor de água nos canteiros no momento da leitura, impedindo as leituras pelo equipamento.

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.



Figura 33. Acúmulo de sais acima da faixa molhada por gotejamento, em ambiente protegido para produção de flores, no município de Atibaia.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente experimento permitem concluir que:

a) A elevação da salinidade do solo, bem como do teor de argila do solo, afeta negativamente a correlação das leituras de umidade e condutividade elétrica obtidas pelos equipamentos avaliados, quando comparadas àquelas realizadas pelos métodos de referência.

b) Em solos sob condições não salino e salino, as leituras obtidas pelo equipamento Sigma Probe apresentaram melhor correlação nas leituras de umidade e condutividade elétrica que os demais equipamentos, quando comparadas aos resultados obtidos pelos métodos de referência.

c) A metodologia proposta, utilizando a aplicação de questionário associada a leituras de condutividade elétrica do solo com o sensor Sigma Probe, permitiu caracterizar o sistema de produção sob ambiente protegido, nas propriedades visitadas, especialmente no que tange a determinação da condutividade elétrica nos pontos de aplicação de água.

ANEXOS

Anexo 1: Questionário aplicado nas visitas aos produtores



Laboratório de Hidráulica, *Faculdade de Engenharia Agrícola*
Irrigação e Drenagem

DIAGNÓSTICO DE NÍVEIS DE SALINIDADE EM AMBIENTES PROTEGIDOS

QUESTIONÁRIO

I. DADOS DO QUESTIONÁRIO	
Questionário n.	Data da aplicação
Responsável pela aplicação	

II. IDENTIFICAÇÃO DA PROPRIEDADE		
Denominação	Proprietário	
Endereço	Tel.:	
Área total	Área de cultivo protegido	Área Irrigada
Ano de compra/Ano início da exploração	Mão-de-obra	

III. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO (Situação atual)	
Culturas sob Ambiente Protegido	Área (m ² ou ha)

IV. CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE ESTUFA	
<input type="checkbox"/> Ambiente protegido	<input type="checkbox"/> Ambiente controlado

(continua...)

V. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO			
Sistema Utilizado () gotejamento () aspersão () micro-aspersão () sulcos			
Anos de Uso		Manutenção () Preventiva ()	
Conjunto	Marca	Modelo	
Anos de Uso		Manutenção () Preventiva ()	

Caracterização da tubulação			
Classificação	Material	Diâmetro	Comprimento
Sucção:			
Adutora			
Linha principal:			
Linha Lateral			
Manejo de irrigação			
Forma () Automatizado () Prático			
Tipo de Automatização		Tipo de método prático	
Número de laterais em funcionamento		Tempo de operação	
Frequência		Monitoramento:	

VI. CARACTERIZAÇÃO DA FONTE DE ÁGUA	
Tipos de fonte	() Rio () Lagoa () Subterrânea
Quantidade de água disponível	() Suficiente () Insuficiente

Fontes de contaminação	
() moradias () criações () indústrias () fonte de água () fossas	
Possíveis riscos de contaminação	() Físico () Químico () Biológico
Análise de amostras de água	() Anterior () Atual Data(s):

Condutividade elétrica (dS/m)	
Fonte de abastecimento:	Solução nutriente:
Extrato de saturação:	Obs:

VII. CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE CULTIVO	
() Vaso	() Canteiro
() Solo	() Substrato*

*Marca comercial/tipo
Preparo do solo () com substituição do solo () sem substituição do solo
Observações/Periodicidade:

VIII. CARACTERIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO	
() Manual	() Fertirrigação*
*Tipo	
() Orgânica	() Química
Fonte	
Quantidade	
Época	
Observações	

IX. ANÁLISE POR TIPO DE CULTURA
Cultura 1
Cultura 2
Cultura 3
Cultura 4
Cultura 5
Observações

Anexo 2. Curva característica dos solos

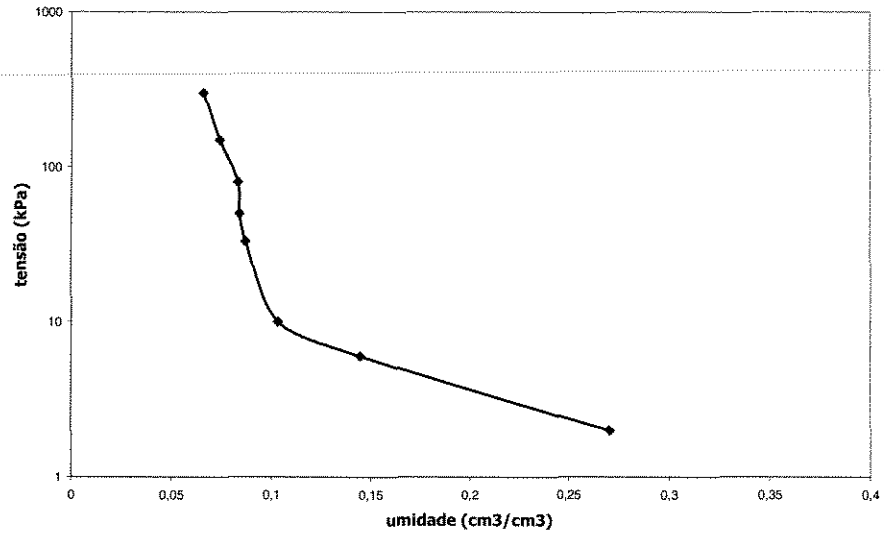


Figura 34. Curva característica de retenção de água para o solo arenoso.

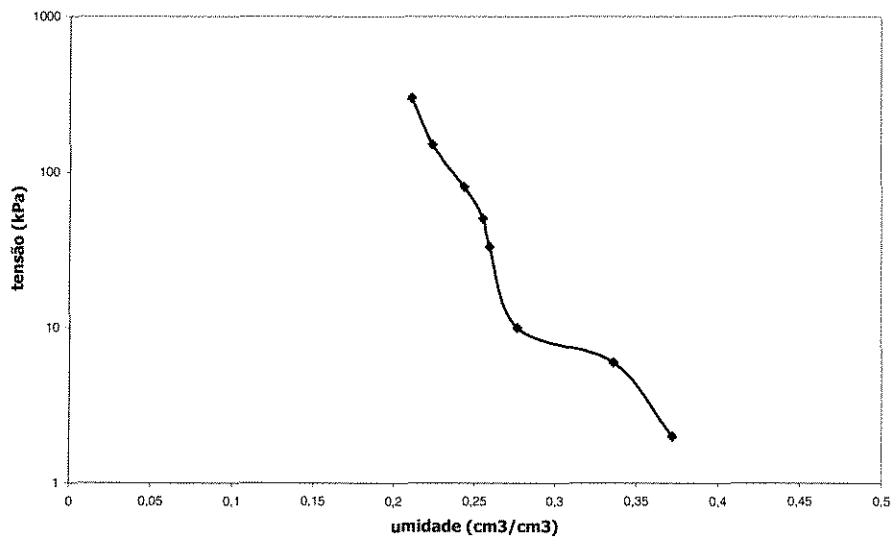


Figura 35. Curva característica de retenção de água para o solo de textura média.

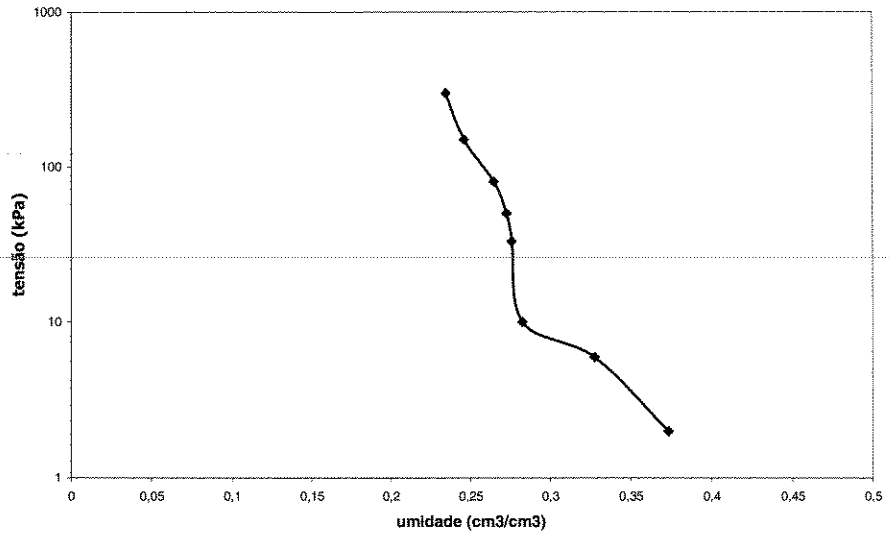


Figura 36. Curva característica de retenção de água para o solo argiloso.

Anexo 3. Tabelas de Análises Estatísticas.

Tabela 7. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo arenoso não salino.

X	Y -	X	Y
25.7000	.3100	22.5000	.2500
23.2000	.3100	23.0000	.2600
23.5000	.3000	23.4000	.2600
23.0000	.3100	23.3000	.2600
23.6000	.3100	24.2000	.2500
23.3000	.3000	23.9000	.2600
24.0000	.3100	23.5000	.2500
24.6000	.3000	22.7000	.2600
24.7000	.3100	22.9000	.2500
23.8000	.3100	23.7000	.2500
24.4000	.3100	15.6000	.1800
25.2000	.3000	12.3000	.1800
25.9000	.3000	14.2000	.1900
27.2000	.3000	18.8000	.2000
25.6000	.3000	14.5000	.2000
27.3000	.2800	13.5000	.1800
22.4000	.2500	16.0000	.1900
21.9000	.2500	14.6000	.1900
20.7000	.2500	19.9000	.1900
22.0000	.2600	11.1100	.2000
20.9000	.2600	13.2200	.2000
		13.2200	.2000
		18.6000	.2000

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DA REGRESSAO					
CAUSAS DE VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSAO GRAU 1	1	.0690	.0690	166.7544 **	.7557
REGRESSAO GRAU 2	1	.0018	.0018	4.3000 *	.7752
REGRESSAO GRAU 3	1	.0040	.0040	9.6075 **	.8187
DESV. REGRESSAO	40	.0165	.0004	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(43)	.0913	.0021		
RESIDUO	40	.0165	.0004		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .6338486E-01 + .9007639E-02 X$

GRAU 2 $Y = .1980621E+00 + -.5937774E-02 X + .3887052E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1043569E+01 + -.1442369E+00 X + .7614597E-02 X^{**2} + -.1217850E-03 X^{**3}$

Tabela 8. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo arenoso salino.

X	Y	X	Y
27.7000	.2900	27.9000	.2600
26.6000	.2800	26.8000	.2500
26.6000	.3000	26.9000	.2600
27.7000	.3000	26.7000	.2600
30.0000	.3000	14.7000	.1900
29.5000	.3000	15.9000	.1900
30.4000	.2900	18.0000	.1800
29.6000	.3000	21.7000	.1800
30.3000	.3000	18.8000	.2000
26.3000	.2500	24.6000	.1900
25.9000	.2400	25.0000	.2000
27.0000	.2600	23.6000	.2000
25.9000	.2500	22.9000	.2000
26.7000	.2600	21.5000	.1900
27.8000	.2600	17.2000	.2000
		27.3000	.1900

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DA REGRESSAO

CAUSAS DE VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSAO GRAU 1	1	.0376	.0376	72.7153 **	.6436
REGRESSAO GRAU 2	1	.0064	.0064	12.3071 **	.7525
REGRESSAO GRAU 3	1	.0005	.0005	.9618 NS	.7610
DESV. REGRESSAO	27	.0140	.0005	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(30)	.0584	.0019		
RESIDUO	27	.0140	.0005		

EQUACOES DE REGRESSAO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .3553938E-01 + .8255021E-02 X$

GRAU 2 $Y = .4327929E+00 + -.2792678E-01 X + .7887857E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1012397E+01 + -.1073523E+00 X + .4302694E-02 X^{**2} + -.5049960E-04 X^{**3}$

Tabela 9. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo de textura média não salino.

X	Y	X	Y
29.1000	.3300	28.6000	.2700
29.7000	.3300	27.7000	.2700
28.9000	.3300	27.5000	.2700
28.8000	.3300	26.7000	.2700
29.4000	.3200	29.8000	.2700
29.8000	.3300	28.1000	.2500
33.5000	.3200	26.7000	.2600
30.2000	.3200	27.7000	.2300
29.4000	.3200	26.8000	.2300
30.1000	.3200	24.6000	.2000
29.9000	.3200	23.8000	.2100
29.3000	.3100	24.1000	.2000
32.0000	.3200	23.8000	.1900
30.9000	.3200	23.6000	.2000
30.4000	.3200	26.6000	.2400
30.9000	.3100	28.0000	.2300
25.6000	.2800	25.6000	.2100
28.9000	.2800	16.6000	.2200
28.8000	.2800	25.8000	.2100
27.8000	.2700	26.3000	.2100
26.6000	.2600	25.2000	.1800
23.8000	.2800	27.3000	.2000
		23.0000	.1600

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DA REGRESSAO					
CAUSAS DE VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSAO GRAU 1	1	.0640	.0640	80.9074 **	.5667
REGRESSAO GRAU 2	1	.0089	.0089	11.2142 **	.6453
REGRESSAO GRAU 3	1	.0076	.0076	9.6436 **	.7128
DESV. REGRESSAO	41	.0324	.0008	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(44)	.1129	.0026		
RESIDUO	41	.0324	.0008		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.9018505E-01 + .1295817E-01 X$

GRAU 2 $Y = .5026284E+00 + -.3344306E-01 X + .8934161E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .2982036E+01 + -.3467647E+00 X + .1372089E-01 X^{**2} + -.1710551E-03 X^{**3}$

Tabela 10. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe x Gravimetria em solo de textura média salino.

X	Y	X	Y
31.1000	.3100	33.2000	.2600
32.2000	.3200	32.3000	.2600
35.3000	.3300	33.6000	.2600
31.8000	.3200	34.6000	.2600
35.4000	.3400	23.7000	.1600
36.6000	.3400	26.6000	.1800
35.2000	.3400	27.4000	.1900
35.0000	.3400	27.6000	.1800
36.6000	.3400	29.9000	.2000
29.6000	.2300	27.2000	.1900
29.4000	.2400	31.5000	.2000
30.9000	.2400	27.9000	.2000
32.7000	.2600	31.8000	.2100
29.6000	.2500	31.4000	.2100
34.4000	.2600	31.9000	.2100

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DA REGRESSAO

CAUSAS DE VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSAO GRAU 1	1	.0678	.0678	60.9819 **	.6897
REGRESSAO GRAU 2	1	.0015	.0015	1.3100 NS	.7045
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0001	.0001	.1219 NS	.7059
DESV. REGRESSÃO	26	.0289	.0011	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(29)	.0983	.0034		
RESÍDUO	26	.0289	.0011		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.2209479E+00 + .1506597E-01 X$

GRAU 2 $Y = .3294121E+00 + -.2091694E-01 X + .5817831E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.9757867E+00 + .1100739E+00 X + -.3758246E-02 X^{**2} + .4749432E-04 X^{**3}$

Tabela 11. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo argiloso não salino.

X	Y	X	Y
39.0000	.3500	44.4000	.2700
30.0000	.3500	50.3000	.2900
33.0000	.3500	52.1000	.2900
40.0000	.3500	48.7000	.2900
53.0000	.3600	50.3000	.2800
53.9000	.3500	48.0000	.2900
55.7000	.3600	50.2000	.2900
54.5000	.3500	51.1000	.2900
53.9000	.3500	52.0000	.2900
53.5000	.3500	25.9000	.1800
54.8000	.3500	21.1000	.1400
56.7000	.3400	25.8000	.1800
55.9000	.3900	26.7000	.1800
57.1000	.3400	26.1000	.1800
56.0000	.3500	31.9000	.2200
60.9000	.3400	34.4000	.2400
60.4000	.3400	43.1000	.2200
61.0000	.3400	41.4000	.2200
42.5000	.2400	35.1000	.2200
37.1000	.2300	44.3000	.2200
47.3000	.2700	39.1000	.2300

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0998	.0998	51.9722 **	.5653
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0000	.0000	.0200 NS	.5655
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0037	.0037	1.9404 NS	.5867
DESV. REGRESSÃO	38	.0729	.0019	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(41)	.1765	.0043		
RESÍDUO	38	.0729	.0019		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .8608016E-01 + .4448758E-02 X$

GRAU 2 $Y = .7192009E-01 + .5170422E-02 X + -.8533953E-05 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.4150400E+00 + .4357778E-01 X + -.9635943E-03 X^{**2} + .7568570E-05 X^{**3}$

Tabela 12. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Gravimetria em solo argiloso salino.

X	Y	X	Y
58.4000	.3500	59.8000	.2900
61.2000	.3500	60.7000	.2800
62.1000	.3400	59.7000	.2900
64.7000	.3400	62.3000	.2800
62.0000	.3300	47.2000	.2200
63.6000	.3400	48.0000	.2200
62.8000	.3300	44.5000	.2300
53.1000	.2900	45.7000	.2300
54.7000	.2800	49.9000	.2300
53.9000	.2900	48.8000	.2300
61.3000	.2900	48.4000	.2200
58.0000	.3000	54.6000	.2300
59.7000	.2900	54.3000	.2400
58.7000	.2800	47.7000	.2400
59.1000	.2800	44.3000	.2200
59.9000	.2900	47.9000	.2300
		54.3000	.2200

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0447	.0447	81.0898 **	.7210
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0013	.0013	2.2707 NS	.7412
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0001	.0001	.1132 NS	.7422
DESV. REGRESSÃO	29	.0160	.0006	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(32)	.0620	.0019		
RESÍDUO	29	.0160	.0006		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.5505804E-01 + .5944911E-02 X$

GRAU 2 $Y = .5431772E+00 + -.1636783E-01 X + .2052607E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1802203E+01 + -.8673482E-01 X + .1506420E-02 X^{**2} + -.7963002E-05 X^{**3}$

Tabela 13. Análise de variância para valores da regressão TDR x Gravimetria em solo arenoso não salino.

X	Y	X	Y
21.5900	.3100	16.3200	.2600
20.6600	.3100	16.3200	.2600
20.6600	.3000	15.5200	.2600
21.5900	.3100	16.3200	.2500
18.0000	.3100	18.8700	.2600
19.7500	.3000	16.3200	.2500
19.7500	.3100	17.1500	.2600
19.7500	.3000	16.3200	.2500
20.6600	.3100	16.3200	.2500
19.7500	.3100	8.5800	.1800
18.0000	.3100	8.5800	.1800
21.5900	.3000	9.1800	.1900
20.6600	.3000	10.4500	.2000
20.6600	.3000	10.2500	.2000
19.7500	.3000	9.8100	.1800
21.5900	.2800	9.1800	.1900
14.7300	.2500	9.8100	.1900
15.5200	.2500	9.8100	.1900
17.1500	.2500	11.1100	.2000
16.3200	.2600	13.2200	.2000
16.3200	.2600	13.2200	.2000
17.1500	.2500	11.7900	.2000

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0836	.0836	532.4703 **	.9155
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0000	.0000	.0145 NS	.9156
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0014	.0014	9.1116 **	.9312
DESV. REGRESSÃO	40	.0063	.0002	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(43)	.0913	.0021		
RESÍDUO	40	.0063	.0002		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .8649077E-01 + .1044459E-01 X$

GRAU 2 $Y = .8972839E-01 + .9980827E-02 X + .1529375E-04 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .5153054E+00 + -.8161115E-01 X + .6225658E-02 X^{**2} + -.1342498E-03 X^{**3}$

Tabela 14. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo arenoso salino.

X	Y -	X	Y
22.5400	.2900	22.5400	.2600
22.5400	.2800	21.5900	.2500
23.5100	.3000	20.6600	.2600
20.6600	.3000	22.5400	.2600
10.4500	.3000	11.7900	.1900
21.5900	.3000	9.8100	.1900
16.3200	.2900	10.4500	.1800
19.7500	.3000	10.4500	.1800
11.1100	.3000	16.3200	.2000
20.6600	.2500	13.9700	.1900
18.8700	.2400	8.5200	.2000
18.8700	.2600	16.3200	.2000
19.7500	.2500	18.8700	.2000
18.0000	.2600	13.2200	.1900
22.5400	.2600	13.9700	.2000
		10.4500	.1900

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0213	.0213	16.1982 **	.3651
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0014	.0014	1.0665 NS	.3892
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0001	.0001	.0986 NS	.3914
DESV. REGRESSÃO	27	.0355	.0013	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(30)	.0584	.0019		
RESÍDUO	27	.0355	.0013		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1481837E+00 + .5535639E-02 X$

GRAU 2 $Y = .2467928E+00 + -.7783682E-02 X + .4102980E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .3678886E+00 + -.3235961E-01 X + .1983910E-02 X^{**2} + -.3211215E-04 X^{**3}$

Tabela 15. Análise de variância para valores da regressão TDR x Gravimetria em solo de textura média não salino.

X	Y -	X	Y
22.5400	.3300	19.7500	.2700
23.5100	.3300	21.5900	.2700
22.5400	.3300	20.6600	.2700
22.5400	.3300	21.5900	.2700
22.5400	.3200	22.5400	.2700
26.5400	.3300	21.5900	.2500
23.5100	.3200	19.7500	.2600
23.5100	.3200	20.6600	.2300
23.5100	.3200	19.7500	.2300
24.5000	.3200	9.8100	.2000
24.5000	.3200	11.1100	.2100
24.5000	.3100	14.7300	.2000
25.5100	.3200	13.9700	.1900
25.5100	.3200	13.2200	.2000
24.5000	.3200	18.8600	.2400
9.1800	.3100	18.8700	.2300
14.7300	.2800	18.8600	.2100
17.9900	.2800	17.1500	.2200
18.8700	.2800	17.1500	.2100
17.9900	.2700	18.8700	.2100
18.8700	.2600	18.8700	.1800
22.5400	.2800	17.9900	.2000
		12.5000	.1600

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0558	.0558	64.8559 **	.4945
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0159	.0159	18.4726 **	.6353
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0059	.0059	6.8288 *	.6874
DESV. REGRESSÃO	41	.0353	.0009	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(44)	.1129	.0026		
RESÍDUO	41	.0353	.0009		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1021218E+00 + .8299356E-02 X$

GRAU 2 $Y = .3782834E+00 + -.2403285E-01 X + .8879345E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .9982671E+00 + -.1393556E+00 X + .7605264E-02 X^{**2} + -.1243306E-03 X^{**3}$

Tabela 16. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo de textura média salino.

X	Y -	X	Y
8.0000	.3100	15.5200	.2600
13.9700	.3200	13.9700	.2600
12.5000	.3300	13.2200	.2600
9.8100	.3200	13.2200	.2600
12.5000	.3400	17.9900	.1600
13.2200	.3400	9.8100	.1800
13.2200	.3400	17.1500	.1900
14.7300	.3400	12.5000	.1800
8.0000	.3400	16.3700	.2000
14.7300	.2300	18.8700	.1900
15.5200	.2400	8.5800	.2000
13.2200	.2400	13.2200	.2000
14.7300	.2600	15.5200	.2100
16.3200	.2500	15.5200	.2100
13.9600	.2600	15.5200	.2100

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0172	.0172	6.1481 *	.1748
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0079	.0079	2.8113 NS	.2548
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0006	.0006	.2069 NS	.2607
DESV. REGRESSÃO	26	.0727	.0028	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(29)	.0983	.0034		
RESÍDUO	26	.0727	.0028		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .3760776E+00 + -.8877584E-02 X$

GRAU 2 $Y = .9586504E-01 + .3628422E-01 X + -.1736092E-02 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .4749908E+00 + -.5656979E-01 X + .5492405E-02 X^{**2} + -.1805286E-03 X^{**3}$

Tabela 17. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo argiloso não salino.

X	Y	X	Y
34.3200	.3500	25.5100	.2700
32.0000	.3500	22.5400	.2900
34.3200	.3500	26.5400	.2900
34.3200	.3500	25.5100	.2900
32.0000	.3600	28.6600	.2800
35.5200	.3500	26.5400	.2900
34.3200	.3600	28.6600	.2900
37.9700	.3500	26.5400	.2900
39.2200	.3500	29.7500	.2900
34.2200	.3500	17.1500	.1800
39.2200	.3500	17.1500	.1400
39.2200	.3400	19.7500	.1800
39.2200	.3500	21.5900	.1800
34.3200	.3400	21.5900	.1800
43.1100	.3500	23.5100	.2200
13.2200	.3400	26.5400	.2400
13.2200	.3400	22.5400	.2200
13.9700	.3400	22.5400	.2200
22.5400	.2400	22.5400	.2200
23.5100	.2300	23.5400	.2200
25.5100	.2700	24.4900	.2300

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0688	.0688	75.8854 **	.4051
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0168	.0168	18.5600 **	.5042
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0497	.0497	54.8591 **	.7971
DESV. REGRESSÃO	38	.0344	.0009	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(41)	.1698	.0041		
RESÍDUO	38	.0344	.0009		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1392245E+00 + .5328303E-02 X$

GRAU 2 $Y = .3622308E+00 + -.1199744E-01 X + .3114061E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1426759E+01 + -.1461040E+00 X + .5559479E-02 X^{**2} + -.6441583E-04 X^{**3}$

Tabela 18. Análise de variância para valores da regressão TDR X Gravimetria em solo argiloso.

X	Y	X	Y
34.3200	.3500	25.5100	.2700
32.0000	.3500	22.5400	.2900
34.3200	.3500	26.5400	.2900
34.3200	.3500	25.5100	.2900
32.0000	.3600	28.6600	.2800
35.5200	.3500	26.5400	.2900
34.3200	.3600	28.6600	.2900
37.9700	.3500	26.5400	.2900
39.2200	.3500	29.7500	.2900
34.2200	.3500	17.1500	.1800
39.2200	.3500	17.1500	.1400
39.2200	.3400	19.7500	.1800
39.2200	.3500	21.5900	.1800
34.3200	.3400	21.5900	.1800
43.1100	.3500	23.5100	.2200
13.2200	.3400	26.5400	.2400
13.2200	.3400	22.5400	.2200
13.9700	.3400	22.5400	.2200
22.5400	.2400	22.5400	.2200
23.5100	.2300	23.5400	.2200
25.5100	.2700	24.4900	.2300

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.0688	.0688	75.8854 **	.4051
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0168	.0168	18.5600 **	.5042
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0497	.0497	54.8591 **	.7971
DESV. REGRESSÃO	38	.0344	.0009	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(41)	.1698	.0041		
RESÍDUO	38	.0344	.0009		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1392245E+00 + .5328303E-02 X$

GRAU 2 $Y = .3622308E+00 + -.1199744E-01 X + .3114061E-03 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1426759E+01 + -.1461040E+00 X + .5559479E-02 X^{**2} + -.6441583E-04 X^{**3}$

Tabela 19. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo arenoso não salino.

X	Y	X	Y
.3700	.2600	2.7600	2.2800
.4300	.1900	2.3400	2.3400
.4100	.3600	3.3000	2.2200
.3700	.1700	2.0400	2.1600
.3600	.2400	3.0200	3.2300
1.6500	1.2800	3.1500	3.3100
1.7300	1.5100	3.0400	3.4200
2.0500	1.5000	3.1200	3.7600
1.9300	1.4700	3.0400	3.7600
1.8700	1.4300	.5100	.4900
2.9700	2.1400	.6800	.3600
3.1200	2.1200	.5400	.6700
3.0100	2.1900	.4300	.3100
3.0300	2.4100	.5100	.4300
2.8900	2.4100	2.3900	2.4000
6.1000	3.8200	2.5700	2.7200
.5300	.3900	2.3400	2.7000
.4500	.2900	2.4500	2.6500
.6600	.5600	2.6700	2.6800
.5800	.2600	2.9600	3.8500
.5400	.3600	3.6000	3.9700
2.6300	2.0000	3.3600	3.9400

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	57.9164	57.9164	291.5768 **	.8291
REGRESSÃO GRAU 2	1	3.0688	3.0688	15.4496 **	.8730
REGRESSÃO GRAU 3	1	.9274	.9274	4.6688 *	.8863
DESV. REGRESSÃO	40	7.9453	.1986	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(43)	69.8578	1.6246		
RESÍDUO	40	7.9453	.1986		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .3104282E-01 + .8999335E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.3501826E+00 + .1400645E+01 X + -.1103689E+00 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1345589E+00 + .2609309E+00 X + .3887220E+00 X^{**2} + -.5445481E-01 X^{**3}$

Tabela 20. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo arenoso salino.

X	Y	X	Y
6.7500	4.7900	10.6600	7.8000
5.8300	4.6600	10.7000	10.1600
5.3000	4.8700	10.0900	9.9400
5.3900	4.0800	11.1900	10.6100
8.9900	5.2900	3.4800	4.5100
11.0500	5.0000	3.0400	4.5100
9.8100	6.3000	8.0700	8.9600
9.4400	6.3700	8.3200	9.0900
10.9300	6.8000	7.6000	8.7600
8.3700	7.7300	7.5100	7.1500
7.6100	7.7900	7.5700	7.3400
7.0800	7.6000	9.8700	9.5200
5.6400	6.3800	10.5900	9.0000
6.5700	6.3600	9.6000	11.7900
11.2800	8.2500	8.3300	11.4600
		10.4400	12.2400

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	58.0878	58.0878	17.5263 **	.3600
REGRESSÃO GRAU 2	1	3.9242	3.9242	1.1840 NS	.3843
REGRESSÃO GRAU 3	1	9.8600	9.8600	2.9750 NS	.4454
DESV. REGRESSÃO	27	89.4864	3.3143	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(30)	161.3584	5.3786		
RESÍDUO	27	89.4864	3.3143		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .2505266E+01 + .6123950E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.9595979E+00 + .1609091E+01 X + -.6507625E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1397619E+02 + -.5754068E+01 X + .1025216E+01 X^{**2} + -.4983918E-01 X^{**3}$

Tabela 21. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo de textura média não salino.

X	Y	X	Y
.6400	.4200	1.2900	2.1000
.6600	.5300	1.8100	2.3900
.6100	.4100	1.5300	1.8800
.6300	.4200	1.5400	1.7800
.6400	.3100	2.4100	3.6700
.8400	1.6300	2.4400	2.4600
.8800	1.7700	2.3600	3.0400
1.4700	2.0200	2.2200	2.8700
1.2700	1.5900	2.2900	2.0900
1.4000	1.5000	.7900	.6900
2.1900	3.1000	.7700	.8300
2.3400	1.9800	.8000	.6800
2.4200	2.4700	.7300	.7300
2.1000	2.0600	.7700	.5000
2.1400	1.5000	1.3800	2.2400
3.2000	3.6900	1.6900	2.4600
.7300	.5000	2.5200	3.0800
.7900	.6200	1.6300	2.3100
.8300	.4800	1.4700	2.2900
.7700	.5100	2.2500	3.4100
.7700	.3800	2.5900	3.9500
1.4600	1.9200	2.2000	3.0000

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	39.9970	39.9970	206.0774 **	.8160
REGRESSÃO GRAU 2	1	.7483	.7483	3.8556 NS	.8313
REGRESSÃO GRAU 3	1	.5067	.5067	2.6109 NS	.8416
DESV. REGRESSÃO	40	7.7635	.1941	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(43)	49.0155	1.1399		
RESÍDUO	40	7.7635	.1941		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.2222567E+00 + .1328694E+01 X$

GRAU 2 $Y = -.8403095E+00 + .2281125E+01 X + -.2933238E+00 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.2085670E+01 + .5013354E+01 X + -.1979696E+01 X^{**2} + .3110501E+00 X^{**3}$

Tabela 22. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo salino de textura média.

X	Y -	X	Y
3.2100	4.2300	6.5900	9.3900
4.1700	5.8400	6.5800	6.7000
6.7200	6.7800	6.6000	8.4300
2.9700	5.6000	7.0100	10.5800
7.3900	6.6000	2.6200	4.7200
6.7700	7.1800	2.2500	4.1200
6.5700	5.1200	3.2700	6.3600
6.1800	6.4500	3.8100	6.9000
7.6200	8.0900	4.3300	10.3800
3.3300	4.9700	6.8700	11.1900
4.3000	5.4600	3.5200	9.4300
4.2900	7.7900	7.2100	11.2200
5.7900	8.6100	6.4700	12.2100
3.3600	7.1700	6.6900	8.2900
7.6900	8.6300	6.5700	10.4400
		7.0300	13.1000

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	57.1291	57.1291	13.8037 **	.3290
REGRESSÃO GRAU 2	1	4.4599	4.4599	1.0776 NS	.3547
REGRESSÃO GRAU 3	1	.2978	.2978	.0719 NS	.3564
DESV. REGRESSÃO	27	111.7444	4.1387	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(30)	173.6312	5.7877		
RESÍDUO	27	111.7444	4.1387		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .3528918E+01 + .7902226E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.1071631E+01 + .2839519E+01 X + -.2013034E+00 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.4035998E+01 + .4852915E+01 X + -.6263786E+00 X^{**2} + .2822401E-01 X^{**3}$

Tabela 23. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo argiloso não salino.

X	Y	X	Y -
.7100	.8500	1.3000	2.0400
.5900	.6300	.7800	1.5800
.6200	.9500	1.0300	2.0300
.7300	.8600	1.0200	1.8300
1.0200	1.2200	1.2600	2.4200
1.7600	1.9200	1.8300	3.8100
1.9100	1.8200	1.8400	3.6100
1.8000	1.2900	1.9100	2.6500
2.0000	1.4900	1.9500	2.9600
1.8700	1.3500	1.9200	2.6800
2.8600	1.7300	2.8100	3.4300
2.7600	2.0400	1.0500	2.7200
2.7900	3.8500	1.1500	2.5900
2.8000	3.9800	.8900	3.0400
2.8600	3.7400	.8600	2.7500
4.8300	3.8800	1.5200	3.9000
5.0300	3.9500	1.8700	3.3800
4.7700	3.5000	1.9100	3.9000
		1.8700	3.5300

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	13.7271	13.7271	19.2145 **	.3361
REGRESSÃO GRAU 2	1	2.1601	2.1601	3.0236 NS	.3890
REGRESSÃO GRAU 3	1	1.3810	1.3810	1.9331 NS	.4228
DESV. REGRESSÃO	33	23.5758	.7144	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(36)	40.8440	1.1346		
RESÍDUO	33	23.5758	.7144		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1493678E+01 + .5481541E+00 X$

GRAU 2 $Y = .7104772E+00 + .1339890E+01 X + -.1490669E+00 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.7078310E+00 + .3800805E+01 X + -.1283943E+01 X^{**2} + .1421944E+00 X^{**3}$

Tabela 24. Análise de variância para valores da regressão Sigma Probe X Extrato de Saturação em solo argiloso salino.

X	Y -	X	Y -
4.4000	4.4200	6.0000	9.6300
4.5500	5.3000	5.7300	10.6300
6.9900	4.1700	2.6700	4.5300
7.4700	4.3000	2.6500	5.1100
5.8300	4.7500	2.6700	10.0700
7.0900	4.8500	2.5400	10.4100
5.7700	5.1700	2.6600	9.3600
2.6600	4.0500	3.8500	11.0600
2.7000	7.6400	4.0500	13.2600
2.6500	8.1800	4.1800	9.7100
2.7300	7.4200	4.6600	10.3300
4.2700	8.7700	4.6600	8.7600
4.4300	10.1700	6.3600	10.0000
4.3400	7.7000	5.5500	10.3100
4.9900	8.1200	5.3200	12.4300
4.7000	7.2000	6.0700	12.1400
6.9500	8.2800	5.6000	13.5300
6.6300	8.5300	1.8600	5.0200
5.5500	9.7600	1.9500	4.3600

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	2.9147	2.9147	.4569 NS	.0101
REGRESSÃO GRAU 2	1	65.9204	65.9204	10.3341 **	.2386
REGRESSÃO GRAU 3	1	2.7523	2.7523	.4315 NS	.2482
DESV. REGRESSÃO	34	216.8826	6.3789	1.0000 N	
(TRATAMENTOS)	(37)	288.4700	7.7965		
RESÍDUO	34	216.8826	6.3789		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

$$\text{GRAU 1 } Y = .7339487E+01 + .1757297E+00 X$$

$$\text{GRAU 2 } Y = -.2811339E+01 + .5248061E+01 X + -.5575699E+00 X^{**2}$$

$$\text{GRAU 3 } Y = .3845569E+01 + .1679212E+00 X + .6114128E+00 X^{**2} + -.8314841E-01 X^{**3}$$

Tabela 25. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo arenoso não salino.

X	Y	X	Y
.3110	.2600	3.6700	2.2800
.6060	.1900	3.6200	2.3400
.3810	.3600	3.2600	2.2200
.3020	.1700	4.0000	2.1600
.2910	.2400	5.5500	3.2300
2.8600	1.2800	5.9700	3.3100
3.9000	1.5100	6.6600	3.4200
4.0800	1.5000	6.5400	3.7600
3.5600	1.4700	6.6600	3.7600
4.4000	1.4300	.3600	.4900
6.3100	2.1400	.4900	.3600
6.4700	2.1200	.3000	.6700
7.3100	2.1900	.2500	.3100
7.3400	2.4100	.2300	.4300
7.1600	2.4100	2.4400	2.4000
14.8700	3.8200	3.5500	2.7200
.3840	.3900	3.5300	2.7000
.5400	.2900	3.5000	2.6500
.4620	.5600	3.6250	2.6800
.3800	.2600	5.3100	3.8500
.3650	.3600	5.5200	3.9700
2.6400	2.0000	6.0300	3.9400

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	46.5986	46.5986	134.0186 **	.6670
REGRESSÃO GRAU 2	1	8.2483	8.2483	23.7223 **	.7851
REGRESSÃO GRAU 3	1	1.1028	1.1028	3.1718 NS	.8009
DESV. REGRESSÃO	40	13.9081	.3477	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(43)	69.8578	1.6246		
RESÍDUO	40	13.9081	.3477		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .6192441E+00 + .3446650E+00 X$

GRAU 2 $Y = .1980029E+00 + .6280748E+00 X + -.2716031E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1580193E-01 + .9359281E+00 X + -.9601261E-01 X^{**2} + .3368936E-02 X^{**3}$

Tabela 26. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo arenoso salino.

X	Y	X	Y
17.0000	4.7900	18.2300	7.8000
15.6300	4.6600	18.9100	10.1600
16.1900	4.8700	17.8600	9.9400
12.3600	4.0800	15.2800	10.6100
20.4000	5.2900	5.7400	4.5100
19.6100	5.0000	16.7000	8.9600
20.6000	6.3000	15.6800	9.0900
20.1000	6.3700	16.1300	8.7600
15.5700	6.8000	13.1500	7.1500
15.5400	7.7300	12.4600	7.3400
14.5100	7.7900	17.9800	9.5200
16.2800	7.6000	20.8000	9.0000
13.3600	6.3800	21.2000	11.7900
13.0200	6.3600	18.4900	11.4600
18.5900	8.2500	14.3400	12.2400

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	14.1213	14.1213	2.7452 NS	.0932
REGRESSÃO GRAU 2	1	3.1602	3.1602	.6143 NS	.1140
REGRESSÃO GRAU 3	1	.5649	.5649	.1098 NS	.1177
DESV. REGRESSÃO	26	133.7462	5.1441	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(29)	151.5927	5.2273		
RESÍDUO	26	133.7462	5.1441		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .4201777E+01 + .2126186E+00 X$

GRAU 2 $Y = .3858816E+00 + .7598102E+00 X + -.1846500E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .4588497E+01 + -.3812467E+00 X + .7167579E-01 X^{**2} + -.2182256E-02 X^{**3}$

Tabela 27. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo de textura média não salino.

X	Y	X	Y
1.0470	.4200	.6820	.5100
.5000	.5300	.8560	.3800
.8000	.4100	1.7210	2.1000
1.0550	.4200	2.3800	2.3900
1.1070	.3100	1.8180	1.8800
1.1270	1.7700	3.6900	1.7800
1.8990	2.0200	3.6700	3.6700
1.8270	1.5900	2.9300	2.4600
4.5400	1.5000	2.7000	2.8700
3.7600	3.1000	.5700	.6900
2.8900	1.9800	.4100	.8300
2.8400	2.0600	.5200	.6800
3.0100	1.5000	.4900	.7300
5.8500	3.6900	1.7450	2.4600
.8060	.5000	2.3000	3.0800
.5340	.6200	1.5600	2.3100
.7630	.4800	3.0400	2.2900
		2.7600	3.4100

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	22.8073	22.8073	60.6987 **	.5988
REGRESSÃO GRAU 2	1	2.5158	2.5158	6.6955 *	.6649
REGRESSÃO GRAU 3	1	1.1147	1.1147	2.9667 NS	.6942
DESV. REGRESSÃO	31	11.6481	.3757	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(34)	38.0860	1.1202		
RESÍDUO	31	11.6481	.3757		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .4426898E+00 + .6147757E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.9645681E-01 + .1243119E+01 X + -.1241087E+00 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.7704723E+00 + .2490737E+01 X + -.6518924E+00 X^{**2} + .5936549E-01 X^{**3}$

Tabela 28. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo de textura média salino.

X	Y	X	Y
6.9100	4.2300	11.8300	8.6300
8.3500	5.8400	11.4700	9.3900
9.5700	6.7800	12.6500	8.4300
6.4500	5.6000	13.5600	10.5800
11.8300	6.6000	3.5700	4.7200
10.1200	7.1800	2.5300	4.1200
13.6600	5.1200	5.6800	6.3600
12.4400	6.4500	5.9000	6.9000
15.0000	8.0900	7.1400	10.3800
5.7400	4.9700	9.4500	11.1900
6.5400	5.4600	6.1100	9.4300
7.6500	7.7900	11.3000	12.2200
10.1400	8.6100	11.5400	12.2100
6.0800	7.1700	12.2000	10.4400
		12.2600	13.1000

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	47.7490	47.7490	10.2532 **	.2654
REGRESSÃO GRAU 2	1	11.4422	11.4422	2.4570 NS	.3290
REGRESSÃO GRAU 3	1	4.2962	4.2962	.9225 NS	.3529
DESV. REGRESSÃO	25	116.4242	4.6570	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(28)	179.9116	6.4254		
RESÍDUO	25	116.4242	4.6570		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .4191916E+01 + .3975956E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.9266283E-01 + .1502061E+01 X + -.6181076E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .4342032E+01 + -.4166827E+00 X + .1814863E+00 X^{**2} + -.9345100E-02 X^{**3}$

Tabela 29. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo argiloso não salino.

X	Y	X	Y
.4770	.8500	7.3700	3.5000
.4560	.6300	.6240	2.0400
.8040	.9500	.6110	1.5800
1.1870	.8600	.8000	2.0300
.8240	1.2200	1.1030	1.8300
2.6400	1.9200	2.5300	3.8100
2.4900	1.8200	2.4300	3.6100
2.9100	1.2900	2.7300	2.6500
2.7700	1.4900	2.7200	2.6800
2.8000	1.3500	3.8700	3.4300
4.0600	1.7300	.7800	2.7200
4.1300	2.0400	.6000	2.5900
3.7600	3.8500	.7100	3.0400
3.9700	3.9800	.8500	2.7500
4.0600	3.7400	.7300	3.9000
7.7500	3.8800	2.5400	3.3800
9.1400	3.9500	2.4600	3.9000
		2.5500	3.5300

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	10.3648	10.3648	10.8002 **	.2550
REGRESSÃO GRAU 2	1	.4509	.4509	.4698 NS	.2661
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0836	.0836	.0871 NS	.2681
DESV. REGRESSÃO	31	29.7501	.9597	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(34)	40.6493	1.1956		
RESÍDUO	31	29.7501	.9597		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1855915E+01 + .2611262E+00 X$

GRAU 2 $Y = .1662957E+01 + .4173936E+00 X + -.1910167E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1545214E+01 + .6019198E+00 X + -.7902733E-01 X^{**2} + .4706675E-02 X^{**3}$

Tabela 30. Análise de variância para valores da regressão Extrator de Solução X Extrato de Saturação em solo argiloso salino.

X	Y	X	Y -
7.7500	4.4200	9.8300	9.6300
7.3600	5.3000	10.5900	10.6300
12.6800	4.1700	3.7100	4.5300
10.3600	4.3000	3.7800	5.1100
9.5900	4.7500	3.7200	10.0700
8.6800	4.8500	3.7900	10.4100
10.1900	5.1700	3.6000	9.3600
3.9400	4.0500	6.9300	11.0600
3.7400	7.6400	7.1600	13.2600
3.9200	8.1800	6.9900	9.7100
3.8700	7.4200	8.2600	10.3300
7.1300	8.7700	7.5400	8.7600
7.2600	10.1700	12.5900	10.0000
7.2500	7.7000	10.6200	10.3100
8.5100	8.1200	9.3600	12.4300
8.5000	7.2000	10.2400	12.1400
12.7600	8.2800	10.6100	13.5300
10.7200	8.5300	2.4300	5.0200
9.5300	9.7600	2.4500	4.3600

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	15.0439	15.0439	1.9883 NS	.0522
REGRESSÃO GRAU 2	1	15.1091	15.1091	1.9969 NS	.1045
REGRESSÃO GRAU 3	1	1.0629	1.0629	.1405 NS	.1082
DESV. REGRESSÃO	34	257.2540	7.5663	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(37)	288.4700	7.7965		
RESÍDUO	34	257.2540	7.5663		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .6549734E+01 + .2102525E+00 X$

GRAU 2 $Y = .3216677E+01 + .1299401E+01 X + -.7412483E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .6969079E+00 + .2556630E+01 X + -.2525923E+00 X^{**2} + .7625582E-02 X^{**3}$

Tabela 31. Análise de variância para valores da regressão para Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo arenoso ($\theta = 0,30 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
2.3400	.0730	7.7900	.9050
2.2200	.0010	7.6000	1.1220
2.1600	.0010	6.3800	1.0560
3.2300	.1650	6.3600	.8510
3.3100	.2400	8.2500	2.0000
3.4200	.1560	7.8000	1.7110
3.7600	.1780	10.1600	1.4120
3.7600	.1550	9.9400	1.5000
7.7300	1.3460	10.6100	1.6450

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	6.9671	6.9671	129.7769 **	.8635
REGRESSÃO GRAU 2	1	.1299	.1299	2.4194 NS	.8796
REGRESSÃO GRAU 3	1	.2199	.2199	4.0965 NS	.9068
DESV. REGRESSÃO	14	.7516	.0537	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(17)	8.0685	.4746		
RESÍDUO	14	.7516	.0537		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.4926880E+00 + .2189233E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.8976680E+00 + .3881196E+00 X + -.1383821E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .6001100E+00 + -.5319173E+00 X + .1445228E+00 X^{**2} + -.8136532E-02 X^{**3}$

Tabela 32. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo arenoso ($\theta = 0,26 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
2.3400	.0730	7.7900	.9050
2.2200	.0010	7.6000	1.1220
2.1600	.0010	6.3800	1.0560
3.2300	.1650	6.3600	.8510
3.3100	.2400	8.2500	2.0000
3.4200	.1560	7.8000	1.7110
3.7600	.1780	10.1600	1.4120
3.7600	.1550	9.9400	1.5000
7.7300	1.3460	10.6100	1.6450

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	6.9671	6.9671	129.7769 **	.8635
REGRESSÃO GRAU 2	1	.1299	.1299	2.4194 NS	.8796
REGRESSÃO GRAU 3	1	.2199	.2199	4.0965 NS	.9068
DESV. REGRESSÃO	14	.7516	.0537	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(17)	8.0685	.4746		
RESÍDUO	14	.7516	.0537		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.4926880E+00 + .2189233E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.8976680E+00 + .3881196E+00 X + -.1383821E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .6001100E+00 + -.5319173E+00 X + .1445228E+00 X^{**2} + -.8136532E-02 X^{**3}$

Tabela 33. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo arenoso ($\theta = 0,19 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
3.8500	.0680	8.7600	.6750
3.9700	.0380	7.1500	.5790
3.9400	.0860	7.3400	.2250
4.5100	.0160	9.5200	1.0890
4.5100	.0220	9.0000	1.2140
8.9600	.5800	11.7900	1.1620
9.0900	.3900	11.4600	.9930
		12.2400	.8660

QUADRO DE ANALISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	2.1570	2.1570	43.1553 **	.7648
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0166	.0166	.3325 NS	.7707
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0969	.0969	1.9393 NS	.8051
DESV. REGRESSÃO	11	.5498	.0500	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(14)	2.8203	.2014		
RESÍDUO	11	.5498	.0500		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.4841001E+00 + .1314885E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.7301420E+00 + .2059765E+00 X + -.4844217E-02 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .2474381E+01 + -.1217374E+01 X + .1842556E+00 X^{**2} + -.7758293E-02 X^{**3}$

Tabela 34. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo de textura média ($\theta = 0,33 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
1.6300	.4670	3.6900	1.1030
1.7700	.1420	4.2300	1.7280
2.0200	.2680	5.8400	1.9250
1.5900	.2480	6.7800	2.1970
1.5000	.2560	5.6000	1.3580
3.1000	.5680	6.6000	2.6900
1.9800	.3200	7.1800	2.2930
2.4700	.4300	5.1200	2.4630
2.0600	.4000	6.4500	2.4810
1.5000	.3460	8.0900	2.4750

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	15.7994	15.7994	180.9330 **	.8994
REGRESSÃO GRAU 2	1	.1775	.1775	2.0325 NS	.9095
REGRESSÃO GRAU 3	1	.1928	.1928	2.2077 NS	.9205
DESV. REGRESSÃO	16	1.3971	.0873	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(19)	17.5668	.9246		
RESÍDUO	16	1.3971	.0873		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.3783876E+00 + .4005777E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.7717450E+00 + .6461004E+00 X + -.2809617E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .2593223E+00 + -.2706360E+00 X + .1932135E+00 X^{**2} + -.1573484E-01 X^{**3}$

Tabela 35. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo de textura média ($\theta = 0,26 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
3.1600	.2060	8.7200	.4790
3.5600	.0030	9.5800	1.2200
4.0600	.0440	13.2200	1.1740
3.2000	.0630	14.1700	1.6570
3.0200	.1060	12.1700	.6660
6.2400	.2910	13.7900	1.7930
4.3000	.1920	15.0000	1.2740
5.1600	.2840	10.7000	1.7420
4.8700	.1310	13.4800	1.4020
3.5400	.0860	16.9000	1.6280

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	7.1872	7.1872	86.3695 **	.8325
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0422	.0422	.5074 NS	.8374
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0722	.0722	.8671 NS	.8458
DESV. REGRESSÃO	16	1.3314	.0832	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(19)	8.6330	.4544		
RESÍDUO	16	1.3314	.0832		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.3545561E+00 + .1275297E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.5470825E+00 + .1854736E+00 X + -.3177231E-02 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .7771891E-01 + -.8123926E-01 X + .2759730E-01 X^{**2} + -.1046410E-02 X$

Tabela 36. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo de textura média ($\theta = 0,20 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
8.0200	.1860	18.4200	1.1060
5.9800	.1020	16.0100	.4790
6.7100	.0200	17.9300	.2150
11.1400	.0310	19.5000	.9870
12.1000	.6160	13.2500	1.0210
17.6300	.4140	16.6900	.9130
		20.9300	1.0810

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	1.0936	1.0936	9.5750 *	.5065
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0000	.0000	.0004 NS	.5065
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0376	.0376	.3294 NS	.5239
DESV. REGRESSÃO	9	1.0279	.1142	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(12)	2.1592	.1799		
RESÍDUO	9	1.0279	.1142		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.3003179E+00 + .6008970E-01 X$

GRAU 2 $Y = -.3144363E+00 + .6257266E-01 X + -.9399750E-04 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = -.1652265E+01 + .4206637E+00 X + -.2879528E-01 X^{**2} + .7110341E-03 X^{**3}$

Tabela 37. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo argiloso ($\theta = 0,35 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
.8500	.1700	3.8500	.8000
.6300	.0700	3.9800	.7900
.9500	.1600	3.7400	1.0000
.8600	.1500	4.4200	1.5100
1.2200	.2700	5.3000	1.7800
1.9200	.4700	3.8800	2.0100
1.8200	.4700	3.9500	2.1400
1.2900	.5300	3.5000	2.0600
1.4900	.5800	4.1700	3.5500
1.3500	.4800	4.3000	2.3700
1.7300	.9300	4.7500	1.8600
2.0400	.9100	4.8500	2.4000
		5.1700	1.2900

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	12.1069	12.1069	36.7631 **	.6129
REGRESSÃO GRAU 2	1	.4622	.4622	1.4035 NS	.6363
REGRESSÃO GRAU 3	1	.2690	.2690	.8168 NS	.6499
DESV. REGRESSÃO	21	6.9157	.3293	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(24)	19.7538	.8231		
RESÍDUO	21	6.9157	.3293		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.1377863E+00 + .4470859E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.6499715E+00 + .9492457E+00 X + -.8715325E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .9530550E-01 + -.1253974E+00 X + .3186965E+00 X^{**2} + -.4461539E-01 X^{**3}$

Tabela 38. Análise de regressão para valores da regressão entre Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo argiloso ($\theta = 0,28 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
1.2400	.0300	4.6500	.5900
.9600	.3900	4.8300	.4900
1.2300	.0400	4.5100	.5700
1.1100	.0500	5.3300	1.1400
1.5100	.1000	6.1800	.9800
2.3200	.2200	4.5500	.9400
2.2600	.2500	4.8000	1.2200
1.6100	.2900	4.2500	1.1200
1.8000	.3100	4.8900	2.0500
1.6300	.3000	5.0400	1.3800
2.0900	.5700	5.6000	1.1700
2.3900	.4700	5.6900	1.6000
		6.0900	1.2200

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	4.8526	4.8526	45.8323 **	.6757
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0078	.0078	.0741 NS	.6768
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0978	.0978	.9238 NS	.6904
DESV. REGRESSÃO	21	2.2234	.1059	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(24)	7.1817	.2992		
RESÍDUO	21	2.2234	.1059		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = -.1495777E+00 + .2452570E+00 X$

GRAU 2 $Y = -.2292277E+00 + .3082994E+00 X + -.9111176E-02 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .3694719E+00 + -.3713420E+00 X + .2002953E+00 X^{**2} + -.1908654E-01 X^{**3}$

Tabela 39. Análise de variância para valores da regressão Extrato de Saturação X Condutividade Elétrica do Volume de Solo (TDR) para solo argiloso ($\theta = 0,22 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

X	Y	X	Y
1.6500	.5000	6.1300	.3400
1.5800	.4800	6.1500	.3500
1.8500	.5300	5.6900	.4300
1.6700	.5000	6.7300	.8200
2.4400	.6200	8.0700	.5800
3.0500	.1200	5.7400	.9300
2.7300	.2200	6.1000	1.2200
2.0500	.1700	5.1700	1.1300
2.3700	.1800	5.9100	.0500
2.1500	.0700	6.0900	.3700
2.7500	.4000	7.1300	1.1400
3.0200	.3500	7.1700	.5400
		7.7600	1.2700

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA REGRESSÃO					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	R2
REGRESSÃO GRAU 1	1	.7788	.7788	7.4054 *	.2491
REGRESSÃO GRAU 2	1	.0735	.0735	.6988 NS	.2726
REGRESSÃO GRAU 3	1	.0656	.0656	.6237 NS	.2936
DESV. REGRESSÃO	21	2.2086	.1052	1.0000 NS	
(TRATAMENTOS)	(24)	3.1265	.1303		
RESÍDUO	21	2.2086	.1052		

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DE GRAUS 1,2,3

GRAU 1 $Y = .1751910E+00 + .8034390E-01 X$

GRAU 2 $Y = .4505764E+00 + -.7897766E-01 X + .1760498E-01 X^{**2}$

GRAU 3 $Y = .1124287E+01 + -.6276547E+00 X + .1421835E+00 X^{**2} + -.8483140E-02 X^{**3}$

Anexo 3: Resultados das visitas realizadas.

Diagnóstico de níveis de salinidade em ambientes protegidos

Propriedade 1:

Análise granulométrica (%): areia – 43,1 ; argila – 34,9 ; silte – 22

Classificação textural: franco argiloso

Porosidade total (%): 63,25 Densidade (Kg . m⁻³): 963 θ leitura (%): 34,03

Após as análises propostas, foi possível determinar os seguintes valores em relação às características da água:

CE _a *	pH _a	CE _{sf} **	pH _{sf}	CE _{es}
0,0801	6,65	1,96	7,32	1,33

* a – água (fonte de abastecimento)

** sf – solução de fertirrigação

Caracterização da produção: gérberas, em área de 23.000 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: gotejamento, com tubulação substituída a cada 03 anos, sendo realizada limpeza preventiva dos gotejadores, bem como do sistema motobomba, tendo cerca de 07 anos de uso.

Manejo da irrigação: realizado através de tensiometria, com aplicação de água por 40 minutos, sendo 05 minutos sem fertirrigação, com frequência de 24 horas.

Caracterização da fonte de água: utiliza água superficial (rio), sendo o volume disponível suficiente, sem riscos potenciais de contaminação, apesar da não realização periódica de análises da água.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica a cada 03 anos ou por indicação da análise de solo.

Caracterização da adubação: através de fertirrigação, a partir de análise de solo.

Propriedade 2:

Análise granulométrica (%): areia – 55,2 ; argila – 29,3 ; silte – 15,5

Classificação textural: franco argilo-arenoso

Porosidade total (%): 58,61 Densidade (Kg . m⁻³): 1.086 θ leitura (%): 36,24

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,17	6,93	1,50	6,02	0,575

Caracterização da produção: gérberas, em área de 5.200 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: gotejamento, fitas com apenas 02 anos de uso, sendo realizada avaliação preventiva dos gotejadores, bem como do sistema motobomba.

Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, com aplicação de água por 30 minutos, suficiente para lâmina de 4 mm, com frequência de 24 horas. Monitora a condutividade elétrica da solução através de sensores de salinidade instalados próximo ao sistema motobomba.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea, sendo o volume disponível suficiente, sem riscos potenciais de contaminação e com realização periódica de análises da água.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo.

Caracterização da adubação: através de fertirrigação, com formulação comercial.

Propriedade 3:

Análise granulométrica (%): areia – 60,5 ; argila – 29,7 ; silte – 9,8

Classificação textural: franco argilo-arenoso

Porosidade total (%): 55,04 Densidade (Kg . m⁻³): 1.053 θ leitura (%): 22,4

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,0215	7,56			1,005

Caracterização da produção: crisântemo, em área de 3.950 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: aspersão, sistema com 07 anos de uso, sendo realizada apenas reparos quando necessários. Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, com aplicação de água 3 vezes por semana para plantas maiores e 02 vezes por semana para plantas menores.

Caracterização da fonte de água: utiliza água de superfície (lagoa), sendo o volume disponível suficiente, com riscos potenciais de contaminação químico e biológico pela proximidade entre área de produção e fonte de água, não realiza análise periódica da água.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo.

Caracterização da adubação: química manual.

Propriedade 4:

Análise granulométrica (%): areia

Classificação textural:

Porosidade total (%): Densidade (Kg . m⁻³): θ leitura:

- Nesta propriedade não foi possível a retirada de amostras pelo reduzido teor de água nos canteiros (30 horas após aplicação) e presença de rizomas.

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,049	7,15			

Caracterização da produção: avenca e aspargos (folhagem de corte), em área de 9.000 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: aspersão, sistema com 02 anos de uso, sendo realizados apenas reparos quando necessários.

Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, com aplicação de água 02 vezes por semana.

Caracterização da fonte de água: utiliza água de superfície (lagoa), sendo o volume disponível suficiente, com riscos potenciais de contaminação químico e biológico pela proximidade entre área de produção e fonte de água, todavia a análise periódica da água não detectou problemas.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo e adição anual de matéria orgânica.

Caracterização da adubação: aplicação manual, química (análise foliar) e orgânica.

Propriedade 5:

Análise granulométrica (%): areia – 70,8 ; argila – 17,1 ; silte – 12,1

Classificação textural: franco arenoso

Porosidade total (%): 45,09 Densidade (Kg . m⁻³): 1.580 θ leitura: 38,09

CE_a	pH_a	CE_{sf}	pH_{sf}	CE_{es}
0,158	7,70	1,034	5,63	0,794

Caracterização da produção: ornamentais - philodendrum (3.000 m²) e aspargos (2.000 m²).

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: aspersão, sistema com 08 anos de uso, sendo realizada manutenção preventiva em todo o sistema; sistema motobomba com 12 anos de uso.

Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, com aplicação de água 02 vezes por semana. Monitoram a condutividade elétrica para mantê-la em valores próximos a 1,5 dS . m⁻¹ e o pH da água entre 5,0 e 5,7.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea, sendo o volume disponível suficiente. Riscos potenciais de contaminação química pela proximidade entre área de produção e fonte de água, no caso da água para consumo humano da propriedade.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo e adição de matéria orgânica a cada 04 meses.

Caracterização da adubação: aplicação manual (orgânica) e via fertirrigação (química) com formulações comerciais.

Propriedade 6:

Análise granulométrica (%): areia – 32,6 ; argila – 50,4 ; silte - 17

Classificação textural: argila

Porosidade total (%): 56,6 Densidade (Kg . m⁻³): 708 θ leitura (%): 27,51

CE_a	pH_a	CE_{sf}	pH_{sf}	CE_{es}
0,085	7,33	0,18	7,36	0,68

Caracterização da produção: crisântemo (18.000 m²) e lisianthus (9.000 m²).

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: aspersão, sistema com 10 anos de uso, sendo realizada manutenção preventiva apenas no sistema motobomba.

Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, com aplicação de água 03 vezes por semana.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea e superficial (lagoa), sendo o volume disponível insuficiente.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo e adição de matéria orgânica a cada 03 meses.

Caracterização da adubação: aplicação manual (orgânica) e via fertirrigação (química) com formulações comerciais. Realiza fertilização química (fertirrigação), pela experiência pessoal.

Propriedade 7:

Análise granulométrica (%): areia – 25 ; argila – 51,2 ; silte – 23,8

Classificação textural: argila

Porosidade total (%): 50,44

Densidade (Kg . m⁻³): 901

θ leitura (%): 23,34

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,072	8,12			1,00

Caracterização da produção: crisântemo (25.000 m²), sendo a propriedade anteriormente utilizada para produção de pêssegos, uva e rosas (40 anos).

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: microaspersão e gotejamento, sistema com 05 anos de uso, sendo realizada manutenção preventiva em todo o sistema motobomba.

Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, com aplicação de água 02 vezes por semana, acrescido de gotejamento na fase final de produção (manutenção da umidade).

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea e superficial (rio), sendo o volume disponível insuficiente. Possibilidade de contaminação física e química (rede de esgoto descarrega no rio).

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo e adição de matéria orgânica 02 a 03 vezes por ano.

Caracterização da adubação: aplicação manual (orgânica) e via fertirrigação (química) com formulações comerciais. Utiliza uma mistura denominada bokashi e abandonou a fertirrigação por insatisfação com os resultados.

Propriedade 8:

Análise granulométrica (%): areia – 41,7 ; argila – 33,2 ; silte – 25,1

Classificação textural: franco argiloso

Porosidade total (%): 52,89 Densidade (Kg . m⁻³): 670 θ leitura (%): 29,08

CE_a*	pH_a	CE_{sf}**	pH_{sf}	CE_{es}
0,142	8,11			0,87

Caracterização da produção: crisântemos (40.000 m²) e lisianthus (10.000 m²).

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: microaspersão e gotejamento, sistema com 07 anos de uso, sendo realizados reparos no sistema, quando necessários. Microaspersão até a metade do desenvolvimento da cultura e posteriormente gotejamento.

Manejo da irrigação: realizado pela observação visual, sendo a frequência definida de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, desde diária até alternada (a cada 02 dias).

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea, sendo o volume disponível suficiente. Possibilidade de contaminação física e química, especialmente por fertilizantes, já que se verifica a incrustação destes na borda do reservatório intermediário (sem adição de fertilizantes).

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo e adição de torta de mamona e farinha de ossos.

Caracterização da adubação: aplicação manual (orgânica) e via fertirrigação (química) com formulações comerciais. Deve-se ressaltar que o produtor aplica 70% do nitrogênio na forma de amônio (uréia), sem verificar qualidade ou temperatura da água.

Propriedade 9:

Análise granulométrica: areia – 54 ; argila – 34,1 ; silte – 11,9

Classificação textural: argila arenosa

Porosidade total (%): 52,82 Densidade (Kg . m⁻³): 1021 θ leitura (%): 18,47

CE_a	pH_a	CE_{sf}	pH_{sf}	CE_{es}
0,053	8,27	0,73	6,42	0,591

Caracterização da produção: gibsophyla e simbídeo (15.000 m²)

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: gotejamento com manutenção preventiva.

Realiza lavagem das mangueiras (anual) e abertura dos finais de linha (mensal).

Manejo da irrigação: através de tensiometria (umidade) e extratores (condutividade elétrica), sendo as amostras analisadas diariamente.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea e superficial (lagoa), sendo o volume disponível suficiente.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo.

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com formulações comerciais para macro e micronutrientes.

Propriedade 10:

Análise granulométrica: areia – 39,2 ; argila – 43,8 ; silte - 17

Classificação textural: argila

Porosidade total (%): 69,86 Densidade (Kg . m⁻³): 687 θ leitura (%): 35,42

CE_{a*}	pH_a	CE_{sf**}	pH_{sf}	CE_{es}
0,061	7,34	0,063	7,56	1,26

Caracterização da produção: rosas.

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: gotejamento e microaspersão, mas em áreas separadas. Realiza manutenção preventiva, aplicando ácidos na limpeza das linhas de irrigação.

Manejo da irrigação: utiliza equipamento para monitoramento de umidade e condutividade elétrica, mas não foi possível verificar marca ou modelo. Utiliza na propriedade um catalisador (bactérias e fungos), além dos filtros de areia e disco e controla o pH da água.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea, sendo o volume disponível insuficiente, usa água superficial (lagoa) para complementar volume necessário.

Existe risco de contaminação química e biológica (moradias próximas à fonte de abastecimento).

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica.

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com formulações comerciais para macro e micronutrientes e adição manual de matéria orgânica (carvão em pó, bokashi, borra de café, farelo de milho).

Propriedade 11:

Análise granulométrica: areia – 34,7 ; argila – 46 ; silte – 19,3

Classificação textural: argila

Porosidade total (%): 54,14 Densidade (Kg . m⁻³): 1008 θ leitura (%): 29,22

CE_a	pH_a	CE_{sf}	pH_{sf}	CE_{es}
0,102	8,81	2,78/3,79	6,52/7,73	1,30

Caracterização da produção: mudas de crisântemo, em área de 30.000 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: gotejamento, aspersão e microaspersão, tendo os sistemas entre 05 e 09 anos de uso. Realiza manutenção preventiva no sistema motobomba e apenas reparos nas linhas de irrigação.

Manejo da irrigação: utiliza aspersão e microaspersão no verão e gotejamento no inverno, com frequência de 2 a 3 vezes por semana. Monitora condutividade elétrica e pH da água.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea e superficial (rio e lagoa), sendo o volume disponível insuficiente. Não existe monitoramento da qualidade da água. Está ampliando reservatórios de água.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica ao final de cada ciclo (3 a 4 meses).

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com formulações comerciais para macro e micronutrientes, em função de análises de solo.

Propriedade 12:

Análise granulométrica: areia – 60,7 ; argila – 22,2 ; silte – 17,1

Classificação textural: franco argilo-arenoso

Porosidade total (%): 49,11 Densidade (Kg . m⁻³): 1230 θ leitura (%): 36,68

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,086	8,43	1,105	7,2	1,54

Caracterização da produção: mudas de crisântemo, em 120.000 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: aspersão (até o pegamento) e gotejamento (até o final do ciclo), tendo os sistemas 10 anos de uso, com manutenção preventiva no sistema motobomba e apenas reparos nas linhas de irrigação.

Manejo da irrigação: controle da uniformidade de aplicação através da substituição dos gotejadores, através do uso de tensiometria reduziu o consumo de água a um terço do volume inicial, hoje realiza o manejo pela experiência própria. Frequência de irrigação em 2 a 3 vezes por semana, sempre com fertirrigação.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea e superficial (lagoa), sendo o volume disponível suficiente. Monitora a qualidade da água anualmente, através de análise. Pela crescente urbanização da área, futuramente poderá ocorrer contaminação.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica ao final de cada ciclo (3 a 4 meses).

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com formulações comerciais para macro e micronutrientes, monitoramento dos teores de nutrientes por análises de solo mensais.

Propriedade 13:

Análise granulométrica: areia – 45,3 ; argila – 31 ; silte – 23,7

Classificação textural: franco-argiloso

Porosidade total (%): 54,56 Densidade (Kg . m⁻³): 902 θ leitura (%): 28,34

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,015	8,43	0,015	8,18	1,15

Caracterização da produção: mudas de crisântemo, em 35.000 m².

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: microaspersão, tendo os sistemas 07 anos de uso, com manutenção preventiva no sistema e apenas reparos no sistema motobomba.

Manejo da irrigação: monitoramento visual com frequência de irrigação em 3 vezes por semana, com fertirrigação.

Caracterização da fonte de água: utiliza água subterrânea e superficial (lagoa), sendo o volume disponível suficiente. Segundo o produtor a água tem elevados teores de sódio, com riscos de contaminação química, pela proximidade entre área de produção e fonte de abastecimento.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica a cada 3 meses.

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com formulações comerciais para macro e micronutrientes.

Propriedade 14:

Análise granulométrica: areia – 75,9 ; argila – 16,5 ; silte – 7,6

Classificação textural: franco arenoso

Porosidade total (%): 45,79 Densidade (Kg . m⁻³): 1205 θ leitura (%): 24,92

CE_a	pH_a	CE_{sf}	pH_{sf}	CE_{es}
0,043	7,36	1,037	6,28	0,75

Caracterização da produção: gérberas, em área de 16.300 m², com 02 meses de implantação.

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: gotejamento, tendo os sistemas 02 meses de uso, sem manutenção preventiva.

Manejo da irrigação: monitoramento prático (visual), com frequência de irrigação entre 2 a 3 vezes por semana, sempre com fertirrigação, sendo a condutividade elétrica e o pH da solução monitorados.

Caracterização da fonte de água: utiliza água superficial (rio e lagoa), sendo o volume disponível suficiente. Não realiza análises da qualidade da água periodicamente.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica (esterco de gado e borra de café), sem periodicidade definida.

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com mistura de fertilizantes na propriedade, para macro e micronutrientes.

Propriedade 15:

Análise granulométrica: areia – 63,6 ; argila – 20,3 ; silte – 16,1

Classificação textural: franco argilo-arenoso

Porosidade total (%): 52,62 Densidade (Kg . m⁻³): 853 θ leitura (%): 19,43

CE _a	pH _a	CE _{sf}	pH _{sf}	CE _{es}
0,053	7,18			0,74

Caracterização da produção: crisântemo de corte, com 4,5 ciclos/ano, em área total de 76.000 m². Área apresenta sérios problemas de infestação por nematóides.

Caracterização do tipo de estufa: ambiente protegido

Caracterização do sistema de irrigação: microaspersão, tendo os sistemas 12 anos de uso, com manutenção preventiva das linhas de irrigação (filtros de areia e disco).

Manejo da irrigação: monitoramento prático (visual) da umidade, com irrigação diária, sempre com fertirrigação, sendo a condutividade elétrica e o pH da solução monitorados.

Caracterização da fonte de água: utiliza água superficial (lagoa) e subterrânea, sendo o volume disponível insuficiente em períodos de estiagem. Não realiza análises da qualidade da água periodicamente, havendo risco de contaminação química e biológica.

Caracterização do método de cultivo: preparo sem substituição do solo, com adição de matéria orgânica (10 cm/ano) como xaxim ou substrato para vaso. Todo o canteiro é revolvido com enxada rotativa.

Caracterização da adubação: aplicação via fertirrigação (química) com mistura de fertilizantes na propriedade, para macro e micronutrientes, sendo a condutividade elétrica da solução mantida em 1,8 dS . m⁻¹ a 25° C.

LITERATURA CITADA

AL-HARBI, A. R. Effect of manipulating nutrient solution salinity on the growth of cucumber *Cucumis sativus* L. grown NFT. **Acta Horticulturae**, 361: 267-73, 1994.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. De H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros e F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

BENZIONI, A.; ITAI, C.; VAADIA, Y. Water and salt stresses, kinetin and protein synthesis in tobacco leaves. **Plant Physiol.**, 9:361-5, 1967.

BENZIONI, A.; VENTURA, M.; DE MALACH, Y. Long-term effect of irrigation with saline water on the development and productivity of jojoba clones. **J. of Hortic. Sci.**, 71(6): 835-46, 1996.

BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media I. Steady State. **Am. J. Bot.** 48: 909-18, 1961.

------. Osmotic adjustment of plants to saline media II. Dinamic phase. **Am. J. Bot.**, 50: 360-70, 1963.

BLISS, R. D.; PLATT-ALOIA, K. A.; THOSON, W. W. Effects of salt on cell membranes of germination seeds. **California Agriculture**, 38: 22, 1984.

BOURSIER, P. & LAUCHLI, A. Growth response and mineral relations of salt stressed Sorghum. **Crop Science**, 30: 1226-33, 1990.

BRESLER, E. Two dimensional transport of solutes during nonsteady infiltration from a trickle source. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 39: 604-13, 1975.

BRYAN, B. B. & THOMAS, E. L. Distribution of fertilizers materials applied through sprinkler Irrigation systems. **Bulletin 598**, University of Arkansas, 1958.-

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos. **Boletim Técnico IAC**, n. 106, 1986. 97 p.

CERDA, A.; CARO, M.; FERNANDEZ, F. G. Salt tolerance of two pea cultivars. **Agronomy Journal**, 74: 796-8, 1982.

CHAPMAN, V. J. The Salinity Problem in General, Its Importance, and Distribution with Special Reference Natural Halophytes. In POLJAKOFF-MAYBER, A. & J. GALE. **Plants in saline environments**. New York, Springer-Verlag, 6-24, 1975. 313 p.

CHARTZOULAKIS, K. S. Effect of NaCl Salinity on Germination Growth and Yield of Greenhouse Cucumber. **J. Hort. Sci.**, 67: 115-9, 1992.

CHARTZOULAKIS, K. S. Photosynthesis Water relations and Leaf Growth of Cucumber, exposed to Salt Stress. **Scientia Horticulturae**, 59: 27-35, 1994.

CHARTZOULAKIS, K. S. Salinity Effects on Fruit Quality of Cucumber and Egg-Plant. **Acta Horticulturae**, 379: 187-92, 1995.

COCKSHULL, K. E. Plant Responses and Adaptation to Water Issues in the Greenhouse Environment. **Acta Horticulturae**, 458: 201-6, 1998.

COELHO, A. M. Fertigação. In: Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação., EMBRAPA, Brasília, 1994, 315 p,

CORNILLON, R. S. & AUGÉ, M. Salinité: adaptation du piment. **PHM Revue Horticole**, 363: 39-43, 1995.

CUARTERO, J. & SORIA, T. Yield and water consumption modifications induced in tomatoes by salty water irrigation. In: **International Symposium on Water Quantity and Quality on Greenhouse Horticulturae**. www.icia.rcanaria.es/eventos/wqq96. 1996.

DELLACECA, V. & MIGGIANO, A. A five year research on two combined doses of water fertilizers applied to tomato and lettuce grown in greenhouse. **Acta Horticulturae**, :185-92, 1996.

DELLAMICO, J.; RODRIGUEZ, P.; ECHEVARRIA, L.; MORALES, D.; POLON, R. Efecto de la salinidad sobre las relaciones hídricas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Cultivar Inca 9(1). **Cultivos Tropicales**, 17(3): 22-5, 1996.

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.

FAO. **The state of food and agriculturæ (SOFA) 1993**. www.fao.org. 1997.

FERREIRA, P. A. Aspectos físico-químicos do solo. In: **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383 p.

FRANCOIS, . E.; DONOVAN, T.; MAAS, E. V. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. **Agronomy Journal**, 76: 741-4, 1984.

FRANCOIS, L. E.; MAAS, E. V.; DONOVAN, R. J.; YOUNG, . L. Effects of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. **Agronomy Journal**, 78: 1053-8, 1986.

GALLEGO, A.; AGUERA, J. M.; SEGOVIA, C.; CASTILLA, N.; OLIVER, J.; CRUZ, G. Soil salinity in drip irrigated tomatoes as affected by water application and soil cover. In:

International Symposium on Water Quantity and Quality on Greenhouse Horticulturae.
www.icia.es/eventos/wqq96. 1996.

GARCIA, M. & CHARBAJI, T. Effect of sodium chloride salinity on cation equilibria in grapevine. **J. of Plant Nutrition**, 16(11): 2225-37, 1993.

GODOY, M. R. P. G. Fertirrigação e adubação líquida. *Casa da Agricultura*, 10; 15-9, 1988.

GROTO, R. & TIVELLI, S. W. **Produção em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo. Ed. UNESP, 1988. 319 p.

HALLIKAINEN, M. T.; ULABY, F. T.; EL-RAYES, M. A.; DOBSON, M. C.; WU, L. K. Microwave dielectric behavior of wet soil – Part I: Empirical Models and Experimental Observations. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, GE-23, p. 25-34, 1985.

HANLON, E. A. & BARTOS, J. M. Soil pH and Electrical Conductivity: A ty Extension Soil Laboratory Manual. **Circular 1081**, University of Florida, 11 p., 1993.

HARRISON, D. S. Injection of liquid fertilizer materials into irrigation systems. **Circular 27**, Institute of Food and Agricultural Sciences, 11 p.1968.

HEIMOVAARA, T. J. FOCKE, A. G., BOUTEN, W., VERSTRATEN, J. M. Assessing temporal variations in soil water composition with time domain reflectometry. **Soil Sci. Soc. Am. Journal**, 59: 689-698, 1995.

HERMANN Jr., P. S. P. Aspectos básicos da reflectometria no domínio do tempo (TDR) e potencialidades de aplicação na física do solo. **In: Aplicações da técnica de TDR na agricultura**, Feagri, UNICAMP, 2001, 178 p.

HOSSOKAWA, T. **Estudo dos elementos meteorológicos na estimativa da evapotranspiração potencial em casa de vegetação.** Campinas, 1997. 94 p. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

JENSEN, M. E. **Design and operation of farm irrigation systems.** Am. Soc. Of Agric. Engin., ASAE. 1980. 829 p.

JONES, R. W.; PIKE, L. M.; YOURMAN, L. F. Salinity influences cucumber growth and yield. **J. Amer. Soc. Hortic. Sci.**, 114(4): 547-51, 1989.

JONES, S. B., WRAITH, J. M., OR,D. Time domain reflectometry measurement principles and applications. **Hydrological Processes**, 16: 141-153, 2002.

KADDAH, M. T. & GHOWAIL, S. I. Salinity effects on the growth of corn at different stages of development. **Agronomy Journal**, 56: 214-7, 1964.

KHALIL, M. A.; AMER, F.; ELGABALI, M.M. A salinity fertility interaction study of corn and cotton. **Soil Sci. Am. Proc.**, 81: 683-6, 1967.

LAUCHI, A. & EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, 38: 18-20, 1984.

LEONARDI, C. Dry matter yield and nitrogen content in celery under salt stress conditions. **Acta Horticulturae**, 458: 257-61, 1998.

LIU, X. & PINTO, N. G. Frequency domain π -phase-shift reflectometry for soil moisture measurement. I. Theory. **Sensors and Actuators**, v. 55, 127-132, 1996.

LONGHENESSE, J.J. & LEONARDI, C. Some ecophysiological indicators of salt stress in greenhouse tomato plants. **Acta Horticulturae**, 366: 461-7, 1994.

LORENZ, O. A. & MAYNARD, D. N. **Knotts handbook for vegetables growers**. Third ed., John Wiley & Sons, 456 p., 1988.

MAAS, E. V. & GRIEVE, C. M. Spike and leaf development in salt- stressed wheat. **Crop Science**, 30: 1309-13, 1990.

MAAS, E. V. & HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: current assessment. **J. of the Irrigation and Drainage Division**, ASCE, 103: 115-34, 1977.

MANGAL, J. L.; SINGH, R. K.; YADAV, A.C.; LAL, S.; PANDEY, V.C. Evaluation of garlic cultivar for salinity tolerance. **Journal of Horticultural Science**, 64: 657-8, 1990.

MARTINEZ, V.; NUNEZ, J. M.; ORTIZ, A.; CERDA, A. Changes in amino acid and organic acid composition in tomato and cucumber plants in relation to salinity and nitrogen nutrition. **J. of Plant Nutrition**, 17(8): 1359-68, 1994.

MEIRI, A.; MOR, E.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Effects of time of exposure to salinity on growth water status, and salt accumulation in bean plants. **Ann. Bot.**, 34: 383-9, 1970.

MINAMI, K. **Mudas hortícolas de alta qualidade. In: Produção de mudas de alta qualidade em hortaliças**. São Paulo, 19-25, 1995.

MMOLAWA, K. & OR, D. Root zone solute dynamics under drip irrigation: a review. **Plant and Soil**, n. 222, p. 163-190, 2000.

NADLER, A. **Effect of soil structure on bulk soil electrical conductivity (ECa) using the TDR and 4P techniques**. Agricultural Research Organization, Bet Dagan, Israel, No. 2998-E: 199-203, 1991.

NADLER, A.; GAMLIEL, A.; PERETZ, I. Practical aspects of salinity effect on TDR-Measured water content: a field study. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 63, p. 1070-1076, 1999.

NICHOLS, M. A.; FADALLAN, E. F.; FISHER, K. J.; MORGAN, L. M. The effect of osmotic stress on the yield and quality of tomatoes. **Acta Horticulturae**, 379: 105-11, 1995.

NOBORIO, K.; McINNES, K. J.; HEILMAN, J. L. Field measurements of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry. **Comput. Electron. Agric.**, v. 11, p. 131-142, 1994.

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

OR, D. & JONES, S. B. Extending TDR measurement range in saline soils using frequency domain methods. In: **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**, Feagri, UNICAMP, 2001, 178 p.

PADILLA, W. Fertirrigation bajo condiciones de invernadero en el Ecuador. In: **Foro Internacional de cultivo Protegido**, 263-81, UNESP/FAPESP, 1977. 281 p.

PERSON, M. Soil solution electrical conductivity measurements under transient conditions using time domain reflectometry. **Soil Sci. Soc. Of Am. Journal**, v. 61, p. 997 – 1003, 1997.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**, 3ª edición, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1996. 511 p.

PLUDA, D.; RABINOWITCH, H. D.; KAFKAFI, U. Pepino Dulce (*Solanum muricatum* Ait.) Quality characteristics respond to nitrogen nutrition and salinity. **J. Amer. Soc. Hortic. Sci.**, 118(1): 86-91, 1993.

POSTEL, S. **Water of agriculture: Facing the limits**. Worldwatch Paper 93. Worldwatch Institute. Washington, 1989. 54 p.

QADAR, A. Potassium and sodium contents of shoot and laminae of rice cultivars and their sodicity tolerance. **J. of Plant Nutrition**, 18(11): 2281-90, 1995.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383 p.

QUEIROZ, S. O. P. & BÜLL, L. T. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo. **Irriga**, v. 6, n. 2, 2001.

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

RAINS, D. W. Metabolis energy cost for plant cells exposed to salinity. **California Agriculture** 38: 22, 1984.

RAYA, A. M.; FERNANDEZ, J.; AGUILAR, J.; FERNANDEZ, E. Fertirrigation-induced salinity in force cropping. **Agrochimica**, 36(4-5): 371-80, 1992.

REECE, C. F. Simple method for determining cable length resistance in time domain reflectometry systems. **Soil Sci. Soc. Am. Journal**, 62: 314-317, 1998.

RHOADES, J. D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. **Advances in Agronomy**, 49: 201-51, 1994.

RHOADES, J. D.; MANTEGHI, N. A.; SHOUSE, P. J.; ALVES, W. J. Soil electric conductivity and soil salinity: new formulations and calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n. 53, p. 433-439, 1989.

RICHARDS, L. A. Pressure – membrane apparatus construction and use. **Agr. Engin.**, n. 28, p. 451-454, 1947.

ROGERS, M. E.; GRIEVE, C. M.; SHANNON, M. C. The response of lucerne (*Medicago sativa*, L.) to sodium sulphate and chloride salinity. **Plant and Soil**, 202: 271-80, 1998.

ROSA, E. A. Salinização em ambiente protegido. In: **Foro Internacional de Cultivo Protegido**, 226-62, UNESP/FAPESP, 1997. 281 p.

ROTH, C. H.; MALICKI, M. A.; PLAGGE, R. Empirical evaluation of the relationship between soil dielectric constant and volumetric water content measurements by TDR. **Journal of Soil Science**, n. 43, p. 1-13, 1992.

SCHWARZ, D. & KUCHENBUCH, R. Water uptake by tomato plants grown in closed hydroponic systems dependent to the EC-level. **Acta Horticulturae**, 458: 323-8, 1998.

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

SOLIMAN, M. S.; SHALABI, H. G.; CAMPBELL, W. F. Interaction of salinity, nitrogen, and phosphorus fertilization on wheat. **J. of Plant Nutrition**, 17(7): 1163-73, 1994.

SOWACS. **Theoretical basis of the Sigmprobe pore water conductivity meter**. www.sowacs.com, 2004.

SPAANS, E. J. A., BAKER, J. M. Simple baluns in parallel probes for time domain reflectometry. **Soil Sci. Soc. Am. Journal**, 57: 668-673, 1993.

STANGHELLINI, C.; van MEURS, Th. 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**, 458: 221-9, 1998.

STANGHELLINI, C.; van MEURS, Th. M.; SIMONSE, L.; van GAALEN, J. Combined effect of climate and concentration of the nutrient solution on a greenhouse tomato crop. II: Vegetative Growth. **Acta Horticulturae**, 458: 231-7, 1998.

TATTINI, M.; LOMBARDINI, L.; GUCCI, R. The effect of NaCl stress and relief on gas exchange properties of two olive cultivars differing in tolerance to salinity. **Plant and Soil**, 197: 87-93, 1997.

THOMAS, J. R. & WIEGLAND, C. L. Osmotic and matric suction effects on relative turgidity, temperature and growth of cotton leaves. **Soil Sci.**, 109: 85-92, 1970.

TOMMASELLI, J. T. G. Critérios para calibração de sondas de TDR. In: **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**, Feagri, UNICAMP, 2001, 178 p.

TOMMASELLI, J. T. G. **Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho de TDR (Time Domain Reflectometry)**. Piracicaba, 1997. 108 p., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

UNITED STATE SALINITY LABORATORY STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. U. S. Dept. Agric. Handb. 60, 160 p., 1954.

VAN IEPERIN, W. Dynamic effects of change in electric conductivity on transpiration and growth of greenhouse-grown tomato plants. **J. of Hortic. Sci.**, 71(3): 481-96, 1996.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigación**, 2ª edición, Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 233 p.

WANG, J. R. & SCHMUGGE, T. J. An empirical model for the complex dielectric permittivity of soils as a function of water content. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, GE-18, p. 288-295, 1980.

WILLUMSEN, 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. **J. of Hortic. Sci.**, 71(1): 81-98, 1996.

WRAITH, J. M. & DAS, B. S. Monitoring soil water and ionic solute distributions using time-domain reflectometry. **Soil and Tillage Research**, 47(1-2), 145-50, 1998.

WYSEURE, G. C. L.; MOJID, M. A.; MALIK, M. A. Measurement of volumetric water content by TDR in saline soils. **Eur. J. of Soil Sci.**, n. 48, p. 347-354, 1997.

XU, H. L.; GAUTHIER, L.; GOSSELIN, A. Photosynthetic response of greenhouse tomato plants to high solution electric conductivity and low soil water content. **J. of Hortic. Sci.**, 69(5): 821-32, 1994.

YADAU, B. R.; RAO, N. H.; PALIWAL, K. V.; SARMA, P. B. S. Comparison of different methods for measuring soil salinity under field conditions. **Soil Science**, 127: 335-9, 1979.

YAKUSHIJI, H.; NONAMI, H.; SAKAI, K.; FUKUYAMA, T.; ONO, S.; YUASA, T.; HASHIMOTO, Y. Water-stress resistant citrus seedlings suitable for fruit production under greenhouse and plant factory conditions. **Acta Horticulturae**, 319: 389-92, 1992.

YAMASHITA, K. & MATSUMOTO, H. Effect of sodium chloride stress on the plasma membrane ATPase of barley roots. Probably cause for decrease in ATPase activity. **J. of Plant Nutrition**, 20(2-3): 233-45, 1997.
