

## SALINIZAÇÃO DO SOLO POR APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES EM AMBIENTE PROTEGIDO

**Nildo da Silva Dias<sup>1</sup>; Sergio Nascimento Duarte<sup>2</sup>; José Francisco Teles Filho<sup>2</sup>; Roberto Takafumi Yoshinaga<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, nildo@ufersa.edu.br

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

### 1 RESUMO

As curvas de salinização artificial de solos por excesso de adubos auxilia experimentos com manejo de fertirrigação e tolerância das plantas à salinidade, visando o controle da salinidade em ambientes protegidos. Para construir as curvas de salinização artificial do solo por aplicação de fertilizantes desenvolveu-se um experimento no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, município de Piracicaba, SP. A primeira fase do experimento constou de ensaios de curvas de salinidade de água em função da concentração de fertilizantes e, na segunda etapa utilizaram-se amostras de 10 kg de Latossolo Vermelho, os quais foram peneirados, secos ao ar e acondicionados em vasos de 17 L. As amostras de solos foram salinizadas artificialmente por excesso de adubos utilizados na fertirrigação, sendo as quantidades e as proporções de sais aplicados no solo baseados na extração total de nutrientes para a cultura do melão (*Cucumis melo* L.). A umidade do solo foi elevada até a máxima capacidade de retenção e concomitantemente foram adicionados os sais diluídos na água, obtendo-se nove níveis de salinidade do solo (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) com três repetições. A curva de salinidade foi testada também em canteiros construídos sob ambiente protegido para se obter seis níveis de salinidade do solo (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>). Pelos resultados constata-se que a salinização artificial do solo requer a elaboração criteriosa de curvas para que sejam adicionados aos solos adubos suficientes para se conseguir níveis de condutividade elétrica no extrato de saturação do solo pré-estabelecido. A técnica utilizada para salinizar artificialmente o solo permitiu que se atingisse CE<sub>es</sub> desejada com boa precisão.

**UNITERMOS:** salinidade, condutividade elétrica, fertirrigação.

**N.S., DIAS; S.N., DUARTE; J.F.T., FILHO; R.T., YOSHINAGA. SOIL SALINIZATION THROUGH FERTILIZER APPLICATIONS IN GREENHOUSE**

### 2 ABSTRACT

The soil artificial salinization curves by over fertilization are helpful to experiments with fertirrigation management and plant tolerance to salinity in greenhouse. An experiment was carried out in a greenhouse located in an experimental area of the Department of Rural Engineering of ESALQ- USP, Piracicaba- SP, Brazil, in order to build artificial salization curves. The first phase of experiment consisted of water salinity curve assays in function of

fertilizer concentrations. In the second phase, 10 kg sift-dried Oxisol soil samples conditioned in 17 L pots were used. The soil samples were salinized artificially by fertilizers through fertirrigation; the applied salt dose amount and proportion were based on melon (*Cucumis melo*, L.) total nutritional extraction. Soil humidity was increased to maximum water hold capacity by using diluted salt in water and that resulted in 9 different salinity soil levels (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 and 9.0 dS m<sup>-1</sup>) with 3 replications. The salinity curve was tested in soil beds in two greenhouses to obtain six soil salinity levels (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 e 6.0 dS m<sup>-1</sup>). Artificial soil salinization requires a careful curve elaboration to produce the desired electric conductivity in the saturation extract. The technique used for soil salinization allowed obtaining satisfactorily accurate EC values.

**KEYWORDS:** salinity, electric conductivity, fertirrigation.

### 3 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, especialmente nos Estados de São Paulo e Paraná, tem-se observado aumento no cultivo de hortaliças sob ambiente protegido, cujas principais vantagens, em relação aos demais sistemas de produção a céu aberto, são: maior proteção contra as adversidades climáticas e possibilidade de produção na entressafra, aumento da produtividade e melhor qualidade dos produtos, além de maior eficiência nos uso de água e de fertilizantes (Stanghellini, 1993).

Apesar das vantagens, quando se cultiva sob ambiente protegido, potencializa-se o surgimento de um processo muito comum nas regiões áridas e semi-áridas, como no Nordeste brasileiro: a salinização. Este fenômeno ocorre, principalmente nas regiões, onde os baixos índices de pluviosidade e a ocorrência de altas temperaturas provocam intensa evaporação da água e, com efeito, deposição de sais na superfície do solo ao longo dos anos. De acordo com Dias (2004), um processo semelhante pode ocorrer nos cultivos protegidos, se medidas preventivas não forem tomadas, pois o uso intensivo de adubação, a falta de chuvas ou irrigação para lixiviar o excesso de fertilizantes e a contínua evaporação da água do solo pode aumentar o teor de sais na solução do solo e prejudicar o rendimento das culturas. Nesse sentido, o manejo, nem sempre adequado, da irrigação e da adubação, causas diretas da salinização, tornam-se mais graves sob ambiente protegido, uma vez que as chuvas que poderiam corrigí-las não adentram neste ambiente.

Os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Dias et al., 2003).

Na maioria dos casos, o aumento da salinidade em ambientes protegidos da região Sudeste do Brasil dá-se em função do excesso de fertilizantes aplicados via água de irrigação. Dias (2001), estudando a evolução da salinidade de um Luvissole cultivado com melão fertirrigado, observou, no período de maior exigência nutricional da cultura, incrementos de até 1,60 dS m<sup>-1</sup> na salinidade da água de irrigação provenientes da adição de adubos via fertirrigação; tal fato foi responsável, em parte, pelos níveis altos de salinidade do solo quantificados aos 45 dias após a semeadura. Assim, no caso das estufas do Estado de São Paulo, a utilização de uma estratégia de controle da salinidade por intermédio da aplicação de lâminas de lixiviação, recomendada por Hoorn & Alphen (1994), não seria a prática de

manejo mais adequada, visto que os sais acumulados no solo que seriam lixiviados serem decorrentes de investimento de capital.

Tendo em vista o exposto, considera-se relevante o desenvolvimento de um trabalho que forneça dados básicos sobre o processo de salinização artificial de solos, dando subsídio a futuros experimentos a serem realizados com a presença de culturas, visando o manejo da fertirrigação e o controle da salinidade. Desde modo, o presente trabalho tem como objetivo determinar uma metodologia para se construir curvas de salinização artificial por excesso de adubos que forneçam subsídios à investigações com manejo de fertirrigação e tolerância das plantas à salinidade em ambientes protegidos.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa do experimento foi conduzida no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, no município de Piracicaba, SP. Esta etapa constou de ensaios que visaram obter curvas de condutividade elétrica da solução do solo em função da concentração de fertilizantes. As proporções, bem como os tipos de sais aplicados na água, seguiram aquelas correspondentes à extração total de nutrientes para a cultura do melão, conforme informação relatada por Kano (2002). Como fontes de fertilizantes utilizaram-se nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), cloreto de potássio (KCl), sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) e nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

Para se obter a relação entre a condutividade elétrica da solução ( $\text{CE}_s$ ) e os totais de sais dissolvidos, nas proporções desejadas de fertilizantes, usou-se inicialmente como referência a equação proposta por Richards (1954):

$$C = 640 \text{ CE}_s \quad (1)$$

em que:

C = concentração de sais fertilizantes,  $\text{mg L}^{-1}$ ;

$\text{CE}_s$  = condutividade elétrica da solução,  $\text{dS m}^{-1}$ .

Foram utilizadas 21 soluções de concentrações conhecidas e preparadas a partir da diluição de uma solução padrão de  $6400 \text{ mg L}^{-1}$ , em balões de 100 mL. As soluções variaram de 0 (água de abastecimento) até  $6400 \text{ mg L}^{-1}$ , com intervalos de  $320 \text{ mg L}^{-1}$ , correspondendo, respectivamente, a níveis de salinidade de 0,2 a  $10 \text{ dS m}^{-1}$ , com intervalos de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , com base na equação (1). A amostra em branco ( $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) correspondeu à condutividade elétrica inicial da água de abastecimento sem a adição dos fertilizantes. Determinaram-se a condutividade elétrica real das amostras com um condutivímetro digital, com leituras autocompensadas para a temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . A curva que relaciona a concentração dos fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções foi estabelecida por meio de um diagrama de dispersão, onde foram plotados os valores da concentração de sais fertilizantes *versus* os de condutividade elétrica encontrada.

Na segunda etapa do experimento, foram coletadas amostras de 10 kg de solo, as quais foram peneiradas, secas ao ar e acondicionadas em vasos de 17 L, tendo em sua base perfurada uma camada de 2 cm de brita, recoberta com manta geotextil, resultando em uma camada de solo de 20 cm. O material de solo foi originado de um perfil classificado como Latossolo Vermelho fase arenosa, proveniente do campus da ESALQ e denominado Série “Sertãozinho”, do qual retiraram-se amostras da camada de 0-20 cm para as análises química

(Tabela 1) e físico-hídricas (Tabela 2), realizadas no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo

| Camada | pH                   | MO*                | P                   | S | K <sup>+</sup>                    | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | H+Al <sup>3+</sup> | CTC  | V         | M  |
|--------|----------------------|--------------------|---------------------|---|-----------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------|-----------|----|
| cm     | (CaCl <sub>2</sub> ) | g kg <sup>-1</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |   | -----mmolc dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                  |                    |      | ----%---- |    |
| 0-20   | 4,3                  | 7                  | 2                   | 4 | 1,1                               | 9                | 4                | 18                 | 32,1 | 44        | 18 |

\* Matéria orgânica

**Tabela 2.** Características físico-hídricas do solo

| Camada | CC                               | PMP                              | Dg                  | Frações granulométricas       |       |       | Floculação | Textura        |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------|-------|------------|----------------|
|        |                                  |                                  |                     | Argila                        | Silte | Areia |            |                |
| cm     | cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> | cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> | kg dm <sup>-3</sup> | -----g kg <sup>-1</sup> ----- |       |       | %          |                |
| 0-20   | 0,213                            | 0,137                            | 1,4                 | 280                           | 80    | 640   | 100        | Franco-arenosa |

A umidade do solo foi elevada até a máxima capacidade de retenção e, concomitantemente, foram adicionados os sais diluídos na água com o objetivo de se obter 9 níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE<sub>es</sub>: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) com três repetições. O valor da concentração final de fertilizantes na água (C<sub>f</sub>) aplicada ao solo, necessário para se obter os níveis de CE<sub>es</sub> desejados, foi estimado com base nos níveis e nas proporções utilizados na curva de salinização, construída na etapa anterior e corrigidos pela umidade de saturação. O volume de água aplicado correspondeu ao necessário para elevar a umidade do solo nos vasos à máxima capacidade de armazenamento e as quantidades de sais adicionadas foram aquelas suficientes para se atingir os valores de CE<sub>es</sub> preconizados quando o solo estivesse saturado. Estimou-se a concentração final de fertilizantes utilizando a relação apresentada na equação (2):

$$C_f = \frac{U_s}{U_{cc}} C_i \quad (2)$$

em que:

C<sub>f</sub> = concentração final de fertilizantes na solução salinizante, mg L<sup>-1</sup>;

C<sub>i</sub> = concentração de fertilizantes com base na curva de salinização construída na etapa anterior, mg L<sup>-1</sup>;

U<sub>s</sub> = Umidade da pasta saturada, g g<sup>-1</sup>; e

U<sub>cc</sub> = Umidade do solo à capacidade de campo, g g<sup>-1</sup>.

Dois dias após a adição das soluções salinas, após uma raspagem em que se eliminaram 2 cm da superfície do solo, foram retiradas amostras de solo dos vasos na camada de 0 a 20 cm. A partir dessa amostragem determinou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação real, ou seja, aquela que correspondeu aos valores encontrados no solo. A curva de salinização foi então construída, por meio de um diagrama de dispersão, onde foram plotados os valores de CE<sub>es</sub> encontrados *versus* as concentrações de sais aplicados.

O preparo da pasta de saturação consistiu na agitação de 300 g da amostra de solo com espátula, em recipiente plástico de 600 mL, com adição gradual de água destilada, até que a mesma apresentasse as características desejadas, como superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula. Após o preparo da pasta, as

amostras foram colocadas em repouso por 10 horas e, em seguida, foi retirado o extrato por sucção, determinando-se a  $CE_{es}$  por meio de condutivímetro, conforme a metodologia proposta por Richards (1954).

Visando avaliar a precisão da curva de salinização artificial do solo, construída na segunda etapa do experimento, a mesma foi testada em canteiros construídos no interior de duas estufas plásticas. Cada canteiro possuía  $2,0 \text{ m}^2$  ( $1,00 \times 2,00 \text{ m}$ ), e foram isolados entre si, utilizando-se de divisões subterrâneas, com  $0,50 \text{ m}$  de profundidade, constituídas de filme de polietileno, para evitar possíveis contaminações. Neste teste foram utilizados seis níveis de salinidade inicial do solo ( $S_1 = 1,0 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $S_2 = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $S_3 = 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $S_4 = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $S_5 = 5,0 \text{ dS m}^{-1}$  e  $S_6 = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), com oito repetições, totalizando 48 canteiros. Os diferentes níveis de salinidade inicial simulam diversos estágios de salinização edáfica em ambientes protegidos, possivelmente encontrados quando detectado o problema por parte dos agricultores. Estes níveis possibilitaram verificar os efeitos do excesso de adubos fertilizantes sobre crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade de experimentos futuros a serem realizados com a cultura do melão.

A salinização do solo nos canteiros foi realizada por meio da aplicação de soluções salinas, sendo determinada a quantidade de sais a ser adicionada pela curva de salinização artificial obtida dos resultados da segunda etapa do experimento e a quantidade de água foi a necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Após a adição da solução, foram retiradas amostras de solo para aferir a condutividade elétrica do extrato de saturação. Após a aplicação da solução, os canteiros foram cobertos com lona plástica para evitar a evaporação do solo e, conseqüentemente, a deposição de sais precipitados na superfície do solo. Em seguida, foi adicionada uma nova solução salina de ajuste da condutividade elétrica da solução do solo, diferente da pré-determinada, com base nos valores de  $CE_{es}$  obtidos, corrigindo a salinidade no das parcelas experimentais para se obter o nível desejado. A referida correção foi calculada por meio de uma fórmula de mistura de soluções, como apresentada na equação (3):

$$V_{cc} CE_{esd} = V_a CE_a + V_r CE_c \quad (3)$$

em que:

$V_{cc}$  = Volume de água armazenado no solo à capacidade de campo, L;

$CE_{esd}$  = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo desejada,  $\text{dS m}^{-1}$ ;

$V_a$  = Volume atual de água armazenado no solo, L;

$CE_a$  = Condutividade elétrica atual do solo,  $\text{dS m}^{-1}$ ;

$V_r$  = Volume de água no solo necessário para se atingir a capacidade de campo, L;

$CE_c$  = Condutividade elétrica da solução de correção para se atingir a  $CE_{esd}$ ,  $\text{dS m}^{-1}$ .

Para se calcular a  $CE_c$  foi determinada a umidade atual média do solo dos canteiros pelo método padrão (pesagens) e, com base nas características físico-hídricas do solo (Tabela 2) e nas dimensões dos canteiros ( $2 \times 1 \times 0,5 \text{ m}$ ) foram determinados os valores médios de  $V_a$  ( $153,16 \text{ L}$ ) e de  $V_{cc}$  ( $219,02 \text{ L}$ ). O  $V_r$  foi obtido pela diferença entre  $V_{cc} - V_a$  ( $65,86 \text{ L}$ ). Os valores de  $CE_c$  foram convertidos em  $\text{mg L}^{-1}$  utilizando-se da curva de salinização artificial do solo obtida na segunda etapa.

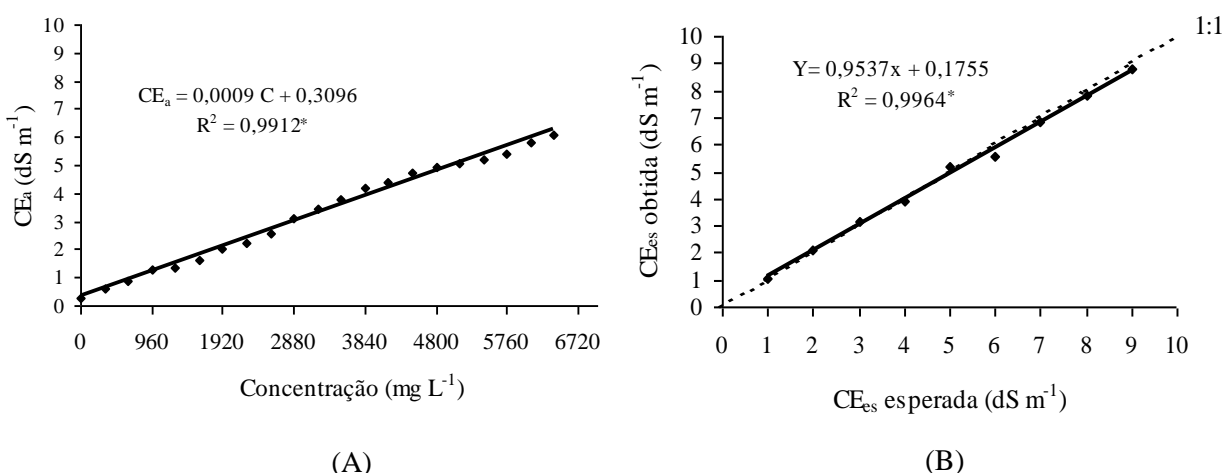
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Curvas de salinização artificial do solo

A relação entre a concentração de fertilizantes das soluções utilizadas para salinizar o solo e a condutividade elétrica das respectivas soluções (Figura 1A) possibilita estimar as quantidades de fertilizantes a serem adicionadas para se obter o nível de condutividade elétrica desejado na solução. A equação obtida foi  $CE_a = 0,0009C + 0,3096$  com valor de  $R^2$  igual a 0,9912, divergindo da equação proposta por Richards (1954) ( $CE_a = 0,00156 C$ ), devido, possivelmente, ao efeito da concentração relativa dos íons contidos na solução sobre a condutividade elétrica (Rhoades, 1994). O fator 0,3096 da equação representa, aproximadamente a  $CE$  inicial da água utilizada. Segundo Ferreira & Martinez (1997), a condutividade elétrica, além da temperatura, depende de outros fatores como: número de espécies iônicas presentes na solução, cargas das espécies iônicas, mobilidade de cada íon, área efetiva dos eletrodos e distância entre eles. Desta forma, a equação das curvas de salinização artificial depende dos tipos e proporções de sais dissolvidos na água de irrigação.

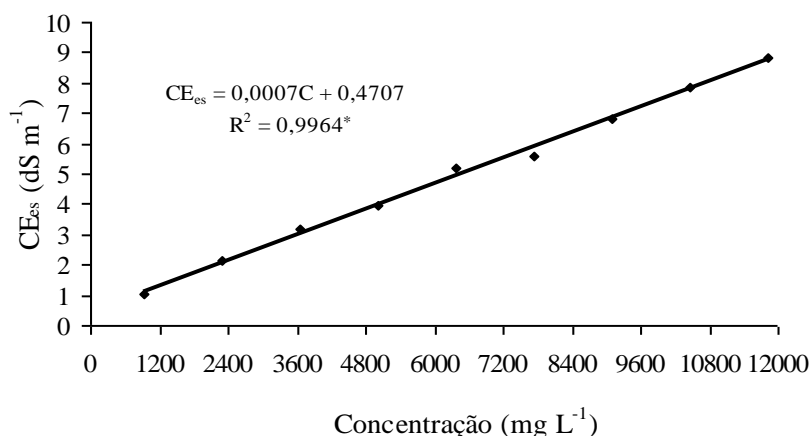
Quanto à salinização do solo, observa-se na Figura 1B não haver diferença entre a  $CE_{es}$  esperada e a  $CE_{es}$  obtida após a adição dos fertilizantes, indicando uma tendência de que a metodologia adotada é suficiente para se estimar as quantidades de sais fertilizantes aplicadas ao solo, necessárias para se atingirem níveis de salinidades ( $CE_{es}$ ) desejados. O modelo de curva de salinidade artificial é específico para cada tipo de solo e cultura, pois depende das características do solo e da recomendação da fertirrigação.

O teor e o tipo de argila predominantes no solo podem agir como interferentes na concentração de íons na solução e, conseqüentemente, no valor da  $CE_{es}$  (RICHARDS, 1954). A fração argila funciona como um acumulador de íons pelo processo de adsorção e posterior dessorção iônica, sendo influenciada principalmente pela temperatura e concentração iônica na solução do solo. Assim, quanto maior a concentração de um íon específico maior será a sua adsorção no complexo coloidal. Entretanto, não foi verificado efeito da adsorção dos sais fertilizantes para o solo estudado, possivelmente por se tratar de um solo com alta porcentagem de areia (64 %) de forma que o valor da  $CE_{es}$  esperado aproximou-se bastante do obtido para  $CE_{es}$ .



**Figura 1** - Relações entre a concentração das soluções de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções utilizadas (A) e entre a  $CE_{es}$  esperada e a  $CE_{es}$  obtida após a adição dos fertilizantes (B).

A curva de salinização artificial do solo, na camada de 0-10 cm, aumentou linearmente com as concentrações dos fertilizantes aplicados via água. Observa-se na Figura 2 adequada correlação ( $R^2 = 0,9964$ ) entre a concentração de sais na água e a  $CE_{es}$  do solo estudado, evidenciando a eficiência do método proposto para salinizar solos artificialmente com níveis de condutividade elétrica no extrato de saturação requerida. Deve-se ressaltar que o volume de água aplicado ao solo durante o processo de salinização artificial deve corresponder ao necessário para se elevar a umidade do solo à máxima capacidade de armazenamento, evitando que o excesso de água no solo promovesse a lixiviação dos sais.



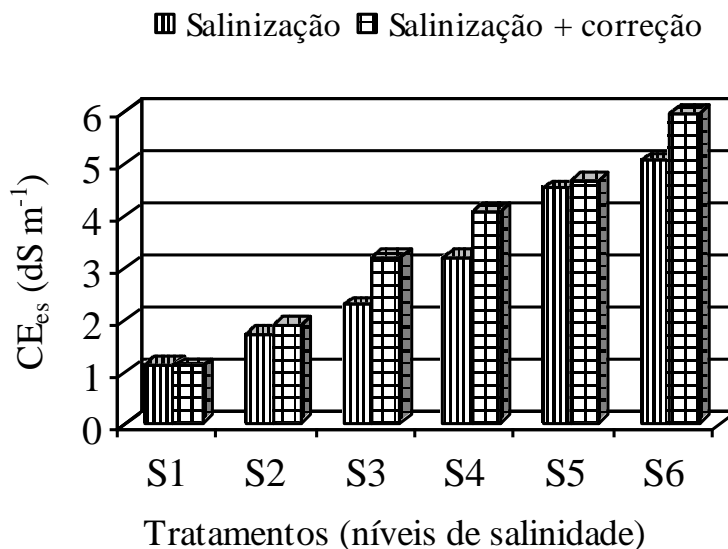
**Figura 2** - Curva de salinização artificial do solo em função das concentrações de fertilizantes aplicadas via água de irrigação

## 5.2. Salinização artificial do solo dos canteiros sob estufas

A salinização artificial do solo nas parcelas experimentais, dois dias após a aplicação dos fertilizantes indica que os valores de  $CE_{es}$  obtidos foram inferiores aos valores pré-estabelecido, exceto para o menor nível ( $S_1 = 1 \text{ dS m}^{-1}$ ), provavelmente devido à menor eficiência do processo de salinização artificial nos canteiros quando comparada com a dos vasos (Figura 3). Com base nos valores obtidos de  $CE_{es}$ , aplicou-se uma solução no solo das parcelas experimentais até se obter o nível de salinidade média desejada (Figura 3 e Tabela 3), demonstrando a possibilidade de uso, com eficiência estatística, da equação para esta finalidade (equação 3).

**Tabela 3.** Valores médios da condutividade elétrica atual ( $CE_a$ ), da condutividade elétrica da solução de correção ( $CE_c$ ) e da concentração de sais aplicada ( $Q_{sais}$ ) em cada tratamento necessário para se atingir a condutividade elétrica desejada do solo ( $CE_{esd}$ )

| $CE_{esd}$<br>.....dS m <sup>-1</sup> ..... | $CE_a$<br>.....dS m <sup>-1</sup> ..... | $CE_c$<br>..... | $Q_{sais}$<br>.....mg L <sup>-1</sup> ..... |
|---|---|-----------------|---|
| 1   | 1,14                                    | 0,70            | 322,67                                      |
| 2   | 1,73                                    | 2,60            | 2544,89                                     |
| 3   | 2,30                                    | 4,60            | 4767,01                                     |
| 4   | 3,20                                    | 5,90            | 6211,56                                     |
| 5   | 4,54                                    | 6,10            | 6433,78                                     |
| 6   | 5,07                                    | 8,20            | 8767,11                                     |



**Figura 3** - Valores médios de CE medidos no extrato de saturação do solo, em  $\text{dS m}^{-1}$ , após a salinização artificial e após a correção para os diferentes tratamentos

## 6 CONCLUSÕES

- A salinização artificial do solo requer a elaboração de curvas de calibração para trabalhar com condutividade elétrica previamente estabelecida.
- A condutividade elétrica calculada foi semelhante a induzida ao solo pelos fertilizantes.
- O método utilizado para salinizar artificialmente o solo, com aplicação excessiva de fertilizantes, permite que se atinjam os valores de  $\text{CE}_{\text{es}}$  desejados com precisão estatisticamente aceitável.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado.

DIAS, N.S. **Evolução da salinidade de um solo Luvissole cultivado com melão irrigado por gotejamento**. 2001. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

DIAS, N.S.; CHEYI, H.R. ; DUARTE, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. . Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003 (Série Didática, 013).

DIAS, N.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.



FERREIRA, P.A.; MARTINEZ, M.A. Movimento e modelagem de sais no solo. In: GHEYI, H.R. et al. (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. p. 171-206.

HOORN, J.W.; ALPHEN, J.G. Salinity control. In: RITZEMA, H.P. (Ed.). **Drainage principles and applications**. Wageningen: ILRI, 1994. p.533-600. (Publication, 16).

KANO, C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com a adição de potássio e CO<sub>2</sub> na água de irrigação**. 2002. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, A.S.; SALATI, E. Um estudo sobre as água subterrâneas da região de Piracicaba. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.38, p.163-190, 1981.

RHOADES, J.D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. **Advances in Agronomy**, Orlando, v. 49. p.201-251, 1994.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA Agriculture Handbook, 60).

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to mediterranean conditions. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 335, p. 296-304, 1993.