

# QUALIDADE DA ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO DE PLANTAS EM VIVEIROS: UTILIZAÇÃO DE DESCARGAS ELÉTRICAS SEM EFEITO TÉRMICO E DE CAMPOS DE ENERGIA NO CONTROLE DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* RAÇA 1<sup>1</sup>

JOÃO BATISTA IORIATTI DEMATTÊ<sup>2</sup>, DIMITRY TIHOHOD<sup>3</sup>, ALPHEU DE ALMEIDA<sup>4</sup>  
MARIA ESMERALDA SOARES PAYÃO DEMATTÊ<sup>5</sup> e DILERMANDO PERECIN<sup>6</sup>

RESUMO – Testou-se o efeito de descargas elétricas e de campos de energia na eliminação de nematóides *Meloidogyne incognita* Raça 1 em água de açude destinada à irrigação de plantas em viveiros. Em média, 63,22% de larvas foram mortas pelas descargas elétricas, em comparação com 53,12% na testemunha, ou seja, água que recebera apenas sulfato de amônio como eletrólito. O campo eletromagnético foi responsável pela morte de 50,01% das larvas e os campos elétricos variável e estático, a 43,78% e 40,48% respectivamente, em comparação com a testemunha, representada por nematóides em água não exposta a campos e nem ao sulfato de amônio.

Termos para indexação: nematóides, larvas, sulfato de amônio, *meloidogyne incognita*, campos electromagnéticos, campos elétricos.

## QUALITY OF WATER FOR NURSERY PLANTS IRRIGATION: USE OF ELECTRICAL DISCHARGES WITHOUT THERMIC EFFECT AND OF ELECTRIC FIELDS FOR *MELOIDOGYNE INCOGNITA* RACE 1 CONTROL

ABSTRACT – The effect of electrical discharges without thermic effect and of energy field on *Meloidogyne incognita* Raça 1 larvae elimination in weir water was tested. On an average, 63,22% of larvae were killed by electrical discharges, in comparison with 53,12% of dead larvae in the control (water that received only ammonium sulphate) as an electrolyte. Water exposed to energy fields presented higher percentages of dead larvae (50,01% for electromagnetic field, 43,78% for variable electric field and 40,48% for static electric field) in comparison with control, represented by water without exposition to any energy field and without ammonium sulphate (34,27%).

Index terms: nematodes control, larvae, ammonium sulfate, *meloidogyne incognita*, electromagnetic fields, electric fields.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 15 de setembro de 1992.

Trabalho apresentado no "XXIII International Horticultural Congress", Florença, Itália, em 27 de agosto a 1º de setembro de 1990.

<sup>2</sup> Eng.-Agr.; Prof.-Adj., Livre-Docente em Hidráulica Geral. Dep. de Ciências Exatas. FCAV/UNESP. CEP 14870-000 Jaboticabal, SP.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., Dr., Prof.-Assist., Dep. de Entomol. e Nematol. FCAV/UNESP.

<sup>4</sup> Dr., Prof.-Assist., Dep. de Ciências Exatas. FCAV/UNESP.

<sup>5</sup> Prof.-Adj., Livre-Docente em Paisagismo e Plantas Ornamentais, Dep. de Horticultura. FCAV/UNESP.

<sup>6</sup> Prof.-Tit., Dep. de Ciências Exatas. FCAV/UNESP.

## INTRODUÇÃO

Os nematóides são, geralmente, invisíveis a olho nu, e, conforme Lordello (1982), causam grandes prejuízos qualitativos e quantitativos às plantas cultivadas, por ações traumática, expoliadora e tóxica.

Ferraz & Oliveira (1980) informam que a disseminação dos nematóides por movimentação própria é bastante restrita, mas a infestação das plantas em viveiros poderá ocorrer também em

decorrência do uso de água imprópria para a irrigação, sendo que o agente mais eficiente de disseminação para médias e longas distâncias são, sem dúvida, as plantas infestadas. Os mesmos autores verificaram que a água do açude utilizada para a irrigação de plantas no viveiro da FCAV/UNESP, em Jaboticabal, SP, encontrava-se contaminada por ovos e larvas de nematóides. Plantas de maracujá foram irrigadas com esta água e com água de poço artesiano, verificando-se que as populações de nematóides foram superiores, no solo e no sistema radicular, quando se utilizou para a irrigação a água do açude.

Existem diversos métodos de controle de nematóides, como indica Lordello (1982), sendo que os produtos nematicidas controlam a maior parte deles quando aplicados ao solo: Atuam por contacto; mas, alguns são fitotóxicos, além de serem produtos caros e importados.

Estudo de cunho econômico desenvolvido por Novaretti et al. (1978) demonstrou que, no Brasil, mais de 85% do custo operacional do controle de nematóides na cultura de cana-de-açúcar resulta do preço do nematicida.

No Brasil, a maioria dos viveiristas trata com brometo de metila o solo onde se cultivam plantas. Não há, todavia, informações sobre o tratamento da água de irrigação.

Nos Estados Unidos da América do Norte, há equipamentos aplicadores do nematicida Vapam e Dibromocloropropano (DBPC), além de ultrasons, nas águas de irrigação, conforme menção de National Academy of Sciences (1968). Entretanto, sendo equipamentos sofisticados, são muito dispendiosos para serem rotineiramente empregados em nossas condições, em que muitos viveiristas sobrevivem em meio a grandes dificuldades financeiras.

Por outro lado, não é desprezível o fato de que os nematicidas são constituídos de carga poluidora perigosa para o homem, para os animais e para o ambiente em geral.

Por todos estes motivos, e dada a escassez de dados a este respeito, justificam-se estudos sobre o assunto. Foram já propostos métodos biológicos e físicos para este controle, conforme Hough (1979), Demattê et al. (1986), Demattê (1987),

Demattê et al. (1988a, 1988b, 1988c, 1988d) e Demattê et al. (1989).

Dando continuidade à linha de pesquisa que vem sendo desenvolvida, o presente trabalho teve por objetivo testar o efeito de descargas elétricas sem efeito térmico e de campos de energia na eliminação de larvas de *Meloidogyne incognita* Raça 1, em água de açude destinada à irrigação de plantas do viveiro da FCAV/UNESP.

## MATERIAL E MÉTODOS

A água utilizada neste trabalho, captada de açude da FCAV/UNESP e usada normalmente na irrigação do viveiro, é a mesma que Ferraz & Oliveira (1980) constataram ser contaminada por nematóides fitoparasitas.

Todavia, por ocasião da execução deste trabalho, ante a provável desuniformidade de distribuição na água, os nematóides não foram encontrados na região da válvula-de-pé da eletrobomba, nem mesmo com agitação prévia da água.

Este fato motivou o procedimento de adicionar à água as larvas de *Meloidogyne incognita* Raça 1.

Esta água enquadrou-se, de modo geral, nas características de potabilidade descritos pela CETESB (1973) para as de abastecimento público, distribuídas em seu estado natural, não purificadas.

Assim, a análise físico-química revelou, em média, os seguintes resultados: temperatura (24°C), pH (6,7), turbidez (3,27 mg/l de SiO<sub>2</sub>), oxigênio consumido (1,68 mg/l de O<sub>2</sub>), CO<sub>2</sub> livre (13,70 mg/l de CO<sub>2</sub>), cor (15 mg/l de Pt), aspecto (límpido), odor (ausente).

### Primeiro experimento

Este experimento desenvolveu-se em esquema fatorial 4 x 2 mais dois tratamentos suplementares, com dez repetições.

Aplicaram-se, durante um e três minutos, descargas elétricas sem efeito térmico e alíquotas de 100 ml de água de açude contidas em recipientes de vidro de 250 ml de capacidade. As descargas foram aplicadas através de corrente alternada de 60 Hz e 12 V (baixa voltagem) associada a 60, 70, 90 e 100 mA (baixas amperagens), bem como 10 kV (alta voltagem) associada a 45 mA. A baixa voltagem foi aplicada continuamente, e a alta voltagem, de forma intermitente, à razão de 87 descargas por minuto.

Cada alíquota de 100 ml de água de açude havia recebido 381 larvas e 450 ovos de *Meloidogyne incognita* Raça 1 sp., e 0,5 g de sulfato de amônio,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , alcançando, assim, condutividade elétrica de 7,51 mS.

As larvas mortas foram identificadas pelo método que utiliza corante Azul do Nilo (CI=51180), recomendado por Ogiva & Estey (1974). Os ovos mortos não foram identificados, por falta de referência de método adequado.

Foram calculadas as percentagens de larvas mortas em relação ao número total de larvas existentes na alíquota, contadas com auxílio da lâmina de contagem de Peters.

### Segundo experimento

Este experimento desenvolveu-se em esquema fatorial  $(3 \times 2) + 1$  com dez repetições.

Alíquotas de 100 ml de água de açude com condutividade elétrica de 34,5  $\mu\text{S}$  e pH 6,6 foram expostas durante um e três minutos a três campos de energia: campo elétrico variável com 2.600 V e 1.400 Hz; campo elétrico estático com 2.900 V e 2 cm de distância entre eletrodos; e campo eletromagnético variável com 0,03  $\text{Wb}/\text{m}^2$  e 40 Hz. O equipamento utilizado neste experimento foi o mesmo empregado por Almeida et al. (1987) em experimento com sementes, descrito a seguir, e ilustrado nas Fig. 1 e 2.

A fonte de alta tensão, necessária para produzir campo elétrico variável ou uniforme, foi elaborada a partir do circuito apresentado na Fig. 3, constituindo um simples conversor de C.C. em C.A. O transformador  $T_1$  é um "fly-back" para televisor, tomando-se as saídas, nos diversos "trapes" do secundário, conforme a intensidade de voltagem requerida. Têm-se conseguido, assim, tensões da ordem de 8 a 10 kV. O primário é constituído de um enrolamento bifilar de até 40 espiras, com tomada central obtida de dois extremos opostos. O circuito-tanque, constituído pelo resistor  $R_1$  e pelo capacitor  $C_2$ , mantém uma oscilação, realimentada pelo transistor  $\text{TR}_1$ , cuja frequência é controlada pelo potenciômetro  $P_1$ , transformando, assim, a corrente contínua em alternada. Esta, por sua vez, é elevada pelo transformador  $T_1$ , ocasionando a alta tensão responsável pelo campo elétrico alternante.

Para gerar o campo elétrico estático, à saída (A.T.) do oscilador descrito, aplicou-se um triplicador de tensão (TP-FD6), que nada mais é do que um gerador

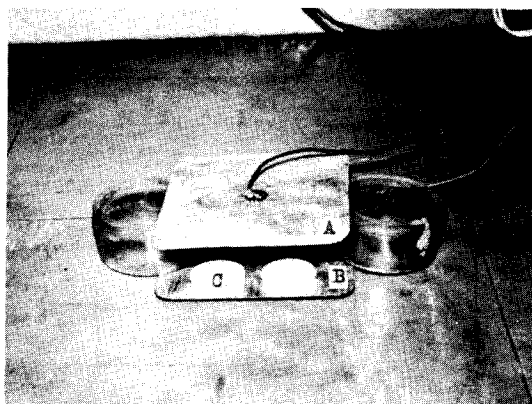


FIG. 1. Campos elétricos estático e variável. (A), (B)=eletrodos; (C)=cápsulas com suspensão de nematóides.

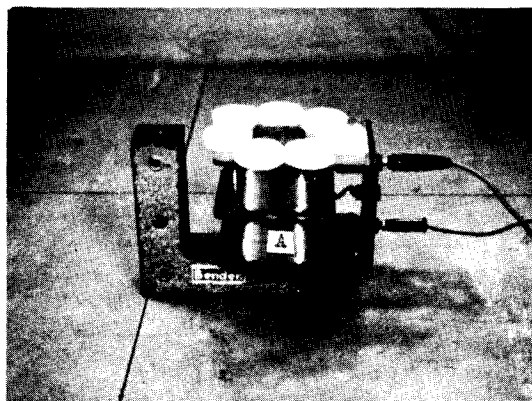


FIG. 2. Campo eletromagnético variável. (A)=eletroímã; (B)=cápsulas com suspensão de nematóides.

de Greinacher (Fig. 4), constituído de retificadores (D) e capacitores (C), ligados em cascata, e que, teoricamente, elevariam a tensão *ad infinitum* se  $n$  capacitores e diodos fossem assim associados. Entretanto, dadas as limitações de ordem prática, como: isolamento ou capacitância dos componentes, a tensão, agora C.C., assim obtida, tem sido da ordem de, no máximo, 30 kV. Assim, conforme o "tape" do secundário de  $T_1$ , aplicado ao triplicador, podem ser obtidos diversos valores de A.T. retificada, que geram, então, o campo elétrico uniforme.

Para obtenção do campo eletromagnético variável, usou-se o aparato montado, conforme o circuito da Fig. 5. Este é um gerador de pulsos de corrente onde a

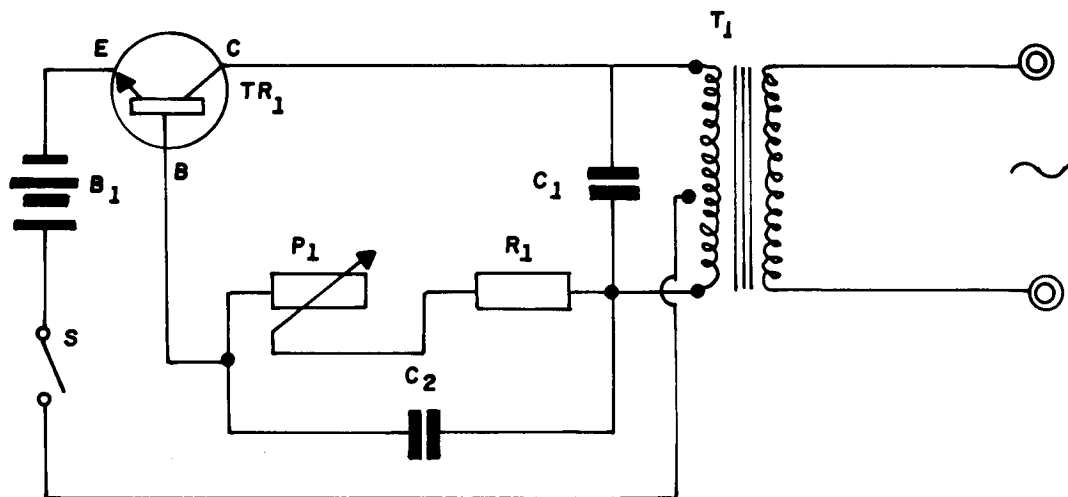


FIG. 3 - Fonte de alta tensão constituída por um simples conversor de C.C. em C.A., onde:

$B_1$  = bateria ou fonte de 12 V - C.C.;

$R_1$  = resistor de  $100 \Omega \times 0,5 \text{ W}$ ;

$P_1$  = potenciômetro de fio de 1 k $\Omega$ ;

$C_1$  e  $C_2$  = capacitores de poliéster de  $0,1 \mu\text{F} \times 100\text{V}$ ;

$TR_1$  = "fly-back" de televisor, com primário modificado e secundário com  $600 \Omega$  de resistência ôhmica;

$S$  = interruptor simples.

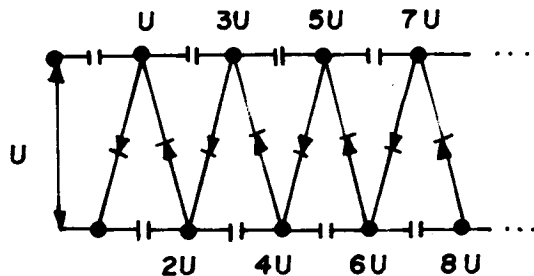


FIG. 4. Multiplicador de tensão em cascata.

tensão da rede local, após ser controlada por  $R_i$  e retificada por  $D_1$ , oscila com frequência obtida conforme os valores de  $C_i$  e  $P_i$ , disparando a porta do diodo de silício controlado (S.C.R.) dando passagem a um fluxo intenso de corrente entre o catodo e anodo e que passa, de maneira pulsátil, pela bobina L.

Cada alíquota de 100 ml de água de açude havia recebido 120 larvas e 739 ovos de *Meloidogyne incognita* Raça 1.

Calcularam-se as percentagens de larvas mortas em relação ao número total de larvas existentes na alíquota, contadas com o auxílio da lâmina de contagem de Peters.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Primeiro experimento

Os resultados obtidos no primeiro experimento estão resumidos na Tabela 1. O tratamento de 10 kV e 45 mA, no tempo de exposição de um minuto, apresentou percentagem de larvas mortas significativamente menor em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. A diferença entre a percentagem de larvas mortas na testemunha e nos tratamentos que receberam descargas elétricas também foi estatisticamente significativa.

### Segundo experimento

Os resultados estão resumidos na Tabela 2. A água submetida a campos de energia apresentou

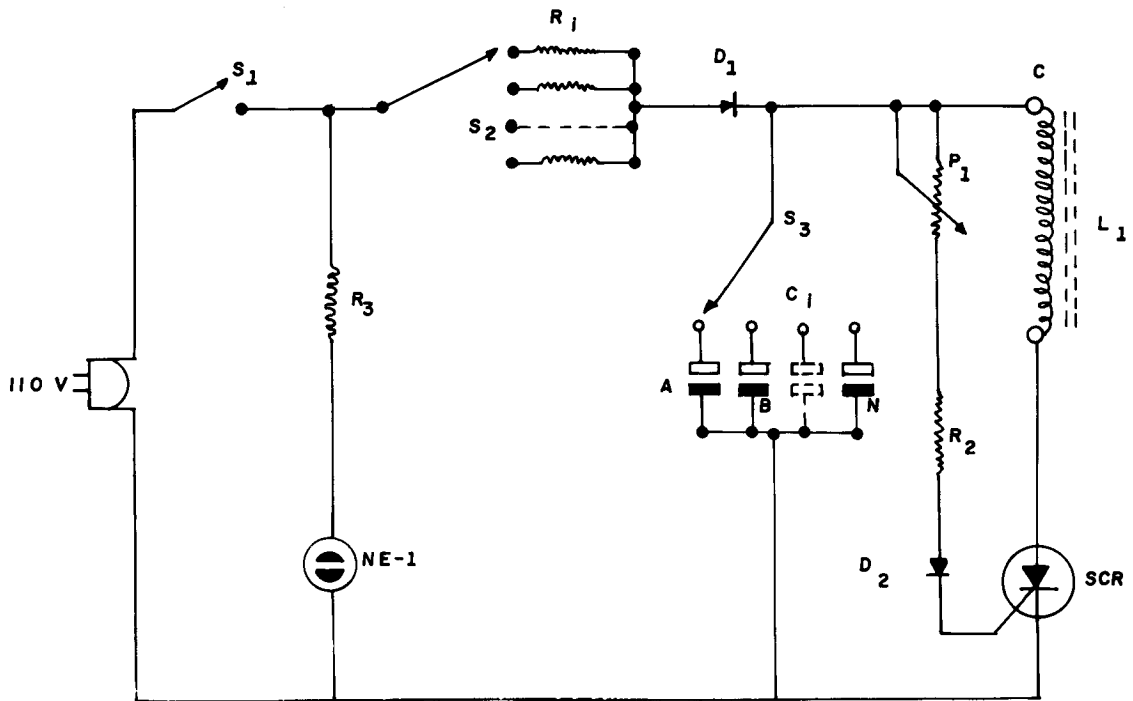


FIG. 5. - Gerador de pulsos de corrente.  $R_3$  e NE-1 servem apenas para indicação de aparelho ligado. Os demais componentes utilizados foram:

$R_1$  = resistores de 10 W entre  $5k\Omega$  e  $30k\Omega$ ;  
 $R_2$  = resistor de  $5 M\Omega$ ; 0,5 W  
 $R_3$  = resistor de  $100 k\Omega$ ; 0,5 W  
 $P_1$  = potenciômetro de  $1 M\Omega$   
 $D_1$  e  $D_2$  = diodos de 1N 4004;  
 $S$  = chave unipolar  
 $C_1$  = capacitores com valores entre  $0,5 \mu F$  e  $2,2 \mu F$  x  $200 V$ ;

$L$  = bobina de 1200 espiras em trafo aberto;  
 SCR = tiristor TIC-106-B;  
 NE-1 = lâmpada neon;  
 $S_1$  e  $S_2$  = chaves de onda de várias posições conforme o número de elementos ligados.

percentagens de larvas mortas significativamente maiores que as da testemunha (água não exposta a campos de energia). Não se verificaram interações significativas entre campos de energia e tempos de exposição, mas, para todos os campos, a percentagem de larvas mortas após três minutos de exposição foi significativamente maior do que após um minuto. As diferenças na percentagem de larvas mortas nos três campos de energia também foram significativas, sendo essa percentagem maior para o campo eletromagnético variável, intermediária para o campo elétrico

variável e menor para o campo elétrico estático.

Não foram encontradas referências sobre aplicação dos métodos utilizados neste trabalho em água, havendo, entretanto, relatos sobre efeitos no solo.

Lear & Jacob (1955) consideraram impraticável a destruição de nematóides no solo através de corrente elétrica, enquanto Daulton & Stokes (1952) tiveram êxito em destruir nematóides do solo com aplicação de campo elétrico estático.

**TABELA 1 - Percentagem de larvas de *Meloidogyne incognita* Raça 1 sp. mortas em 100 ml de água de açude com 0,5 g de sulfato de amônio, submetida, ou não, a descargas elétricas sem efeito térmico. (Média de dez repetições).**

Tratamentos	Percentagem de larvas mortas
12 V e 60 mA durante 1 minuto	60,25
12 V e 60 mA durante 3 minutos	61,32
12 V e 70 mA durante 1 minuto	64,22
12 V e 70 mA durante 3 minutos	64,09
12 V e 90 mA durante 1 minuto	64,42
12 V e 90 mA durante 3 minutos	68,86
12 V e 100 mA durante 1 minuto	64,00
12 V e 100 mA durante 3 minutos	71,30
10 kV e 45 mA durante 1 minuto	55,80
Testemunha (sem descarga elétrica)	53,12

**TABELA 2 - Percentagem de larvas mortas de *Meloidogyne incognita* Raça 1 em 100 ml de água de açude, exposta, ou não, a campos de energia.**

Tratamentos	Percentagem de larvas mortas
Campo eletromagnético durante 1 minuto	45,74
Campo eletromagnético durante 3 minutos	54,29
Campo elétrico estático durante 1 minuto	40,45
Campo elétrico estático durante 3 minutos	40,51
Campo elétrico variável durante 1 minuto	38,73
Campo elétrico variável durante 3 minutos	48,83
Testemunha (não exposta a campos de energia)	34,26

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo podem, portanto, ser considerados promissores, embora a eficiência dos métodos tenha sido relativamente baixa. Um fato interessante que merece ser explorado em futuras pesquisas é o de que o sulfato de amônio adicionado à água para aumentar sua condutividade elétrica apresentou propriedade larvicida.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. de; DEMATTÊ, J. B. I.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Germinação de sementes de *Cassia javanica* Ried. (*Caesalpinaceae*) expostas a campos de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 6., 1987, Campinas. Anais... [S.l.]: Sociedade de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1987. p.102-112.
- CETESB. Padrões de água potável. In: \_\_\_\_\_. Operações e manutenção de estações de tratamento de águas. São Paulo, 1973. v.2, p.294-295.
- DAULTON, R. A. C.; STOKES, W. M. The destruction of root-knot nematodes by exposure to an electrostatic field. *Empire Journal Experimental Agriculture*, v.20, p.271-273, 1952.
- DEMATTÊ, J. B. I. Qualidade da água para a irrigação de mudas em viveiros: métodos para filtração e controle de nematóides. Piracicaba: ESALQ-USP, 1987. 90p. Tese de Livre-Docência.
- DEMATTÊ, J. B. I.; FERRAZ, L. C. B.; DEMATTÊ, M. E. S. P.; PERECIN, D. Qualidade da água para a irrigação de mudas em viveiros: filtração mecânica para o controle de nematóides. *Ciência e Cultura*, v.40, n.7, p.8-9, 1988a. Suplemento.
- DEMATTÊ, J. B. I.; MACHADO, J. O.; TIHOHOD, D.; DEMATTÊ, M. E. S. P.; PERECIN, D. Utilização de peixes no controle biológico de nematóides em água para irrigação de mudas em viveiros. *Ciência Agrônômica*, Jaboticabal, v.1, n.2, p.3-4, 1986.
- DEMATTÊ, J. B. I.; MACHADO, J. O.; TIHOHOD, D.; PERECIN, D. Qualidade da água para a irrigação de mudas em viveiros: efeito da turvação na capacidade predatória de *Poecilia reticulata* contra nematóides. *Ciência Agrônômica*, Jaboticabal, v.3, n.1, p.8-9, 1988b.
- DEMATTÊ, J. B. I.; MACHADO, J. O.; TIHOHOD, D.; PERECIN, D. Qualidade da água para a irrigação de mudas em viveiros: influência do contraste de cores na capacidade predatória de peixes (*Poecilia reticulata* Peters) em ovos e larvas de nematóides. *Ciência Agrônômica*, Jaboticabal, v.3, n.2, p.11-12, 1988c.

- DEMATTÊ, J. B. I.; MACHADO, J. O.; TIHOHOD, D.; DEMATTÊ, M. E. S. P.; PERECIN, D. *Poecilia reticulata* Peters (guppy) for biological control of *Meloidogyne* spp. in irrigation water of nurseries. **International Nematology Network Newsletter**, v.6, n.2, p.3-5, 1989.
- DEMATTÊ, J. B. I.; TIHOHOD, D.; PERECIN, D. Qualidade da água para a irrigação de mudas em viveiros: efeito da decantação no controle de nematóides. **Ciência Agronômica**, Jaboticabal, v.3, n.1, p.9-10, 1988d.
- FERRAZ, L. C. B.; OLIVEIRA, J. C. Água de irrigação como agente disseminador de nematóides em viveiros de mudas. **Revista da Agricultura**, v.55, n.1-2, p.13-19, 1980.
- HOUGH, A. Treatment of irrigation water for the removal of fungi and nematodes. **Citrus and Subtropical Fruit Journal**, n.547, p.20, 1979.
- LEAR, B.; JACOB, F. C. Results of laboratory experiments with high-voltage, nonthermal electrical treatments for control of root-knot nematodes. **Plant Disease Reporter**, v.39, n.5, p.397-399, 1955.
- LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 7.ed. São Paulo: Nobel, 1982. 314p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Plant parasitic nematodes**. Washington, 1968. v.4, 200p.
- NOVARETTI, W. R. T.; LORDELLO, L. G. E.; NELLI, E. J.; FILHO, G. W. Viabilidade econômica do nematicida "carbofurano" na cultura de cana-de-açúcar. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, v.3, p.117-131, 1978.
- OGIVA, I. R.; ESTEY, R. H. The use of meldola blue and Nile blue A for distinguishing dead from living nematodes. **Nematologica**, v.20, p.271-276, 1974.