

# Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes em milho-pipoca (*Zea mays* L.)

Deise Menezes Ribeiro<sup>1</sup>, Scheilla Marina Bragança<sup>2</sup>, André Luis Duarte Goneli<sup>3</sup>, Denise Cunha Fernandes Santos Dias<sup>4</sup>, Eveline Mantovani Alvarenga<sup>4</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a eficiência do teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de milho de pipoca. Foram utilizados cinco lotes, determinando-se, inicialmente, o teor de água das sementes. Em seguida, as sementes foram submetidas aos testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em solo. O teste de condutividade elétrica foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes no delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. As parcelas foram distribuídas no esquema fatorial 5 x 2 x 5, sendo cinco lotes, duas temperaturas (25 e 35 °C) e dois volumes de água (50 e 75 mL). As subparcelas foram constituídas de dois períodos de embebição (24 e 48 h), com quatro repetições por tratamento. O teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente em detectar diferenças na qualidade fisiológica dos lotes de milho-pipoca. A condutividade elétrica aumentou com o aumento do tempo de embebição e com a temperatura e diminuiu com o volume de água. Para a condução do teste de condutividade em milho-pipoca, recomenda-se a embebição das sementes tanto a 50 quanto a 75 mL de água, na temperatura de 35 °C, independentemente se por 24 ou 48 horas.

**Palavras-chave:** Qualidade fisiológica, condutividade elétrica, milho-pipoca.

## ABSTRACT

### Electrical conductivity test for vigor evaluation of popcorn seeds (*Zea mays* L)

This work aimed to evaluate the efficiency of the electrical conductivity test to assess vigor of popcorn (*Zea mays* L.) seeds. Moisture content of five seed lots was initially determined. Then, seeds were subjected to standard germination, accelerated aging and seedling emergence tests, using four replications of 50 seeds each. The electrical conductivity test was performed with four replications of 50 seeds in a randomized design arranged in a split-plot scheme. The seed lots (5), temperatures (25° and 35°C) and water volumes (50 and 75 mL) were arranged in a factorial (5 x 2 x 2) design in the main plots and the imbibition periods (24 and 48 hours) in sub-plots. The electrical conductivity test was efficient to detect differences in physiological quality of popcorn seed lots. The electrical conductivity increased with the increase in imbibition period and temperature, and decreased with the increase in water volume. Seed imbibition in 50 or 75 mL of water, at 35°C, for 24 or 48 hours was the most suitable procedure for electrical conductivity test in popcorn seeds.

**Key words:** Physiological quality, electrical conductivity, popcorn.

Recebido para publicação em maio de 2007 e aprovado em outubro de 2009

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola, Doutora. Superintendência de Armazenagem e Movimentação de Estoques (Suarm), Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), SGAS, Quadra 901, Bloco A, Lote 69, Ed. Conab., 70390-010, Brasília, Distrito Federal, Brasil, deise\_eng@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Engenheira-Agrônoma, Doutora. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), BR 101 Norte, KM 151, Centro, Caixa Postal 62, 29900-970, Linhares, Espírito Santo, Brasil, braganasm@incaper.es.gov.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor. Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias de Dourados, Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Campus Universitário, Caixa-Postal 533, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, andregoneli@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Engenheiras-Agrônomas, Doutoradas. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, dcdias@ufv.br, eveline@ufv.br

## INTRODUÇÃO

O vigor das sementes é o reflexo de um conjunto de características que determinam o seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas a condições diferentes de ambiente no campo. Em função de sua importância, vários métodos têm sido desenvolvidos visando à avaliação segura da qualidade fisiológica das sementes (Marcos Filho, 1999).

Um dos primeiros sinais da deterioração das sementes é a alteração ou perda da integridade das membranas celulares. Dessa forma, lotes de sementes com porcentagem de germinação semelhante podem apresentar qualidades fisiológicas distintas, uma vez que as primeiras alterações nos processos bioquímicos ocorrem, geralmente, antes que sejam verificados declínios na capacidade germinativa. Assim, os testes que se baseiam na integridade dos sistemas de membranas seriam indicados para detectar o processo de deterioração das sementes em sua fase inicial.

Os danos nas membranas podem ser resultantes da ocorrência de peroxidação de lipídeos, mudanças na composição dos ácidos graxos, perdas dos fosfolipídeos das membranas, mudanças ultraestruturais e consequente aumento na condutividade dos lixiviados (Coolbear, 1995). Assim, a condutividade elétrica tem sido proposta como um método de avaliação do vigor que relaciona a quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes à integridade das membranas celulares (Vieira & Krzyzanowski, 1999). Pesquisas realizadas com diferentes espécies têm mostrado que o decréscimo na germinação e no vigor é diretamente proporcional ao aumento da liberação de solutos, indicando que a avaliação da condutividade elétrica é um método rápido, promissor e interessante em termos de padronização (Dias & Marcos Filho, 1996). No entanto, os resultados de condutividade elétrica podem ser influenciados por vários fatores, dentre eles o teor de água das sementes (Tao, 1978; Loeffler *et al.*, 1988; Hampton *et al.*, 1992), período de embebição (Loeffler *et al.*, 1988; Bruggink *et al.*, 1991; Dias & Marcos Filho, 1996), temperatura de embebição (Vieira & Krzyzanowski, 1999), volume de água utilizada e presença de danos nas sementes (Tao, 1978). Bruggink *et al.* (1991) Hampton *et al.* (1994) e, em trabalho com sementes de milho, verificaram aumento na condutividade elétrica de sementes de milho envelhecidas, sendo esse efeito mais destacado após período de embebição mais longo (48 h).

Em relação às sementes de milho-pipoca, no Brasil as pesquisas são ainda incipientes quando comparadas com os trabalhos direcionados ao milho comum. O milho-pipoca diferencia-se do milho comum devido ao seu tamanho reduzido e dureza de seus grãos (Pacheco *et al.*, 1996). Em função destas características e, principalmente às peculiares do seu pericarpo, provavelmente poderá ocorrer menor

lixiviação de eletrólitos para a solução de embebição quando as sementes são submetidas ao teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor, o que sugere ser necessário o ajuste da metodologia do teste utilizado para o milho comum, principalmente com relação à temperatura, ao volume de água e período de embebição das sementes.

Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo verificar o efeito da temperatura, do período de embebição e do volume de água para definir metodologia adequada para o uso do teste de condutividade elétrica em sementes de milho-pipoca.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – MG. Foram utilizados cinco lotes de sementes de milho-pipoca, variedade UFV-2, colhidos em anos diferentes (lotes 3, 4 e 5) e debulhados mecânica e manualmente (lotes 1 e 2). Os lotes foram submetidos a diferentes testes e determinação, descritos a seguir.

### *Teor de água*

Determinado em estufa a  $105 \pm 3$  °C durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras para cada lote, segundo as recomendações das RAS (Brasil, 1992), sendo os resultados expressos em porcentagem (bu).

### *Germinação*

Realizada com quatro subamostras de 50 sementes por lote, em rolo de papel Germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato, em germinador a 25 °C. As contagens foram realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura, segundo os critérios estabelecidos pelas RAS (Brasil, 1992).

### *Envelhecimento artificial*

Foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes, empregando-se o método do gerbox, adaptado conforme Marcos Filho (1999). As sementes foram distribuídas em camada única sobre tela metálica acoplada em caixas gerbox contendo, ao fundo, 40 mL de água, mantidas sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar (42 °C e 100% UR), durante 72 horas. Percorrido esse período, as sementes foram colocadas para germinar conforme método descrito para o teste de germinação. A interpretação do teste foi realizada no quarto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

### *Emergência de plântulas*

As sementes, em quatro repetições de 50 para cada lote, foram semeadas em substrato constituído pela mistura de 2/3 de areia e 1/3 de terra, distribuído em caixas plásti-

cas com dimensões de 47 x 30 x 11 cm. Após a semeadura, as sementes foram cobertas com 2 a 3 cm da mesma mistura. A irrigação foi feita ajustando-se a umidade do substrato para 70% da capacidade de campo. As caixas permaneceram em condição de ambiente no LAS por 10 dias, quando foi realizada a contagem das plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em porcentagem.

### **Condutividade elétrica (CE)**

Foi realizada segundo metodologia proposta pela AOSA (1983), com quatro subamostras de 50 sementes, que foram pesadas com precisão de duas casas decimais e, a seguir, colocadas em recipiente contendo 50 e 75 mL de água deionizada, permanecendo em incubadora tipo BOD a 25 °C e a 35 °C, por 24 e 48 horas. Após cada período, realizou-se a leitura da CE na solução de embebição, em condutivímetro. O resultado da leitura foi dividido pelo peso (g) da respectiva amostra, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{hos/cm/g}$  de semente.

### **Procedimento estatístico**

Os resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas foram submetidos à análise de variância, seguindo delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (cinco lotes) e quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o teste de CE, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. As parcelas foram distribuídas em esquema fatorial 5 x 2 x 2 (cinco lotes, duas temperaturas e dois volumes de água) e as subparcelas foram os dois períodos de embebição (24 e 48 h), com quatro repetições por tratamento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foram calculados os coeficientes de correlação simples de Pearson ( $r$ ) entre os testes de CE e os de germinação, envelhecimento acelerado e emergência das plântulas. A significância dos valores de  $r$  foi determinada pelo teste  $t$ , a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 estão apresentados os valores de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas de lotes de milho-pipoca cultivar UFV-2. Observa-se que, em todos os testes realizados, as sementes do lote 02 foram as que apresentaram melhor qualidade fisiológica.

No teste de germinação, menor qualidade foi observada para os lotes 1 e 4, enquanto os lotes 3 e 5 exibiram qualidade intermediária. Pelo teste de envelhecimento acelerado não foi possível detectar diferenças na qualidade fisiológica dos lotes 1, 3, 4 e 5, os quais foram significativamente inferiores ao lote 2. Os lotes 1, 3 e 4 apresentaram menor emergência de plântulas, sendo, o valor do lote 5 intermediário.

Na Tabela 2 observam-se os valores médios de CE dos cinco lotes de sementes de milho-pipoca para as diferentes temperaturas, volumes de água e períodos de embebição. Nota-se que a CE aumentou com a elevação da temperatura e do tempo de embebição. De acordo com Murphy & Noland (1982), a elevação na CE, com o aumento da temperatura de embebição das sementes, está relacionada com alterações nas propriedades da água. Em geral, maiores temperaturas de embebição aumentam a quantidade e a velocidade de liberação de eletrólitos lixiviados. Nessas condições, há aumento na fluidez da membrana plasmática, o que facilita a movimentação de água através dela (Vieira & Krzyzanowski, 1999). Segundo Hampton (1995), a temperatura afeta a quantidade e velocidade de perda de lixiviados, traduzindo-se na magnitude do valor da CE; sem alterar, contudo, a classificação dos lotes. Por outro lado, para maiores volumes de água de embebição observou-se redução do valor de CE, o que está relacionado ao efeito de diluição dos lixiviados, como observado por Loeffler *et al.* (1988) em sementes de soja.

Observa-se (Tabela 2) que o teste de CE foi eficiente ao discriminar o vigor dos lotes estudados, tendo o lote 2 apresentado o menor valor de CE e, portanto, melhor qualidade fisiológica. Esse comportamento, provavelmente, deve-se ao fato de este lote ter sido debulhado manualmente, o que minimizou os danos ocorridos no pericarpo. Resultados semelhantes foram encontrados por Pacheco *et al.* (1996), estudando o efeito de danos mecânicos na qualidade fisiológica do milho-pipoca. Neste trabalho, os autores citam que a danificação na semente reduz significativamente a germinação e o vigor, tendo, os menores valores de CE ocorrido nas sementes sem danos.

Na Tabela 3 observa-se que para o volume de 50 mL de água o lote 1 apresentou menor CE, seguido dos lotes 2, 5, 3 e 4, quando o teste foi conduzido a 25 °C, por um período de embebição de 24 horas. Nota-se que para este tempo de embebição os lotes 2 e 5 não apresentaram diferenças significativas quanto ao vigor, o que só foi detectado no período de 48 horas. De acordo com Loeffler *et al.* (1988), quanto menos acentuadas forem as diferenças de vigor entre os lotes, períodos de embebição mais longos serão necessários para a sua diferenciação. Resultados semelhantes foram encontrados por Dias & Marcos Filho (1996) com sementes de soja. Neste trabalho verificou-se que períodos mais curtos de embebição das sementes podem ser utilizados para a identificação de diferenças mais acentuadas entre lotes, e períodos mais longos (maior que 16 horas) mostraram-se mais adequados para diferenciar lotes de qualidade fisiológica menos contrastantes. Para o tempo de embebição de 24 h e temperatura de 35 °C, verifica-se que os lotes 2 e 5 foram superiores aos demais, embora para volume de 75 mL o lote 5 não tenha diferido significativamente do lote 3, classificado como de quali-

**Tabela 1.** Valores médios (%) obtidos nos testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas para os cinco lotes de sementes de milho-pipoca, cultivar UFV 02

Lotes	Germinação (%)	Envelhecimento acelerado (%)	Emergência plântulas (%)
1	80,5 c	69,0 b	82,5 b
2	95,5 a	85,0 a	97,5 a
3	92,0 ab	71,0 b	87,0 b
4	81,0 c	63,5 b	80,5 b
5	85,0 bc	66,0 b	90,0 ab

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 2.** Valores médios de condutividade elétrica (CE, mmhos/cm/g) obtidos para os cinco lotes de sementes de milho-pipoca, em diferentes temperaturas, volumes de água e períodos de embebição

Temperatura (°C)	CE	Volume de água (mL)		Período de embebição (h)	CE
		50	75		
25	20,02 a	50	26,13 a	24	19,57 a
35	24,75 b	75	18,64 b	48	25,20 b
<b>Lotes de milho-pipoca</b>					
	1	2	3	4	5
CE	23,78 c	15,45 a	23,46 c	30,51 d	18,73 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para temperatura, volume e período de embebição e na linha para lotes não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 3.** Condutividade elétrica (CE, mmhos/cm/g) obtida para os cinco lotes (L) de sementes de milho-pipoca em diferentes temperaturas, volumes de água e períodos de embebição

Período de embebição (horas)	Temp. (°C)	Condutividade elétrica (µmhos/cm/g)									
		Volume de água (mL)									
		50					75				
		L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
24	25	15,93 a	18,18 ab	21,41 b	28,67 c	19,25 ab	16,98 b	10,59 a	14,18 ab	18,39 b	10,07 a
	35	31,12 b	14,94 a	29,05 b	31,89 b	16,42 a	23,08 c	13,04 a	17,49 b	24,7 c	16,12 ab
48	25	18,29 a	17,54 a	29,54 b	40,38 c	25,49 b	21,52 b	13,05 a	19,89 b	27,18 c	13,93 a
	35	40,04 d	20,33 a	33,85 c	41,82 d	28,47 b	23,29 b	15,92 a	22,29 b	30,98 c	20,11 ab

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, para cada volume de água não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (DMS = 4,31)

dade intermediária. Nesse caso, observa-se pior desempenho para as sementes dos lotes 1 e 4.

Em geral, para o volume de 75 mL não foram observadas diferenças entre os lotes 2 e 5 para todas as temperaturas e períodos de embebição estudados, os quais mostraram superioridade em relação aos demais lotes. No entanto, essa diferença foi observada quando o teste foi realizado com volume de 50 mL por um período de 48 horas, independentemente da temperatura utilizada. Após 48 horas de embebição em 75 mL de água, foi possível discriminar o lote 4 como inferior aos demais. Até 24 horas, os lotes 1 e 4 não apresentam diferenças significativas.

Observa-se que o teste de CE conduzido à temperatura de 35 °C por um período de embebição de 48 horas permitiu maior diferenciação dos lotes, independentemente do volume de água utilizado. Portanto, o emprego de temperatura mais alta aliada a um aumento do período de embebição mostrou-se como opção eficiente para uma avaliação do vigor das sementes de milho-pipoca.

Para sementes de soja, reduções no período de embebição para 4 h podem ser associadas ao aumento da temperatura (Loeffler *et al.*, 1988), no entanto, para identificar diferenças menos acentuadas de vigor entre lotes, períodos de embebição mais longos (18 a 24 horas) são mais indicados, o que também foi verificado por Dias & Marcos Filho (1996). Em sementes de milho envelhecidas artificialmente, Bruggink *et al.* (1991) observaram que o efeito do envelhecimento foi detectado apenas 10 a 20 horas após o início da embebição.

Confrontando os resultados de CE (Tabela 3) com os de emergência das plântulas em solo (Tabela 1), verifica-se que houve coerência de emergência entre os testes quanto ao melhor desempenho das sementes do lote 2, seguido pelo lote 5, enquanto os lotes 1, 3 e 4 tiveram o pior desempenho. Em sementes de milho doce, a CE foi negativamente correlacionada com a emergência das plântulas em campo (Tracy & Juvik, 1988).

Os resultados obtidos no teste de CE conduzido a 35 °C, por 48 horas, tanto utilizando 50 como 75 mL de água, permitiram ordenar os lotes em níveis de qualidade fisiológica. Contudo, verifica-se que a classificação dos lotes quando se utilizou o volume de água de 50 mL foi a mesma observada no teste de germinação.

Os coeficientes de correlação linear entre os resultados de CE e os demais testes utilizados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes (Tabela 4) possibilitaram definir as melhores condições para o teste de CE.

Observa-se que os maiores valores de correlação encontrados foram com a emergência de plântulas, e quando se utilizou o volume 50 mL de água, na temperatura de 35 °C por 48 horas, a correlação entre eles foi de praticamente 100%. Observa-se também que os maiores coeficientes de correlação foram obtidos quando se utilizou a temperatura de 35 °C em todas as condições testadas. Altos valores de correlação na temperatura de 25 °C foram obtidos quando se utilizou 75 mL de água tanto no tempo de 24 quanto no de 48 horas.

**Tabela 4.** Coeficientes de correlação simples entre os resultados de condutividade elétrica e germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas obtidos para os cinco lotes de sementes de milho-pipoca

Condutividade elétrica	Germinação	Envelhecimento acelerado	Emergência de plântulas
50mL/25°C/24h	-0,24334 <sup>ns</sup>	-0,47831 <sup>ns</sup>	-0,46618 <sup>ns</sup>
75mL/25°C/24h	-0,66204 <sup>ns</sup>	-0,53716 <sup>ns</sup>	-0,89769 <sup>*</sup>
50mL/35°C/24h	-0,58267 <sup>ns</sup>	-0,58192 <sup>ns</sup>	-0,90965 <sup>*</sup>
75mL/35°C/24h	-0,86723 <sup>*</sup>	-0,73359 <sup>ns</sup>	-0,964 <sup>*</sup>
50mL/25°C/48h	-0,35556 <sup>ns</sup>	-0,66337 <sup>ns</sup>	-0,59557 <sup>ns</sup>
75mL/25°C/48h	-0,65107 <sup>ns</sup>	-0,63765 <sup>ns</sup>	-0,91241 <sup>*</sup>
50mL/35°C/48h	-0,82054 <sup>*</sup>	-0,79715 <sup>ns</sup>	-0,99659 <sup>*</sup>
75mL/35°C/48h	-0,7328 <sup>ns</sup>	-0,78603 <sup>ns</sup>	-0,91115 <sup>*</sup>

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

<sup>ns</sup> não significativo.

## CONCLUSÕES

O teste de condutividade elétrica mostra-se eficiente na diferenciação de lotes de sementes de milho-pipoca (*Zea mays* L.).

A temperatura, o tempo de embebição e volume de água interferem na condutividade elétrica dos lotes.

Para a condução do teste de condutividade em sementes de milho-pipoca, a embebição das sementes na temperatura de 35 °C, por 48 h, deve ser recomendada, independentemente se com 50 ou 75 mL de água.

A utilização do período de 24 horas é possível, desde que o teste seja conduzido com 75 mL de água a 35 °C.

## REFERÊNCIAS

- AOSA - Association of Official Seed Analysts (1983) Seed vigor testing handbook. East Lasing, AOSA. 88p.
- Brasil - Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária (1992) Regras para análise de sementes. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV. 365p.
- Bruggink H, Kraak HL, Dijema MHGE & Bekendam J (1991) Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. *Seed Science and Research*, 1:15-20.
- Coolbear P (1995) Mechanisms of seed deterioration. In: Basra AS (Ed.) *Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications*. New York, Food Products Press. p.223-244.
- Dias DCFS & Marcos Filho J (1996) Electrical conductivity test for vigor evaluation in soybean seeds. *Seed Research*, 24:1-10.

- Hampton JG, Johnstone KA & Eua-Umpun V (1992) Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and french bean seed lots. *Seed Science and Technology*, 20:677-686.
- Hampton JG, Lungwangwa AL & Hill KA (1994) The bulk conductivity test for *Lotus* seed lots. *Seed Science and Technology*, 22:177-178.
- Hampton JG (1995) Conductivity test. In: van der Venter HA (Ed.) *Seed vigor testing seminar*. Zurich, International Seed testing Association. p.10-28.
- Loeffler TM, Tekrony DM & Egli DB (1988) The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, 12:37-53.
- Marcos Filho J (1999) Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowski CF, Vieira RD & França-Neto JB (Eds.) *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. Londrina, ABRATES. p.1-24.
- Murphy JB & Noland TL (1982) Temperature effects on seed imbibitions and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiology*, 69:428-431.
- Pacheco CAP, Castoldi FL & Alvarenga EM (1996) Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. *Revista Brasileira de Sementes*, 18:267-270.
- Tao JK (1978) Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. *Journal of Seed Technology*, 3:10-18.
- Tracy WF & Juvik JA (1988) Electrolyte leakage and seed quality in a shrunken-2 maize select for improved field emergence. *Journal of Horticultural Science*, 23:391-392.
- Vieira RD & Krzyzanowski CF (1999) Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski CF, Vieira RD & França Neto JB (Eds.) *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. Londrina, ABRATES. p.1-26.