

## Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol<sup>1</sup>

Juliana de Souza Dode<sup>2</sup>, Geri Eduardo Meneghello<sup>2\*</sup>, Dario Munt de Moraes<sup>3</sup>,  
Silmar Teichert Peske<sup>2</sup>

RESUMO – O aumento na demanda por sementes oleaginosas de alta qualidade, como o girassol, vem desencadeando um grande interesse em testes que possibilitem a diferenciação rápida do potencial de desempenho de lotes, favorecendo a pronta tomada de decisões durante diferentes etapas da produção de sementes, pré e pós-colheita. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência e rapidez do método de Pettenkofer na determinação da atividade respiratória para diferenciar o vigor de cinco lotes de sementes de girassol, cv. MG2. Além da determinação da atividade respiratória, foram conduzidos testes de germinação, condutividade elétrica, comprimento de parte aérea, matéria fresca e massa seca de plântulas. Os resultados permitiram a classificação dos lotes em diferentes níveis de qualidade fisiológica. A utilização do sistema Pettenkofer foi eficiente e rápida para proporcionar a distinção dos lotes, fazendo com que a determinação da atividade respiratória seja considerada promissora para identificar diferenças na qualidade fisiológica de lotes de sementes de girassol.

Termos para indexação: *Helianthus annuus*, atividade respiratória, viabilidade, vigor.

## Assessing the physiological quality of sunflower seed lots from respiration test

ABSTRACT – The increased demand for high quality oilseeds, such as sunflower, has encouraged interest in faster tests to distinguish seed lots, and allow prompt decisions during different stages of seed production, storage, and marketing. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the Pettenkofer method for determining respiratory activity, which can be used to differentiate the vigor of different cv. MG2 sunflower seed lots. Besides determining respiratory activity, the germination, electrical conductivity, total dry weight, fresh weight and seedling length were measured. The results permitted the classification of seed lots according to their potential performance. The Pettenkofer apparatus provided an efficient and fast separation of seed lots and the measurement of respiratory activity is promising for identifying differences in the physiological quality of sunflower seeds.

Index terms: *Helianthus annuus*, respiratory activity, viability, vigor.

### Introdução

O girassol (*Heliantus annuus* L.), planta originária da América do Norte, é uma espécie anual herbácea, de

cultivo estival, dicotiledônea, da família Asteraceae. Cultivado nos cinco continentes, apresenta grande importância econômica mundial e figura, juntamente com a soja e a canola, como uma das três mais importantes

<sup>1</sup>Submetido em 13/09/2011. Aceito para publicação em 12/01/2012.

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 - Pelotas, RS, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Botânica, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 - Pelotas, RS, Brasil.

\*Autor para correspondência <geriem@ufpel.edu.br>

culturas anuais produtoras de óleo do mundo. O cultivo do girassol é uma opção de diversificação nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos no Brasil (Leite et al., 2005).

Como acontece em outras culturas, a utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para o estabelecimento de populações adequadas em campo. Para uma análise mais completa da qualidade fisiológica de sementes, há necessidade de se complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, que possibilitem selecionar os lotes mais adequados para comercialização e que forneçam, com maior precisão, informações para a semeadura. Os testes rápidos, dentro deste contexto, são importantes para a avaliação da qualidade fisiológica, pois permitem obter subsídios para a rápida tomada de decisões.

Embora os testes de vigor não sejam incluídos em regras nacionais para análise de sementes (Brasil, 2009) por não apresentarem uma metodologia padronizada, inclusive para o girassol, estes são utilizados pelas empresas produtoras de sementes com inúmeras finalidades, sendo a principal delas a determinação do potencial fisiológico das sementes (Marcos Filho, 1999). Todo programa de controle de qualidade na produção de sementes de uma determinada espécie deve incluir o vigor como característica a ser avaliada sob condições de laboratório. De acordo com McDonald (1980) e mais recentemente, Marcos Filho (2005) o vigor de sementes inclui características que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme de plântulas normais sob uma ampla gama de condições ambientais.

O maior interesse atualmente, ao avaliar a qualidade fisiológica da semente, é a obtenção de resultados confiáveis em período de tempo relativamente curto. A rapidez nesta avaliação permite a pronta tomada de decisões durante diferentes etapas da produção de sementes, especialmente entre a fase de maturação e a futura semeadura (Dias e Marcos Filho, 1996).

Diversos testes têm sido desenvolvidos procurando avaliar e relacionar, com precisão, o comportamento de lotes de sementes em laboratório e em campo, em diversas culturas, dentre os quais pode ser citado o teste de frio para milho (Cícero e Vieira, 1994), o de envelhecimento acelerado para soja (Vieira, 1994), o de condutividade elétrica para ervilha (Caliari e Marcos Filho, 1990) e o do pH do exsudato para soja (Amaral e Peske, 1984). Porém, torna-se necessário desenvolver novas metodologias baseadas em outros princípios, dentre os quais encontram-

se os testes baseados na taxa respiratória das sementes.

A respiração, segundo Taiz e Zeiger (2004), é a oxidação de substâncias orgânicas num sistema celular, com a liberação de energia. O oxigênio molecular é o aceptor final de elétrons. Dentre os substratos respiratórios os mais comuns são os carboidratos como amido, sacarose, frutose, glicose e outros açúcares; lipídios, principalmente os triglicerídeos, ácidos orgânicos e proteínas (Marengo e Lopes, 2007).

A respiração ocasiona perda de massa seca, sendo os métodos utilizados para medir a respiração baseados na determinação dessas características, no entanto, a medida da variação de massa seca requer grande quantidade de material e implica na sua destruição (Marengo e Lopes, 2007), tornando-se um método de pouca aplicabilidade prática. Os métodos baseados em trocas gasosas são mais sensíveis, requerem menor quantidade de material e não são destrutivos, podendo consistir na determinação manométrica do O<sub>2</sub> consumido ou na medição de CO<sub>2</sub> liberado, utilizando métodos físicos como o analisador de gás infravermelho (IRGA), ou físico-químicos que se baseiam na retenção de CO<sub>2</sub> em uma base e em sua determinação por titulometria (Crispim et al. 1994), calorimetria ou condutivimetria (Maestri et al., 1998).

Dentre as diferentes formas de verificação da qualidade fisiológica em sementes, o processo de respiração merece atenção, pela alta relação entre este fenômeno e a qualidade da semente. A medição da atividade respiratória em condição de laboratório, utilizando o método Pettekofer, foi considerada por Mendes et al. (2009) uma alternativa aos testes tradicionais para a determinação do vigor de um lote de sementes.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência e rapidez do método de Pettekofer na determinação da atividade respiratória para diferenciar a viabilidade e o vigor de sementes de girassol.

## Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e em casa de vegetação do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas. Utilizaram-se sementes de girassol cultivar MG2, obtidos junto no Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da EMBRAPA.

Para obtenção dos lotes, foi inicialmente selecionado um lote com alta qualidade fisiológica, que foi subdividido e submetido às condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar para a obtenção de diferentes níveis de vigor, gerando cinco lotes distintos: o lote original e quatro outros

lotes. As condições adversas foram temperatura de 42 °C e 100% de umidade relativa do ar, durante 24, 48, 72 e 96 horas, constituindo os sublotos. Com os níveis de vigor obtidos foram divididos em quatro porções que constituíram as repetições. Os lotes foram submetidos à secagem, em estufa com circulação de ar à 37 °C para uniformizar o grau de umidade das sementes em 12%.

Com o objetivo de caracterizar a qualidade fisiológica das sementes e determinar a atividade respiratória, relacionando-a com outros testes de vigor, os sublotos foram submetidos aos seguintes testes: condutividade elétrica, comprimento da parte aérea, massa fresca e seca total das plântulas e germinação em areia.

*Condutividade elétrica (CE)* - utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes da fração semente fisicamente pura, totalizando 200 sementes por lote. As amostras foram pesadas em uma balança de precisão (0,0001 g) e, a seguir, colocadas para embeber em um copo de plástico contendo 75 mL de água deionizada, agitado levemente para que todas as sementes fossem completamente submersas e, depois, mantido em germinador a 25 °C, até completar três e 24 horas. Após cada um desses períodos, foram feitas as leituras da CE da solução de embebição em condutivímetro Digimed CD-21 e os resultados expressos em  $\mu\text{S.m}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de sementes com base na massa inicial das sementes utilizadas (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

*Comprimento da parte aérea das plântulas (CPA)* – avaliou-se o comprimento médio da parte aérea das plântulas normais obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 10 sementes, em rolos de papel germitest umedecidos à razão de 2,5 vezes o peso do papel com água destilada. Posteriormente os rolos foram mantidos em câmara de germinação a 25 °C por sete dias, quando então se avaliou o comprimento das plântulas com o auxílio de uma régua milimetrada. Para obtenção do valor do CPA, calculou-se a média considerando o número de plântulas utilizadas em cada unidade experimental. Os resultados foram expressos em  $\text{mm.plântula}^{-1}$  (Nakagawa, 1999).

*Massa seca de plântulas* – dez plântulas coletadas de cada repetição foram colocadas em estufa de ventilação forçada a  $70 \pm 2$  °C até massa constante, aferindo-se a mesma por gravimétrica e o resultado expresso em  $\text{mg.plântula}^{-1}$ .

*Germinação (G)* – foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por sublote, distribuídas sobre uma camada de areia umedecida e cobertas com 1 cm de areia solta, mantidas a 25 °C. As contagens de plântulas foram realizadas aos quatro e dez dias após a semeadura.

*Atividade respiratória (AR)* - a liberação de  $\text{CO}_2$  pelas sementes foi medida pelo aparelho de Pettenkofer, o qual é constituído por quatro frascos lavadores de gases, sendo que dois contêm hidróxido de sódio (NaOH) a 25%, que tem por finalidade reter o  $\text{CO}_2$  do ar ambiente; um frasco destinado para armazenamento das sementes em estudo, isento de  $\text{CO}_2$  do ar ambiente e um outro contendo hidróxido de bário  $\text{Ba(OH)}_2$  a 25%, o qual reage com o  $\text{CO}_2$  proveniente da atividade respiratória das sementes, resultando em carbonato de bário ( $\text{BaCO}_3$ ). Os frascos são interligados por uma mangueira de silicone acoplada a uma trompa aspiradora de ar. O fluxo de ar é regulado por uma torneira, permitindo o controle de sua velocidade por meio da observação de bolhas formadas nos frascos. As sementes dos diferentes sublotos (100 g) foram colocadas no frasco de armazenamento por 60 minutos à temperatura de 25 °C. Após o período de permanência no aparelho foram coletadas cinco alíquotas de 10 mL da solução de  $\text{BaCO}_3$  em Erlenmeyer onde cada uma, após receber duas gotas do reagente fenolftaleína, foi submetida à titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1N em bureta de 50 mL. No ponto de viragem, foi registrado o volume de HCl gasto em cada alíquota. Esse volume, que está diretamente relacionado com a quantidade de  $\text{CO}_2$  fixado pela solução de  $\text{Ba(OH)}_2$ , é utilizado no cálculo da atividade respiratória das sementes, sendo o  $\text{CO}_2$  fixado proveniente do processo de respiração. No entanto, deve ser ressaltado que a quantidade calculada refere-se ao conteúdo de  $\text{CO}_2$  presente na alíquota titulada. A metodologia para a medição da atividade respiratória de sementes foi descrita por Mendes et al. (2009), com modificações. O cálculo da atividade respiratória foi realizado com base na seguinte equação:  $N \times D \times 22$  (Müller, 1964), onde: N = normalidade do ácido usado (HCl 0,1N); D = diferença entre o volume de HCl gasto na Titulação da Prova em Branco e o volume de HCl gasto na Titulação da Amostra; 22 = normalidade do  $\text{CO}_2$ . O resultado foi expresso em quantidade de dióxido de carbono liberado por grama de semente, por hora ( $\mu\text{g CO}_2.\text{g semente}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados relativos às variáveis mensuradas foram submetidos à análise da variância e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os dados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem da germinação e emergência em campo foram transformados em  $\sqrt{x/100}$ . Foi efetuada análise de correlação simples entre os dados obtidos nos testes de germinação e de vigor com a atividade respiratória das sementes.

## Resultados e Discussão

O grau de umidade das sementes, após a secagem, foi semelhante para todos os sublotos com grau de umidade médio de 12,1% e variação de 0,4 pontos porcentual. Isso é importante para a execução dos testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, considerando que a uniformidade do grau de umidade é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (Loeffler et al., 1988). Marcos Filho (1994) ressaltou a importância da uniformização do teor de água das sementes, uma vez que, as sementes mais úmidas

podem sofrer mais intensamente os efeitos de estresses, devido à intensificação da sua atividade metabólica. Além da necessidade de se iniciar os testes com graus de umidade semelhantes para não afetar os resultados.

Pode-se observar na Tabela 1, que os cinco sublotos provenientes de sementes de girassol, apresentaram diferenças significativas quanto à germinação, sendo possível dividi-los em sublotos com germinação alta e baixa, considerando o padrão para produção e comercialização de sementes de girassol, ou seja, no mínimo 80%. Os sublotos 1 e 2 apresentaram germinação superior, enquanto os demais apresentaram germinação inferior.

Tabela 1. Germinação em areia (G), condutividade elétrica (CE), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e atividade respiratória (AR) de cinco lotes de sementes de girassol cv. MG2.

Lotes	G (%)	CE ( $\mu\text{S. m}^{-1} \text{ g}^{-1}$ )		CPA (mm. plântula <sup>-1</sup> )	MST (mg. plântula <sup>-1</sup> )	AR ( $\mu\text{g CO}_2\text{.g.semente. h}^{-1}$ )
		3 h	24 h			
1	90 a*	88 d	116 d	84 a	0,4 a	1,2 c
2	71 b	97 cd	138 c	77 a	0,3 b	2,2 c
3	54 c	112 c	172 b	54 b	0,2 c	5,1 b
4	32 d	135 b	187 ab	39 c	0,1 d	6,6 ab
5	10 e	186 a	198 a	08 d	0,07 d	8,4 a
CV (%)	5,38	7,12	5,74	9,31	14,9	16,43

\*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda na Tabela 1, os resultados do teste de condutividade elétrica, tanto em três como em 24 horas de embebição, indicaram que o lote 1 apresentou desempenho superior aos demais, detectado pela menor taxa de liberação de exsudados. Normalmente o teste de condutividade elétrica apresenta resultados satisfatórios, na separação de lotes, quando as sementes são embebidas por 24 horas. No entanto, foi realizada avaliação também no período de três horas, para verificar se este período era suficiente para detectar diferenças entre os sublotos, o que foi comprovado pelos resultados. O valor da condutividade elétrica depende da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes, diretamente relacionada à integridade das membranas celulares (Vieira e Krzyzanowski, 1999). Os resultados desse teste confirmaram os obtidos no teste de germinação, uma vez que a classificação quanto à qualidade foi equivalente entre os testes.

A avaliação da qualidade fisiológica dos cinco sublotos de sementes de girassol, realizada por meio dos testes de comprimento da parte aérea e massa seca total (Tabela 1), também permitiu agrupar os sublotos em distintos níveis de vigor: superior (1 e 2) e vigor inferior (3, 4 e 5).

Plântulas que apresentam maiores comprimentos, massas fresca e seca, numa mesma espécie, indicam maior qualidade fisiológica das sementes que as originaram e, portanto, são consideradas mais vigorosas. A massa seca das plantas é um indicativo do comportamento e do desenvolvimento inicial, pois reflete a translocação e acúmulo da matéria seca nas partes das plantas (Vieira, 1994).

Os resultados do teste de respiração apresentaram a mesma tendência verificada para os demais testes utilizados para avaliar a qualidade fisiológica, ou seja, conseguiu distinguir os sublotos em diferentes níveis de vigor, sendo possível inferir que os sublotos 1 e 2 apresentaram maior vigor que os demais. As sementes mais vigorosas, iniciando o processo de embebição, provavelmente demoraram mais tempo para a síntese de novos RNAs e reparo de DNA, apresentando, portanto menor atividade respiratória.

Verificou-se correlação linear negativa entre a variável germinação e atividade respiratória, (Tabela 2). A condutividade elétrica nos dois períodos testados se associou com o aumento da respiração; este aumento da lixiviação de solutos das sementes, provavelmente,

foi consequência de maior deterioração das membranas das células das sementes dos sublotos de menor vigor, servindo como indicativo de maior atividade metabólica, portanto maior atividade respiratória. A perda de controle sobre a compartimentalização intracelular, com alteração nas concentrações de metabólitos, resultado da perda de lipídeos da membrana, poderia ser uma causa de perda da viabilidade da semente e aumento da respiração.

Tabela 2. Coeficientes de correlação simples (R) entre a atividade respiratória e germinação em areia (G), comprimento da parte aérea (CPA), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), condutividade elétrica 3 horas (C 3H) e condutividade elétrica 24 horas (C 24H), respectivamente, em sementes de girassol cv. MG2.

Testes	R
G	-0,93**
CPA	-0,91**
MFT	-0,94**
MST	-0,91**
C 3H	0,86**
C 24H	0,90**

\*\*Correlação linear significativa a 1% de probabilidade.

As sementes provenientes dos sublotos de baixo vigor apresentaram maior taxa respiratória que os de alto vigor. Os resultados são compatíveis com os de outros testes para determinar a qualidade fisiológica de sementes de girassol, permitindo inferir que a metodologia avaliada é eficiente e poderá ser utilizada, confirmando as afirmações de Mendes et al. (2009), que o método de Pettenkofer para determinar a taxa respiratória é um método alternativo, simples, prático e barato para diferenciar lotes de sementes no que tange ao vigor. A atividade respiratória, segundo Castro e Hilhorst (2004) é rapidamente iniciada uma vez que a semente começa a embeber, a partir do momento em que atinge 20% de água. Fatores como temperatura, potencial hídrico e qualidade fisiológica das sementes interferem diretamente na taxa respiratória.

## Conclusões

A determinação da atividade respiratória pelo método de Pettenkofer é eficiente, rápida e proporciona a diferenciação do vigor de lotes de sementes de girassol.

## Referências

- AMARAL, A.S.; PESKE, S.T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v.6, n.3, p.85-92, 1984. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1984/v6n3/artigo09.pdf>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p. [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/Regras%20para%20Análise%20de%20Sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/Regras%20para%20Análise%20de%20Sementes.pdf)
- CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira, A.G.; Borghetti, F. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, p.147-162. 2004.
- CALIARI, M.F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.12, n.3, p.52-75, 1990. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1990/v12n3/artigo05.pdf>
- CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. (Ed.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.
- CRISPIM, J.E.; MARTINS, J.C.; PIRES, J.C.; ROSOLEM, C.A.; CAVARIANI, C. Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.10, p.1517-1521, 1994. [http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab1994/outubro/pab05\\_out\\_94.pdf](http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab1994/outubro/pab05_out_94.pdf)
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Scientia Agricola*, v.53, n.1, p31-42, 1996. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161996000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161996000100005&script=sci_arttext)
- LEITE, R. M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, v.12, n.1, p.37-53, 1988. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=22902750&pid=S0101-3122200600020001500010&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=22902750&pid=S0101-3122200600020001500010&lng=en)
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.1.1-1.21.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-149.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MAESTRI, M.; ALVIM, P.T.; SILVA, M.A.P. *Fisiologia vegetal: exercícios práticos*. Viçosa: UFV, 1998. 91p. (Cadernos didáticos, 20).

- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 469p.
- McDONALD, M.B. Vigor test subcommittee report. *News Lett. Assoc. Proceeding of Association of Official Seed Analysts*, v.54, n.1, p.37-40, 1980.
- MENDES, C.R.; MORAES, D.M.; LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, p.171-176, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n2/v31n2a20.pdf>
- MÜLLER, L.E. *Manual de laboratório de fisiologia vegetal*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Turrialba, Costa Rica, 1964. 165p.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-24.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VIEIRA, R.D.; KRZYŻANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-24.
- VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.