

# TESTES RÁPIDOS PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES: UMA REVISÃO

Ceci Castilho Custódio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Professora Doutora do Departamento de Biologia e Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias da UNOESTE  
<ceci@unoeste.br>

## RESUMO

Os testes de vigor de sementes têm sido auxiliares ao teste de germinação, uma vez que este apresenta limitações, principalmente, no que se refere à diferenciação de lotes e a relativa demora na obtenção dos resultados, o que tem estimulado o desenvolvimento de testes de vigor que sejam confiáveis e rápidos, agilizando as decisões.

Entre os testes mais promissores, se destacam os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, que se baseiam na permeabilidade do sistema de membranas celulares, estando mais estudados para ervilha e soja e, para estas culturas, se encontram em fase avançada de padronização de metodologias constituindo ferramentas disponíveis para os programas de controle de qualidade.

**Palavras-chave:** testes rápidos, vigor, sementes.

## ABSTRACT

Seed vigor tests have been used as auxiliaries to germination test, which have showed some limitations regarding to seed lot differentiation and the lagging of time to result acquiring. These limitations have been lead to the development of fast and accurate vigor tests, which will help in taking decisions.

The electrical conductivity and potassium leakage tests are among the more promising tests, and are based on the membrane permeability being more studied to pea and soybean and, for these crops, these tests are in advanced stage of methodology standardization, and are considered as useful tools in quality control programs.

**Key-words:** fast tests, vigor, seeds.

## INTRODUÇÃO

As sementes, após a maturidade fisiológica, passam a sofrer um processo contínuo e irreversível de deterioração ou envelhecimento. O conhecimento deste processo tem se tornado cada vez mais importante porque é através dele que a pesquisa tem desenvolvido métodos de determinação do potencial fisiológico dos lotes ou vigor de sementes.

O teste de germinação apresenta limitações quanto à diferenciação de lotes e demora na obtenção dos resultados, fato este que tem levado ao desenvolvimento de testes de vigor que sejam confiáveis e rápidos, agilizando as decisões. Entre os testes de vigor que apresentam rapidez, aqueles baseados na permeabilidade das membranas têm sido considerados promissores.

O objetivo desta revisão foi o de pesquisar informações sobre os testes rápidos, baseados na permeabilidade do sistema de membranas, para avaliação da qualidade fisiológica de sementes.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Testes rápidos para avaliação do vigor.

A avaliação da qualidade de sementes tem merecido permanente atenção dos tecnologistas, produtores e pesquisadores, refletindo o refinamento da demanda pela utilização de materiais que proporcionam maior segurança para fins de

semeadura e/ou armazenamento (HAMPTON & COOLBEAR, 1990).

A qualidade das sementes é determinada por fatores genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. A qualidade fisiológica tem sido um dos aspectos mais pesquisados há vários anos, em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de alterações degenerativas após a maturidade (ABDUL-BAKI & ANDERSON, 1972).

Segundo HAMPTON & COOLBEAR (1990), em função das limitações do tempo requerido para o teste de germinação, tem sido contínuo o interesse, nos últimos 25 anos, pelo potencial das propriedades fisiológicas e bioquímicas das sementes como índices de vigor.

O vigor de um lote de sementes não é determinado por uma característica em particular, mas por um conjunto delas associadas ao desempenho das sementes (PERRY, 1981). Várias classificações para os testes de vigor têm sido propostas e relatadas com finalidade principalmente didática (WOODSTOCK, 1973; McDONALD Jr., 1975; VIEIRA et al., 1994). Parece pouco provável que um único teste: germinativo, fisiológico ou bioquímico, seja apropriado sob todas as condições, mesmo para uma única espécie (HAMPTON & COOLBEAR, 1990; MARCOS FILHO, 1994b). MARCOS FILHO et al. (1990), trabalhando com três cultivares de soja, cada qual representado por sete lotes, concluíram que as avaliações do potencial fisiológico das sementes em laboratório devem ser baseadas

no conjunto dos resultados de diferentes testes.

Um teste de vigor, segundo TEKRONY (1977) e HAMPTON & COOLBEAR (1990) deve, basicamente: a) registrar índices de qualidade de sementes mais sensíveis que o teste de germinação; b) separar lotes de sementes em termos de potencial de desempenho; c) ser objetivo, rápido, simples e economicamente viável; d) ser reproduzível e interpretável de maneira objetiva. Para possuir boa receptividade entre os tecnologistas de sementes, deve ser reproduzível e relacionado com a emergência em campo, além de rápido, não oneroso, objetivo e de fácil execução, conforme McDONALD Jr. (1975) e MATTHEWS (1981).

A indústria de sementes freqüentemente exige decisões rápidas, referentes ao manejo durante a colheita, recepção, processamento, armazenamento e comercialização, de modo que a necessidade da redução no período destinado à avaliação da qualidade fisiológica das sementes é considerada uma prioridade para a pesquisa.

Neste sentido, tem-se procurado desenvolver testes que possam ser usados para estimar mais rapidamente o comportamento de lotes quanto à viabilidade e vigor ou possam ser auxiliares em rotinas de laboratório.

Assim, através do exame da literatura sobre o assunto, observa-se que, atualmente, os testes rápidos mais estudados e desenvolvidos, avaliam principalmente os eventos iniciais da seqüência de deterioração proposta por DELOUCHE & BASKIN (1973),

*Colloquium Agrariae*, v.1, n.1, set. 2005, p. 29-41. DOI: 10.5747/ca.2005.v01.n1.a005

baseando-se na redução das atividades respiratórias e biossintéticas (teste de tetrazólio) ou na permeabilidade das membranas celulares, envolvendo parâmetros relacionados à liberação de metabólitos durante a embebição das sementes.

Apesar das pesquisas com estes testes serem relativamente recentes, alguns deles estão sendo utilizados com sucesso em muitos laboratórios. A ISTA (International Seed Testing Association), por meio de seu Comitê de Vigor (período 2001-2004), desenvolveu um esforço concentrado para que resultados obtidos nos testes da condutividade, para ervilha, e do envelhecimento artificial, para soja, fossem cada vez mais confiáveis (Powell & Kruse, 2002), tendo, este esforço, permitido a inclusão desses testes nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA, 2004) na condição de testes recomendados.

No Brasil, KRZYZANOWSKI & MIRANDA (1990) em relatório do comitê de vigor da ABRATES, no qual foi feita uma aferição de testes de vigor para sementes de soja, entre 16 laboratórios, relataram que os testes de tetrazólio e condutividade elétrica poderiam ser usados rotineiramente pelos laboratórios, com a ressalva que os analistas do teste de tetrazólio deveriam participar rotineiramente de reciclagem para correção de desvios.

### **Teste de condutividade elétrica**

Pesquisas realizadas com diferentes espécies têm mostrado que o decréscimo na germinação e no vigor é

diretamente proporcional ao aumento da lixiviação de solutos, indicando que a condutividade elétrica é um método eficiente para a avaliação do vigor. Dentre os trabalhos mais recentes destacam-se os de MULLETT & WILKINSON (1979) e GORECKI et al. (1985) com ervilha; SCHOETTLE & LEOPOLD (1984), MARCOS FILHO et al. (1986, 1990), LOEFFLER et al. (1988) e DIAS (1994) com soja; SIDDIQUE & GOODWIN (1985) e LIN (1990) com feijão; WOODSTOCK et al. (1985) com algodão e BRUGGINK et al. (1991) com milho.

Alguns autores, no entanto, não encontraram boas relações entre perda de eletrólitos e vigor ou viabilidade; por exemplo, podemos citar HALLOIN (1975) com algodão, HALDER & GUPTA (1980) com girassol e FERRISS & BAKER (1990) com onze lotes de sementes de soja.

A condutividade elétrica, cuja base teórica está na permeabilidade das membranas, tem mostrado boa relação com a emergência das plântulas em campo e separação de lotes em diferentes níveis de qualidade (DIAS, 1994), tanto que estes têm sido a maior razão para o seu emprego em pesquisa. Porém, outras utilizações foram verificadas na literatura, tais como: para indicar o grau de dormência em sementes de amendoim (SWAMY & NARASIMHA REDDY, 1977) ou o efeito da nutrição da planta mãe, em ervilha, sobre o vigor da semente produzida, que foi verificado através da condutividade dos lixiviados por HADAVIZADEH & GEORGE (1988), enquanto VIEIRA et al. (1992), usaram a condutividade

elétrica para avaliar os efeitos da desfolha e da deficiência hídrica na produção de sementes de soja. KUO (1989) utilizou a condutividade elétrica como método para separação de sementes duras de soja, para fins de melhoramento genético. A separação de genótipos de milho doce, que apresentam problemas quanto à qualidade fisiológica das sementes, foi feita com sucesso através de condutividade elétrica (WANN, 1986; TRACY & JUVIK, 1988).

A pesquisa tem demonstrado que vários fatores podem afetar os resultados do teste, tais como: idade da semente, genótipo, qualidade da água, temperatura e duração do período de embebição, grau de umidade e número de sementes (YAKLICH & ABDULBAKI, 1975; SHORT & LACY, 1976; MARBACH & MAYER, 1985; VIEIRA, 1994). MURPHY & NOLAND (1982) ressaltam que o efeito da temperatura sobre a embebição e lixiviação pode estar relacionado com alterações na viscosidade da água, interferindo tanto na quantidade como na velocidade de liberação dos exsudatos.

Para espécies de sementes grandes, como é o caso da ervilha e soja, tem-se recomendado um período de embebição de 24 horas (KRZYZANOWSKI et al., 1991; VIEIRA & KRZYZANOSKI, 1999). Porém, devido à necessidade de obtenção de respostas mais rápidas, tem-se tentado reduzir o tempo de embebição para leitura da condutividade elétrica. BROUWER & MULDER (1982), trabalhando com feijão, encontraram resultados consistentes com 4 horas de embebição que se assemelharam

aos resultados obtidos com 24 horas, concluindo que este seria um método mais rápido para detectar a baixa qualidade de lotes de sementes. MARCOS FILHO et al. (1990) concluíram que períodos mais curtos (4 e 8 horas) podem ser utilizados para identificação de diferenças mais acentuadas de vigor em sementes de soja, enquanto a embebição mais prolongada torna esse teste mais sensível às diferenças de vigor. Mais recentemente, DIAS (1994), em trabalho dentro da mesma linha, concluiu que este período deveria ser maior (8 e 12 horas) para apresentar resultados consistentes.

O teor de água das sementes, por ocasião do início da instalação do teste, é um fator muito importante pois, em geral, tem-se observado que o teor de água de sementes de soja, no início do teste, deve se situar entre 11 e 17% (AOSA, 1983). Quando o teor de água se situa abaixo de 11%, o valor da condutividade elétrica aumenta significativamente (LOEFFLER et al., 1988).

Um fator bastante desfavorável ao teste de condutividade elétrica, no entanto, é a dependência de regulagem do aparelho em relação à temperatura da solução onde estão as sementes, ou seja, da temperatura de embebição. LOEFFLER et al. (1988), indicaram que a temperatura de embebição deveria ser mais próxima da temperatura ambiente, ou seja, 25°C (até então, era recomendado 20°C) e que deveria se retirar da câmara de embebição apenas as amostras suficientes para serem avaliadas em 15 minutos. Citaram, ainda, que variações de 5°C

na temperatura da água de embebição afetaram a leitura da condutividade.

Em alguns casos, o insucesso desse teste tem sido atribuído à influência do genótipo, associada a características do tegumento. MARCOS FILHO (2001), em revisão abordando pesquisa sobre o vigor de sementes de hortaliças, esclarece que muitas sementes deste grupo apresentam resultados pouco animadores com o emprego do teste de condutividade elétrica para detectar diferenças de vigor. Panobianco et al.(1999) mostraram que, em sementes de soja, o conteúdo de lignina presente no tegumento de sementes de soja, seria o fator responsável pelas diferenças de resultados evidenciados por diferentes genótipos desta espécie. O teste também pode ser negativamente afetado por presença de patógenos e tratamento de sementes (MARCHI & CÍCERO, 2002).

#### **Teste de lixiviação de potássio**

Segundo MARCOS FILHO et al. (1982), QUEIROGA & PARRA (1989) e PRETE (1992), grande parte da condutividade elétrica se deve à lixiviação de íons potássio. Para QUEIROGA & PARRA (1989) o potássio foi o elemento inorgânico que mais contribuiu (95%) para o aumento da condutividade elétrica da solução procedente das sementes de girassol. A lixiviação de Na e a de Ca foram, respectivamente, 10 e 100 vezes menores que a de potássio. Trabalhando com sementes de repolho, LOOMIS & SMITH (1980) determinaram que após 16 horas de embebição, 65% do potássio havia sido lixiviado das sementes submetidas a

envelhecimento artificial. Em sementes de cenoura, GRANQVIST (1987), determinou que as perdas de potássio e cálcio foram da mesma magnitude, porém, muito maiores que as perdas de sódio e magnésio. LOTT et al. (1991), trabalhando com uma série de espécies, com sementes íntegras ou com partes de sementes, relataram que o potássio foi mais lixiviado que outros elementos. LEE & KARUNANITHY (1990) analisando as perdas de elementos minerais durante a germinação de sementes de feijão e soja, verificaram que as perdas de K foram muito altas enquanto a perda de metais bivalentes, tais como: Ca, Fe e Mg foram apenas moderadas, provavelmente devido à habilidade de formarem complexos com proteínas e ácido fítico. Outro trabalho, verificando as perdas de minerais em plântulas, associaram a perda de K aos danos à permeabilidade da membrana, sendo estes danos relacionados à deficiência de Ca (WOOD, 1990).

A ligação entre lixiviação de minerais e danos à membrana é estreita: WOODSTOCK et al. (1985) após terem confirmado a deterioração às membranas em sementes de algodão, através de microscopia eletrônica, ressaltaram que a lixiviação de minerais individuais, como K e Ca, foram melhores indicadores da qualidade das sementes que índices gerais como a condutividade.

Algumas pesquisas têm relacionado os resultados do teste de lixiviação de potássio ao de condutividade elétrica (SIMON & RAJA-HARUN, 1972; PANDEY, 1989b; DONI FILHO, 1992; PRETE, 1992;

*Colloquium Agrariae*, v.1, n.1, set. 2005, p. 29-41. DOI: 10.5747/ca.2005.v01.n1.a005

DIAS, 1994; CUSTÓDIO & MARCOS FILHO, 1997). O teste de lixiviação de potássio, segundo outras pesquisas, tem apresentado resultados relevantes para discriminar o potencial fisiológico de lotes de sementes (MATTHEWS & ROGERSON, 1976; MARCOS FILHO, 1979; MARCOS FILHO et al., 1982; MOSS & MULLETT, 1982; SREERAMULU, 1983; DIAS, 1994). A perda de K também tem sido usada para verificar o efeito do revigoramento das sementes ou "priming", como nos trabalhos de PANDEY (1989a), WEGES & KARSEN (1990) e DONI FILHO (1992). A maioria dos trabalhos revisados relacionam a maior lixiviação de K com sementes de menor qualidade fisiológica, quer essa perda de qualidade tenha sido provocada por envelhecimento natural (MATTHEWS & ROGERSON, 1976; SREERAMULU, 1983; WOODSTOCK et al., 1985; PANDEY, 1989b), ou artificial (LOOMIS & SMITH, 1980) ou ainda por dano térmico durante a embebição (GIVELBERG, 1984). Alguns trabalhos, no entanto, não encontraram relações satisfatórias entre as maiores perdas de K durante a embebição e baixa qualidade de lotes de sementes (MARCOS FILHO et al., 1984; BARROS, 1988).

O padrão de lixiviação de potássio segundo SIMON & MATHAVAN (1986) está diretamente relacionado ao padrão de embebição da semente e, este, ao tamanho da semente. Foi avaliada a porcentagem de potássio lixiviado em 24 horas e o tempo para lixiviação de 90% do potássio contido nas sementes. Os resultados demonstraram que, quanto menor a semente, mais rápida é a

embebição e, também, a lixiviação de potássio. QUEIROGA & PARRA (1989) ressaltaram a influência do peso da semente sobre a lixiviação de potássio, mostrando que as mais pesadas apresentaram valores mais altos de lixiviação.

Durante o processo de embebição das sementes é importante a temperatura, pois em temperaturas mais baixas o processo de reorganização das membranas é mais lento e isto aumenta o período em que as sementes perdem líquidos, ou, em altas temperaturas, ocorre dano térmico às membranas, o que provoca grande aumento na lixiviação (GIVELBERG, 1984).

Nos primeiros experimentos com lixiviação de potássio, no entanto, os autores trabalharam com temperatura ambiente, como AMORIM (1978) e MARCOS FILHO (1979), obtendo resultados promissores para o teste. Seguiram-se, então, outras pesquisas com controle de temperatura durante a embebição.

Assim, trabalharam com temperatura de 30°C; MARCOS FILHO et al. (1982, 1984), BARROS (1988), DIAS (1994) e CUSTÓDIO & MARCOS FILHO (1997). Resultados muito importantes foram obtidos por MARCOS FILHO et al. (1982), onde a lixiviação de potássio decresceu à medida que elevaram-se o poder germinativo e o vigor de sementes de soja durante o processo de maturação e também por DIAS (1994) e CUSTÓDIO & MARCOS FILHO (1997), onde o teste foi considerado promissor para avaliação do vigor de sementes de soja. Tem-se trabalhado também com temperaturas de

20°C e 25°C; DONI FILHO (1992) trabalhou com 20°C e obteve bons resultados ao utilizar o teste de lixiviação de potássio para verificar os efeitos do condicionamento fisiológico em sementes de feijão. Já PRETE (1992) utilizou temperaturas de 20°C e 25°C, mas preferiu trabalhar com 25°C para avaliar as relações entre a lixiviação de potássio e a qualidade da bebida de café, observando que cafés de piores bebidas apresentam altos padrões de lixiviação.

O período de tempo para a realização da leitura da lixiviação está relacionado com o objetivo do teste. Quando o objetivo foi verificar a relação da qualidade de bebida do café com lixiviação de potássio (AMORIM, 1978) e também com condutividade elétrica do exsudato e lixiviação de potássio (PRETE, 1992) os tempos são mais longos. AMORIM (1978) estabeleceu melhores diferenças entre os tratamentos trabalhando com 90 minutos e PRETE (1992) determinou que a melhor separação se dava às 3,5 horas para a condutividade elétrica e 3,0 horas para a lixiviação de potássio. Quando o interesse está em verificar o potencial fisiológico de lotes os tempos para realização da leitura tem variado. Intervalos longos, como 72 horas, foram estudados por MOSS & MULLETT (1982). Porém, tem sido mais utilizado o período de 90 minutos como nos trabalhos de MARCOS FILHO (1979), MARCOS FILHO et al. (1982) com resultados muito promissores e MARCOS FILHO et al. (1984) e BARROS (1988), que não obtiveram bons resultados ao avaliarem comparativamente testes de vigor em soja.

DIAS (1994) trabalhou com 60, 90, 120 e 150 minutos, para verificar o tempo de embebição que mais se relacionava com o vigor de sementes de soja, e concluiu que 90 minutos era o mais adequado. Já CUSTÓDIO & MARCOS FILHO (1997) trabalharam com 30, 60 e 90 minutos e concluíram que 30 minutos foi suficiente para indicar diferenças de vigor em lotes de sementes de soja. Este resultado parece comprovar que as diferenças de lixiviação de K aparecem nos primeiros minutos após a embebição (MATTHEWS & ROGERSON, 1976; SREERAMULU, 1983).

Outras variáveis presentes na metodologia do teste de lixiviação de potássio tem sido a quantidade de água e a quantidade de sementes utilizadas, que se apresentam interdependentes, pois estão diretamente relacionadas com a concentração da solução que será submetida à leitura e do método utilizado para leitura. É interessante uma combinação que possibilite leitura direta, sem diluição da solução.

Quanto ao método utilizado, a maioria dos autores tem realizado a leitura do potássio lixiviado através do fotômetro de chama (SIMON & RAJA HARUN, 1972; SREERAMULU, 1983; GIVELBERG et al., 1984; QUEIROGA & PARRA, 1989; PANDEY, 1989a; PANDEY, 1989b; WEGES & KARSSSEN, 1990); outros, porém, usaram o espectrofotômetro de absorção atômica (MATTHEWS & ROGERSON, 1976; MOSS & MULLETT, 1982; GRANQVIST, 1987; WOOD, 1990) e outros ainda, análise de ativação de neutrons (LOOMIS & SMITH, 1980; LOTT et al., 1991), cuja metodologia é mais complexa.

Segundo RODELLA & BORGES (1989) a fotometria de chama é o único método viável para a determinação de potássio nas análises de rotina, devido principalmente a maior precisão, menor custo e maior simplicidade. Cabe ainda ressaltar que, ao contrário do condutivímetro, os métodos para quantificação do potássio não necessitam de controle da temperatura durante o procedimento de realização das medidas.

Quanto às espécies estudadas, as mais tradicionais têm sido ervilha e soja (MARCOS FILHO et al., 1982; DIAS, 1994; CUSTÓDIO & MARCOS FILHO, 1997). No entanto, recentemente, as investigações com os testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio têm sido ampliadas para diversas espécies entre elas girassol (ALBUQUERQUE et al., 2001), amendoim (VANZOLINI & NAKAGAWA, 2003), pimentão (Roveri et al., 2001) e outras olerícolas revisadas por MARCOS FILHO (2001), milho (GASPAR & NAKAGAWA, 2002a,b) e sementes de espécies florestais (MARQUES et al., 2002). Em recente revisão sobre vigor de sementes, CARVALHO & VANZOLINI (2004) citam o teste de lixiviação de potássio como uma das novas metodologias que vem sendo estudadas pelos pesquisadores.

As metodologias de avaliação do vigor por lixiviação de eletrólitos podem no entanto sofrer interferência das adubações conduzidas durante a condução da produção de sementes. NAKAGAWA et al. (2001) verificaram que, em função da adubação com fósforo e potássio em aveia-preta, houve aumento do teor de potássio nas sementes e



aumento dos teores de potássio, cálcio, magnésio e sódio nos lixiviados da solução de embebição das sementes, que resultaram maiores valores de condutividade elétrica, sem contudo serem indicativos de menor qualidade fisiológica das sementes.

## CONCLUSÃO

Os testes baseados na permeabilidade das membranas são importantes para verificação da qualidade fisiológica de sementes, estando porém mais estudados para sementes de ervilha e soja. Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio se encontram em fase avançada de definição de metodologia constituindo-se em ferramenta disponível para programas de controle de qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A.A. & ANDERSON, J.D. Viability and leaching of sugars from germinating barley. **Crop Science**, Madison, v.10, n. 1, p. 31-34, 1970. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1970.0011183X001000010012x>
- ALBUQUERQUE, M.C.F.; MORO, F.V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M.C. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p. 1-8, 2001.
- AMORIM, H.V. de. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão do café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. Piracicaba, 1978. 85p. (Livre-Docência, ESALQ/USP).
- AOSA.. Association of Official Seed Analysts.. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, AOSA, 1983. 88p.
- BARROS, A.S. do R. **Testes para avaliação rápida da viabilidade e do vigor desementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba, 1988. 140p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- BROUWER, H.M. & MULDER, J.C. Reduced steeping time for the conductivity vigor test of *Phaseolus vulgaris* L. seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.7, n. 1, p. 84-96, 1982.
- BRUGGINK, H.; KRAAK, H.L.; DIJKEMA, M.H.G.E.; BEKENDAM, J. Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.1, p. 15-20, 1991.
- CARVALHO, N.M.; VANZOLINI, S. Considerações sobre o vigor de sementes e o desenvolvimento de novas tecnologias para sua avaliação. **Informativo ABRATES**, v.14, n.1,2,3, 2004.
- CUSTÓDIO, C.C. & MARCOS FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p. 549-564, 1997.
- DELOUCHE, J. & BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 1, p. 427-452, 1973.
- DIAS, D.C.F. dos S. **Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba, 1994 136p. (Doutorado - ESALQ/USP).
- DONI FILHO, L. **Efeitos do condicionamento fisiológico no comportamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Piracicaba, 1992. 108p. (Doutorado - ESALQ/USP).

- FERRISS, R.S. & BAKER, J.M. Relationships between soybean seed quality and performance in soil. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 18, n. 1, p. 51-73, 1990.
- GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.2, p. 70-76, 2002a.
- GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.2, p. 82-89, 2002b.
- GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 35, n. 161, p. 1754-1763, 1984. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/35.12.1754>
- GORECKI, R.J.; HARMAN, G.E.; MATTICK, L.R. The volatile exudates from germinating pea seeds of different viability and vigor. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 63, n. 6, p. 1035-1039, 1985. <http://dx.doi.org/10.1139/b85-141>
- GRANQVIST, G.A. Leakage of cations from a canot seed lot. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 215, p. 219-224, 1987.
- HADAVIZADEH, A. & GEORGE, R.A.T. The effect of mother plant nutrition on seed vigour as determined by the seed leachate conductivity in pea (*Pisum sativum* L.) cultivar "Sprite". **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 16, n. 3, p. 589-599, 1988.
- HALDER, S. & GUPTA, K. Effect of storage of sunflower seeds in high and low relative humidity on solute leaching and internal biochemical changes. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 8, n. 3, p. 317-321, 1980.
- HALLOIN, J.M. Solute loss from deteriorated cotton seed: relationship between deterioration, seed moisture, and solute loss. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 1, p. 11-15, 1975. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500010004x>
- HAMPTON, J.G. & COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance - can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 18, n. 2, p. 215-228, 1990.
- ISTA. International Seed Testing Association. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, 403p, 2004.
- KRZYZANOWSKI, F.C. & MIRANDA, Z.D.F.S. Relatório do comitê de vigor da ABRATES. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 1-25, 1990.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-37, 1991.
- KUO, W.H.J. Delayed - permeability of soybean seeds: characteristics and screening methodology. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 1, p. 131-142, 1989.
- LEE, C.K. & KARUNANITHY, R. Effects of germination on the chemical composition of *Glycine* and *Phaseolus* beans. **Journal Science of Food Agriculture**, v. 51, n. 4, p. 437-445, 1990. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740510403>
- LIN, S.S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 1-6, 1990.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

- LOOMIS, E.L. & SMITH, O.E. The effect of artificial ageing on the concentration of Ca, Mg, Mn, K, and Cl in imbibing cabbage seed. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, S. Joseph, v. 105, n. 5, p. 647-650, 1980.
- LOTT, J.N.A.; CAVDEK, V.; CARSON, J. Leakage of K, Mg, Cl, Ca and Mn from imbibing seeds, grains and isolated seed parts. **Seed Science Research.**, Wallingford, v.1, n. 1, p. 229-233, 1991.
- MARBACH, I. & MAYER, A.M. The effect of temperature change on leakage from pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 36, n. 164, p. 353-358, 1985. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/36.3.353>
- MARCHI, J.L. de; CÍCERO, S.M. Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 12, n. 1-3, p. 20-27, 2002.
- MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 63-75, 2001.
- MARCOS FILHO, J. **Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba, 1979. 180p. (Livre-Docência - ESALQ/USP).
- MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n. 2, p. 33-35, 1994b.
- MARCOS FILHO, J.; AMORIM, H.V.; SILVAROLA, M.B.; PESCARIN, H.M.C. Relação entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. **Anais**. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1982. p.676-683.
- MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R.V.; CÍCERO, S.M.; DEMÉTRIO, C.G.B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja no armazenamento e no campo. **Anais**. ESALQ, Piracicaba, v. 43, p. 389-343, 1986.
- MARCOS FILHO, J.; PESCARIN, H.M.C.; KOMATSU, Y.H.; DEMÉTRIO, C.G.B.; FANCELLI, A.L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a emergência das plântulas em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 5, p. 605-613, 1984.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. da; NOVEMBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.
- MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p. 271-278, 2003.
- MATTHEWS, S. & CARVER, M.F.F. Further studies on rapid seed exudate tests indicative of potential field emergence. **Proc. Int. Seed Test. Ass.**, Norway, v. 36, n. 2, p. 307-312, 1971.
- MATTHEWS, S. & ROGERSON, N.E. The influence of embryo condition on the leaching of solutes from pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27, n. 100, p. 961-968, 1976. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/27.5.961>
- McDONALD Jr., M.B. A review and evaluation of seed vigor testes. **Proc. Assoc. of Off. Seed Anal.**, Lansing, v. 65, p. 109-139, 1975.
- MOSS, G.I. & MULLETT, J.H. Potassium release and seed vigour in germinating (*Phaseolus vulgaris* L.) seed as influenced by temperature over the previous five generations. **Journal of Experimental Botany.**, Oxford, v. 33, n. 137, p. 1147-1160, 1982.
- MULLETT, J.H. & WILKINSON, R.I. The relationship between amounts of electrolyte lost on leaching seeds of *Pisum sativum* and some parameters of plant growth. **Seed Science**

- and **Technology**, Zürich, v. 7, n. 3, p. 393-398, 1979.
- MURPHY, J.B. & NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, n. 2, p. 428-431, 1982.
- NAKAGAWA, N.; CAVARIANI, C.; GUISTEM, J.M. Efeito da adubação fosfatada e potássica no teste de condutividade elétrica de sementes de aveia-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.302-308, 2001.
- PANDEY, D.K. Ageing of French bean seeds at ambient temperature in relation to vigour and viability. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 1, p. 41-47, 1989b.
- PANDEY, D.K. Priming induced alleviation of the effects of natural ageing derived selective leakage of constituents in French bean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 2, p. 391-397, 1989a.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.27, p.945-949, 1999.
- PERRY, D.A. Report of the vigour test committee 1977-1980. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 1, p. 115-126, 1981.
- POWELL, A.A.; KRUISE, M. **Vigour committee report activities (2001-2004)**. International Seed Testing association, 2001. Disponível em <http://www.seedtest.org>. Acesso em: 4 fev. 2002.
- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. Piracicaba, 1992. 125p. (Doutorado - ESALQ/USP).
- QUEIROGA, V.P. & PARRA, N.R. Análises dos eletrólitos nos exsudatos das sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, *Colloquium Agrariae*, v.1, n.1, set. 2005, p. 29-41. DOI: 10.5747/ca.2005.v01.n1.a005
- 6., Brasília, 1989. **Resumos**. Brasília, ABRATES, 1989. 66p.
- RODELLA, A.A. & BORGES, M.T.M.R. **Manual básico para o laboratório sucroalcooleiro**. Piracicaba, 1989. 225p.
- ROVERI, J.S.C.B.; CARVALHO, M.L.M.; RODRIGUES, R. Teste de condutividade para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p. 55-61, 2001.
- SCHOETTLE, A.W. & LEOPOLD, A.C. Solute leakage from artificially aged soybean seeds after imbibition. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 5, p. 835-838, 1984. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050001x>
- SHORT, G.E. & LACY, M.L. Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. **Phytopathology**, Lancaster, v. 66, n. 2, p. 182-187, 1976. <http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-66-182>
- SIDDIQUE, M.A. & GOODWIN, P.B. Conductivity measurements on single seeds to predict the germinability of French beans. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 13, n. 3, p. 643-652, 1985.
- SIMON, E.W. & MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seeds of different species. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 14, n. 1, p. 9-13, 1986.
- SIMON, E.W. & RAJA HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-1085, 1972.
- SREERAMULU, N. Leakage during imbibition by seeds of bambara groundnut (*Voandzeia subterranea* (L.) Thouars) at different stages of loss of viability. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 60, n. 4, p. 265-268, 1983.
- SWAMY, P.M. & NARASIMHA REDDY, S.B. Changes in the leakage of electrolytes from groundnut seeds (*Arachis hypogaea*) during after-ripening. **Seed Science and**

**Technology**, Zürich, v. 5, n. 4, p. 645-648, 1977.

TEKRONY, D.M. & EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 4, p. 573-577, 1977. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700040023x>

TRACY, W.F. & JUVIK, J.A. Electrolyte leakage and seed quality on a shrunken-2 maize selected for improved field emergence. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 2, p. 391-392, 1988.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.2, p. 7-12, 2003.

VIEIRA, R.D. Testes de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. FUNEP, Jaboticabal, SP, 1994. p.103-132.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. FUNEP, Jaboticabal, SP, 1994. p.31-47.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C. ; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 4, p. 1-26.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 2, p. 471-475, 1992. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200020037x>

WANN, E.V. Leaching of metabolites during imbibition of sweet corn seed of different endosperm genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 4, p. 731-733, 1986. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600040020x>

WEGES, R. & KARSSSEN, C.M. The influence of redesiccation on dormancy and K<sup>+</sup> leakage of primed lettuce seeds. **Israel Journal of Botany**, Jerusalém, v. 39, n. 4-6, p. 327-336, 1990.

WOOD, I.M. Response of seedlings of soybean, sunflower and sorghum to added mineral nutrients. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 30, n. 6, p. 833-839, 1990. <http://dx.doi.org/10.1071/EA9900833>

WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 1, p. 127-157, 1973.

WOODSTOCK, L.W.; FURMAN, K.; LEFFLER, H.R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism, and mineral leaching from cottonseeds. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 3, p. 459-466, 1985. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1985.0011183X002500030008x>

YAKLICH, R.W. & ABDUL-BAKI, A.A. Variability in metabolism of individual axes of soybean seeds and its relationship to vigor. **Crop Science**, Madison, v. 15, n.3, p. 424-426, 1975. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500030042x>