

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA E SUA
RELAÇÃO COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

**Jéssica Pavão do Prado
Engenheira Agrônoma**

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA E SUA
RELAÇÃO COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

Jéssica Pavão do Prado

Orientadora: Profa. Dra. Cibele Chalita Martins

Coorientador: Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira

Coorientador: Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski

**Dissertação de mestrado apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
– Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte
das exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).**

2018

P896p Prado, Jéssica Pavão do
Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a
condutividade elétrica / Jéssica Pavão do Prado. -- Jaboticabal, 2018
iii, 29 p.; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientadora: Cibele Chalita Martins

Coorientador: Roberval Daiton Vieira, Francisco Carlos

Krzyzanowski

Banca examinadora: César Martoreli da Silveira, Francisco Guilhien

Gomes Júnior

Bibliografia

1. Germinação. 2. *Glycine max*. 3. Lixiviação de íons. 4. Vigor. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.547.1:633.34

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA E SUA RELAÇÃO COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

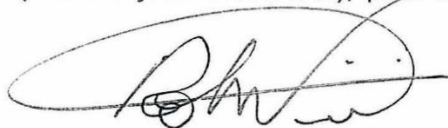
AUTORA: JÉSSICA PAVÃO DO PRADO

ORIENTADORA: CIBELE CHALITA MARTINS

COORIENTADOR: FRANCISCO CARLOS KRZYZANOWSKI

COORIENTADOR: ROBERVAL DAITON VIEIRA


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROBERVAL DAITON VIEIRA
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. FRANCISCO GUILHJEN GOMES JUNIOR
Departamento de Produção Vegetal / ESALQ/USP-Piracicaba/SP



Prof. Dr. CÉSAR MARTORELLA DA SILVA
Colégio Técnico Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de julho de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JÉSSICA PAVÃO DO PRADO – nascida em 12 de março de 1991, na cidade de Londrina, PR. Graduada em Engenharia Agrônômica (2014) pela Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP. Durante a graduação, desenvolveu projetos na área de Fruticultura e Floricultura, com bolsas de Iniciação Científica pela Fundação Araucária – Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná. Realizou estágio curricular na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja Londrina, PR (2014), sob orientação do pesquisador Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski, atuando nas áreas de Produção e Tecnologia de Sementes de Soja. Em março de 2016, ingressou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, sob orientação da Profa. Dra. Cibele Chalita Martins e coorientação do Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira e do Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski, como bolsista CAPES. Desenvolveu a pesquisa de mestrado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja

“As sementes representam a conexão entre o passado e o futuro. Contêm a experiência genética acumulada no passado e o potencial para perpetuar no futuro.”

Prof. Júlio Marcos Filho

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que sempre esteve ao meu lado e me concedeu a realização deste trabalho.

Agradeço à Minha Família, em especial aos Meus Pais Silvano Rodrigues do Prado e Vânia Pavão do Prado, pelas conversas, ajuda nos momentos mais difíceis e companhia em todas as horas. Obrigada por acreditarem sempre em mim e por todos os ensinamentos de vida, que sempre me ajudaram a crescer como pessoa. Espero que esta etapa, que agora termino, possa de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que constantemente me oferecem.

Ao meu esposo Kauhe Júlio Fonseca, agradeço todo o seu amor, carinho, admiração, e pela presença incansável com que me apoiou ao longo desta fase.

À Profa. Dra. Cibele Chalita Martins por sua disponibilidade em me orientar.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira, pelas valiosas sugestões, por todas as oportunidades proporcionadas e exemplo de profissionalismo.

Ao meu coorientador e “pai”, Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski, pela dedicação, amizade, paciência, disponibilidade e principalmente pelos conselhos que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal. Dr. Francisco, muito obrigada por confiar em mim! Sem o seu apoio, nada disso seria possível. O senhor me deu a possibilidade de concretizar sonhos, e a minha gratidão por tudo é eterna!

À minha amiga e mãezona, Vilma Cardoso Luiz Stroka, por todo ensinamento, generosidade, dedicação e disposição em ajudar-me em todos os momentos. Obrigada por sempre estar ao meu lado com seu amor e sabedoria.

À EMBRAPA SOJA, pela colaboração na liberação do laboratório e fornecimento de equipamentos e material para realização das análises.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Fisiologia do Núcleo de Tecnologia de Sementes e Grãos pelo o auxílio na execução das análises.

À amiga Marli de Moraes Gomes pelo convívio maravilhoso e colaboração nos momentos de necessidade.

Ao Prof. Dr. Felipe Batistella Filho, à Prof.^a Dr.^a Viviane Formice Vianna, à Prof.^a Dr.^a Sandra Helena Unêda-Trevisoli, pelas valiosas sugestões apresentadas no Exame Geral de Qualificação que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A todos os meus amigos mais que especiais, que mesmo com a minha ausência fizeram-se presentes com palavras de apoio e vibraram com minhas conquistas. Amigos do meu coração, muito obrigada!

Ao programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

A vocês, todo meu carinho e gratidão.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 A cultura da soja.....	2
2.2 Qualidade de sementes.....	3
2.3 Testes de vigor de sementes.....	4
2.4 Teste de condutividade elétrica.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Avaliação do potencial fisiológico.....	10
3.2 Determinação dos lotes de sementes em níveis de vigor.....	14
3.3 Procedimento estatístico.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Análise de variância.....	16
4.2 Correlação linear de Pearson.....	17
4.3 Regressão linear simples.....	18
5. CONCLUSÕES.....	24
6. REFERÊNCIAS.....	25

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA E SUA RELAÇÃO COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.

RESUMO - Para avaliar o vigor de lotes de sementes são necessários testes de vigor rápidos e eficientes, entre eles destaca-se o teste de condutividade elétrica por ser capaz de detectar a deterioração de semente ainda em sua fase inicial, tendo em vista a desorganização das membranas celulares. Para o teste de condutividade elétrica se estabelecer como parte do programa de controle de qualidade nas empresas produtoras de sementes são necessárias informações que correlacionem níveis de condutividade elétrica com o potencial de desempenho da semente. Desta forma o presente trabalho teve por objetivo o estudo da utilização do teste de condutividade elétrica como alternativa para avaliação de vigor de sementes de soja verificando sua relação com diferentes testes de vigor e assim sugerir valores de condutividade elétrica para determinação de valores ou faixa de valores que indicam o potencial de desempenho de um lote de sementes em campo. Para tanto, foram utilizadas sementes de soja de quatro cultivares - BRS 388 RR, BRS 1010 IPRO, BRS 1001 IPRO e BRS 1007 IPRO, cada um representado por 11 lotes divididos em quatro repetições. As sementes foram avaliadas por meio dos testes de: condutividade elétrica, germinação, tetrazólio, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, classificação do vigor de plântulas, emergência de plântulas em campo e emergência de plântulas em areia. Determinou-se também o teor de água das sementes. O teste de condutividade elétrica apresentou correlação significativa e negativa ($p < 0,01$) para todos os testes avaliados. A análise de regressão linear possibilitou a separação dos lotes de sementes de vigor muito alto: $CE < 70 \mu S.cm^{-1}.g^{-1}$; alto: CE entre 71 a 90 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$; médio: CE entre 91 a 110 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ e baixo: $CE > 111 \mu S.cm^{-1}.g^{-1}$.

Palavras-chave: germinação, *Glycine max*, lixiviação de íons, vigor

PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF SOYBEAN SEEDS AND ITS RELATIONSHIP WITH ELECTRICAL CONDUCTIVITY

ABSTRACT - In order to evaluate the vigor of seed lots, fast and efficient vigor tests are necessary, among them the electrical conductivity test, because it is able to detect the seed deterioration still in its initial phase, in view of the disorganization of the cellular membranes. For the electrical conductivity test to establish as part of the quality control program in the seed producing companies, information is required that correlate levels of electrical conductivity with the potential of seed performance. In this way the present work had the objective of the study of the use of the electrical conductivity test as an alternative to evaluate the vigor of soybean seeds, verifying its relation with different vigor tests and thus to suggest values of electrical conductivity for determination of values or range of values which indicate the potential performance of a field seed batch. For this, soybean seeds of four cultivars - BRS 388 RR, BRS 1010 IPRO, BRS 1001 IPRO and BRS 1007 IPRO were used, each represented by 11 lots divided into four replicates. The seeds were evaluated through the following tests: electric conductivity, germination, tetrazolium, accelerated aging, first germination count, seedling vigor classification, emergence of seedlings in the field and emergence of seedlings in sand. The water content of the seeds was also determined. The electrical conductivity test showed significant and negative correlation ($p < 0.01$) for all tests evaluated. The linear regression analysis allowed the separation of seed lots of very high vigor: CE $< 70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$; high: CE between 71 to 90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$; mean: CE between 91 to 110 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ and low: CE $> 111 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Keywords: germination, *Glycine max*, leaching of ions, vigor

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence à família Fabaceae e é uma das culturas mais importantes na economia mundial. O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, depois dos EUA. A cultura da soja está distribuída em praticamente todas as regiões do território brasileiro, sendo os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul os principais produtores.

O sucesso da cultura da soja está estreitamente ligado ao uso de sementes de alta qualidade que contribuem para obtenção de plântulas de alto vigor, apresentando rápida emergência no campo e uniformidade na instalação da lavoura, garantindo assim ganhos qualitativo e quantitativos de produção.

Para a caracterização da qualidade fisiológica das sementes são utilizados os testes de vigor, que foram criados para fornecer informações adicionais ao teste de germinação. Para a avaliação do vigor de sementes de soja os testes mais utilizados comercialmente são os testes de envelhecimento acelerado e tetrazólio, mas as pesquisas indicam também os testes de condutividade elétrica, comprimento de plântulas, classificação do vigor de plântulas.

Entre os testes indicados pela pesquisa para avaliar vigor de sementes de soja, o teste de condutividade elétrica destaca-se por apresentar base teórica consistente, objetividade, rapidez, facilidade de execução e ser capaz de detectar o início do processo de deterioração da semente. Porém, do ponto de vista prático, este teste demanda estudos adicionais para o estabelecimento de valores padrões como indicativo do nível de vigor do lote.

Desta forma o presente trabalho teve por objetivo o estudo da utilização do teste de condutividade elétrica como alternativa para avaliação de vigor de sementes de soja verificando sua relação com diferentes testes de vigor e assim sugerir valores e faixa de valores de condutividade elétrica que indicam o potencial de desempenho de um lote de sementes em campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a espécie mais cultivada do agronegócio nacional, com uma área significativamente superior às alcançadas pelas demais culturas (Lorini, 2017). O plantio de soja no Brasil, na safra 2017/18, apresentou aumento da área plantada em 3,4%, em relação à safra 2016/17, atingindo 35.046,5 mil hectares e produção de 113.024,6 mil toneladas do grão, o que torna o país o segundo maior produtor mundial desta oleaginosa (CONAB, 2018).

Entre as espécies produtoras de grãos, a soja é a de maior relevância no agronegócio brasileiro e mundial. Os teores médios de óleo e proteína estão em torno de 20 e 40%, respectivamente (Sediyama, 2013). Estes constituintes são utilizados pela indústria alimentícia, farmacêutica e química. Outros produtos derivados da soja incluem farinha, sabão, cosméticos, resinas, solventes, tintas, anticoncepcionais, ração animal e agora utilizada como alternativa para produção de biocombustíveis.

A expansão do mercado de grãos e o sucesso da lavoura de soja dependem de diversos fatores, mas, sem dúvida, o mais importante deles é a utilização de sementes de alta qualidade, que possibilitem a implantação de lavoura com população de plantas adequada, com plantas de alto vigor, e desempenho superior no campo (Anuário Abrasem, 2014).

A semente é considerada o insumo agrícola mais importante, pois conduz ao campo as características genéticas determinantes do desempenho do cultivar, ao mesmo tempo, contribui para o estabelecimento do estande. Desta maneira, a interação melhoramento genético versus organização da população de sementes representa requisito básico para uma agricultura qualificada (França-Neto et al., 2016).

No mercado de produção de sementes, estima-se que a área destinada ao cultivo de soja, visando a produção de sementes, diminuiu nos últimos dois anos, em torno de 1,54%. Apesar disso, a produção do insumo cresceu, saltando de 5.307.006 t na safra 2015/16 para 5.631.457 t na etapa 2016/17, sendo os maiores produtores de

sementes de soja os estados de Goiás, Mato Grosso, Bahia, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (Anuário Brasileiro De Sementes, 2017).

2.2 Qualidade de sementes

O conceito de qualidade de sementes pode ser focado abordando os seus componentes principais: qualidade fisiológica, qualidade genética, qualidade sanitária e qualidade física. Porém, a qualidade de sementes é uma interação de seus componentes que em conjunto determinam os seus atributos (França-Neto, 2009). Assim, a semente de soja para ser considerada de alta qualidade deve apresentar características como alto vigor e germinação, que resulte em adequada emergência de plântulas em campo; sendo geneticamente pura, representando o cultivar que se deseja semear, sem misturas varietais; livre de sementes de plantas daninhas e de patógenos, sejam eles fungos, vírus, nematoides ou bactérias; composta por uma semente pura, livre de material inerte, como contaminantes, fragmentos de plantas, insetos, torrões e outras impurezas (França-Neto et al., 2016).

Para Marcos-Filho (2015a) a produção de sementes de alta qualidade inclui alguns procedimentos: a escolha da região produtora; a seleção das áreas destinadas à produção, atentando às culturas anteriores, isolamento, sanidade, presença de plantas daninhas, localização e acesso, topografia, características de clima e solo; o estabelecimento de plano de sucessão de cultura; a origem e a qualidade das sementes básicas; o manejo da área; as inspeções e erradicação de plantas indesejáveis; o controle de insetos e doenças; a colheita, a secagem e o beneficiamento; as condições de armazenamento e transporte do produto e o estabelecimento de programa integrado de controle de qualidade durante todas as etapas da produção.

O potencial fisiológico reúne informações sobre a germinação (viabilidade) e o vigor das sementes, assim compreende o conjunto de aptidões que permite estimar a capacidade teórica de um lote de sementes manifestar adequadamente suas funções vitais após a semeadura. Desta maneira, as informações sobre a germinação e o vigor, obtidas em laboratório, devem permitir a comparação entre lotes de sementes e avaliar

a probabilidade de sucesso com sua aquisição e utilização. Após a semeadura, constata-se até que ponto manifestou-se o potencial identificado em laboratório e a eficiência dos métodos usados para avaliá-lo (Marcos-Filho, 2011).

O máximo potencial fisiológico é alcançado na maturidade fisiológica das sementes, quando completa o período de máximo acúmulo de massa de matéria seca. De acordo com Krzyzanowski et al. (2008), a qualidade da semente de soja pode ser influenciada pela interação de fatores fisiológicos, físicos, entomológicos e patológicos, que contribuem para um resultado comum: a deterioração da semente.

A deterioração determina o desequilíbrio funcional de tecidos ativos de todos os organismos vivos, provocando a inativação progressiva do metabolismo e culminando com a morte. O declínio da viabilidade de sementes com o decorrer do tempo não é a única manifestação do decréscimo do potencial fisiológico. O processo da germinação torna-se mais lento aumentando a sensibilidade da semente a estresses ambientais antes da viabilidade apresentar decréscimo significativo (Marcos-Filho, 2015a).

Sementes expostas a condições ambientais desfavoráveis podem causar mudanças degenerativas sérias nas atividades metabólicas, iniciando e acelerando o processo deterioração. Estes incluem mudanças na síntese e atividade das mitocôndrias, desnaturação da proteína, diminuição das reservas de armazenamento, aumento dos ácidos graxos livres e redução dos níveis de açúcares, diminuição da atividade enzimática e síntese de proteínas e RNA. A maioria desses eventos é desencadeada pela desorganização e perda de integridade do sistema de membranas celulares causada pela peroxidação lipídica, reduzindo o potencial fisiológico das sementes (Vieira e Krzyzanowski, 1999; Marcos-Filho, 2015b).

2.3 Testes de vigor de sementes

Os testes de germinação e de tetrazólio têm por objetivo a avaliação do potencial de desempenho de lotes de sementes, estes possuem vantagens e limitações. O teste de germinação é o procedimento oficial para avaliar a capacidade das sementes em produzir plântulas normais em condições favoráveis de campo, mas a sua interpretação rotineira não revela as diferenças de qualidade e de desempenho entre lotes de

sementes, que podem se manifestar no armazenamento ou mesmo no campo e o seu resultado possibilita uma superestimativa do potencial fisiológico (Carvalho e Nakagawa, 2000; Marcos-Filho, 1999a; Vieira, 1994a). No entanto, como os desvios em relação às condições ideais de campo são frequentes, é necessária a utilização de outros procedimentos para estimar o potencial fisiológico das sementes (Marcos-Filho, 2013; Vieira, 1994a).

Como complemento ao teste de germinação, os testes de vigor têm se tornado uma ferramenta de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes, na determinação do potencial fisiológico de lotes de sementes. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade para a garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (Vieira et al., 2003). Os testes que avaliam o vigor das sementes de diferentes lotes baseiam-se em aspectos que podem estar relacionados à fisiologia, aos processos metabólicos ou, até mesmo, às características físicas das sementes. Entretanto a eficiência dos testes de vigor depende da escolha adequada do método (Marcos-Filho, 1999a).

O vigor das sementes é a combinação de características que determinam o potencial de alto desempenho após a semeadura. Como consequência, existem várias técnicas para determinar sua avaliação, incluindo aquelas que, direta ou indiretamente, avaliam o atual estado metabólico das sementes para estabelecer uma relação com o armazenamento das sementes e a emergência das plântulas; esses testes incluem condutividade elétrica, tetrazólio e testes que avaliam o crescimento de plântulas. Também são realizados testes com o objetivo de identificar a tolerância das sementes ao estresse, sendo mais utilizados os testes a frio, envelhecimento acelerado e deterioração controlada (Marcos-Filho, 2015b).

De acordo com Baalbaki et al. (2009), manual de vigor da Association of Official Seed Analysts - AOSA, o vigor compreende as propriedades das sementes que determinam o seu potencial para a uma rápida e uniforme emergência e desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla faixa de condições ambientais.

Para a International Seed Testing Association - ISTA (2011) vigor de sementes compreende as propriedades que determinam o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas, em lotes com germinação aceitável, sob ampla faixa de condições ambientais.

O uso de testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes, a partir da maturidade, pois a queda do vigor precede a perda de viabilidade (Dias e Marcos-Filho, 1995).

Segundo Marcos-Filho (1999a) os objetivos básicos dos testes de vigor são:

- Avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação;
- Distinguir, com segurança, lotes de alto dos de baixo vigor;
- Separar (ou classificar) lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional ao comportamento quanto à emergência das plântulas, resistência ao transporte e potencial de armazenamento.

Assim, o uso de um único teste de vigor (fisiológico, bioquímico ou de resistência a estresse), pode gerar informações incompletas, tanto para uma única espécie como para avaliar o potencial de desempenho das sementes sob diferentes condições ambientais (Hampton e Coolbear, 1990).

2.4 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica é citado pela Associação Internacional de Análise de Sementes (ISTA, 2011) como um dos testes de vigor mais promissores, uma vez que apresenta base teórica consistente, objetividade, rapidez, facilidade de execução e possibilidade de ser padronizado como teste rotineiro devido sua reprodutibilidade (Vieira, 1994a; Vieira e Krzyzanowski, 1999).

O princípio do teste de condutividade elétrica baseia-se na integridade das membranas celulares, juntamente com o teste de tetrazólio é classificado como um teste bioquímico. Testes com essa característica merecem destaque, por detectar o

processo de deterioração da semente em sua fase inicial, além de fornecer resultados em 24 h (Delouche e Baskin, 1973).

A perda da integridade das membranas celulares é uma das manifestações iniciais do processo de redução do potencial fisiológico da semente. No caso das sementes ortodoxas, como a soja, essa desorganização ocorre em duas situações, pelo processo de deterioração propriamente dito e, ou em função da redução do teor de água da semente. Assim o teste de condutividade elétrica fundamenta-se no fato de que as sementes, quando colocadas para embeber em água, até a reorganização das membranas celulares, exsudam açúcares, enzimas, nucleotídeos, ácidos graxos, ácidos orgânicos, aminoácidos, proteínas e compostos inorgânicos, como fosfatos e íons de K^+ , Ca^{++} , Na^+ e Mg^{++} . Durante o processo de embebição o sistema de membranas celulares sofre a reorganização das membranas celulares, com o aumento do teor de água. Essa reorganização será maior e mais rápida quanto menor for o nível de deterioração da semente. Conforme afirma Bewley e Black (1994), em sementes deterioradas, esse mecanismo ou velocidade de reorganização está ausente ou é ineficiente, ocorrendo a lixiviação de maior quantidade de eletrólitos (Fessel et al., 2010; Fessel et al., 2006). Assim, com o auxílio de condutímetro é possível mensurar a quantidade de eletrólitos lixiviados na solução de embebição. Considera-se o vigor das sementes inversamente proporcional à leitura da condutividade elétrica (Vieira, 1994b; Vieira e Krzyzanowski, 1999; Marcos-Filho e Vieira, 2009).

A condutividade elétrica é relatada como um teste bioquímico para avaliar o vigor (Hampton e Tekrony, 1995), mas também, pode-se considerar que a mesma possui basicamente dois princípios: um físico, relacionado à avaliação da corrente elétrica, por meio de uma ponte de condutividade na solução de embebição, e um biológico, que se refere à perda de lixiviados do interior da célula para o meio exterior, envolvendo processos bioquímicos relacionados à integridade das membranas celulares (Vieira, 1994b; Vieira e Krzyzanowski, 1999).

O teste de condutividade elétrica pode ser realizado pelo método de massa ou individual, sendo que no primeiro, uma amostra de sementes, após certo período de imersão em água, indicará o nível de vigor da amostra. No método individual, cada

semente é colocada para embeber em água, em compartimentos individualizados, sendo que o resultado expressa a situação de cada semente (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A ISTA (2011) considera padronizado o método de massa do teste de condutividade elétrica, para sementes de ervilha, soja e feijão. A AOSA prescreve o teste para sementes de ervilha e soja. No Brasil o teste de condutividade elétrica tem sido estudado como um teste de vigor com resultados promissores para semente de soja (Vieira, 1994b; Vieira e Krzyzanowski, 1999; Marcos-Filho e Vieira, 2009; Vieira et al., 2003).

Barros e Marcos-Filho (1997) em estudos de comparação de testes para avaliações rápidas de vigor de sementes de soja observaram a eficiência do teste de condutividade elétrica na separação de lotes em diferentes níveis de qualidade e o potencial de emergência das plantas em campo. Também ressaltaram a eficácia do teste na obtenção de informações rápidas e aplicáveis em programas de controle de qualidade de semente de soja.

Schuab et al. (2006) em estudos realizados também com soja constataram que, entre outros testes de vigor, o teste de condutividade elétrica apresenta sensibilidade para diferenciar o potencial fisiológico dos genótipos avaliados. Para Vieira et al. (1999) o teste de condutividade elétrica permite estimar com alto grau de precisão o desempenho de lotes de sementes de soja em campo, dependendo das condições climáticas presentes.

Trabalhos para determinar valores de referência no intuito de diferenciar o vigor de lotes de sementes pelo teste de condutividade elétrica vêm sendo realizado para algumas espécies, como o girassol (Szemruch et al., 2015) e o soja (Vieira, 1994a; Vieira et al. 1999; Vieira et al., 2004; Colete et al., 2004).

O desenvolvimento de trabalhos em busca da identificação desses valores de referência é muito importante, pois permite o estabelecimento de parâmetros associados ao nível de vigor de lotes de sementes, a comparação com resultados obtidos em outros testes e, conseqüentemente, o estabelecimento de padrões a serem seguidos em programas internos de controle de qualidade nas empresas produtoras de

sementes. Por esse motivo, há necessidade da intensificação dessas pesquisas, sempre associando valores à porcentagem de emergência das plântulas em campo (Vieira et al., 1994ab, 2004; Colete et al., 2004; Marcos-Filho, 2015a).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fisiologia do Núcleo de Tecnologia de Sementes e Grãos e no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja, Londrina/PR (23° 28'44,72" S, 50° 59'03,24"O). Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) safra 2015/16, dos cultivares BRS 1001 IPRO, BRS 1007 IPRO, BRS 1010 IPRO e BRS 388 RR, cada um representado por 11 lotes oriundos de empresas produtoras de sementes do Estado do Paraná, que foram divididos em quatro repetições, por meio do homogeneizador e divisor de amostras *Boerner*.

As sementes foram armazenadas em câmara fria e seca (10 °C, 50-60% UR) durante toda a condução do experimento.

Inicialmente, determinou-se o teor de água das sementes (Tabela 1), empregando-se o método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

3.1 Avaliação do potencial fisiológico

Condutividade elétrica (CE): avaliada pelo método de massa, foram utilizadas 10 subamostras de 50 sementes por repetição, por lote. As sementes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, imersas em 75 mL de água desionizada, em copos de plástico (200 mL) e mantidas em câmara de germinação a 25 °C por 24 h. Após o período de embebição das sementes determinou-se a condutividade elétrica das soluções de embebição em um condutímetro Digimed DM-32. A avaliação foi realizada em ambiente com temperatura controlada, 25 °C sem corrente de ar e o aparelho conectado à uma corrente elétrica constante. Os resultados obtidos foram divididos pela massa das 50 sementes, e expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes (Marcos-Filho e Vieira, 2009).

Germinação (G): conduzido com quatro subamostras de 50 sementes por repetição por lote. As sementes foram distribuídas em rolos de papel de germinação,

tipo “Germitest”, umedecidos com volume de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram mantidos em gabinetes, dentro da câmara de germinação, ajustada para 25 °C conforme Brasil (2009), exceto que as avaliações foram realizadas no quinto dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, como prática rotineira do laboratório de análise de sementes da Embrapa Soja.

Primeira contagem de germinação (PCG): na execução do teste foram utilizados os mesmos procedimentos do teste de germinação, registrando a porcentagem de plântulas normais maiores que 3,75 cm obtidas no terceiro dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (Tekrony et al., 1987).

Classificação do vigor de plântulas (CVP): Foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes por repetição, juntamente com o teste de germinação. As plântulas normais foram classificadas como fortes (vigorosas) ou fracas (pouco vigorosas), sendo estas, aquelas que apresentaram algum problema em sua estrutura ou possuíam lesões, mas que não se caracterizaram como anormalidade à plântula conforme descrito por Nakagawa (1999). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas “fortes”.

Tetrazólio (TZ): conduzido com duas subamostras de 50 sementes por repetição por lote. Inicialmente as amostras foram pré-condicionadas em papel de germinação umedecido e mantidas por 16 h em germinador a 25 °C. Decorrido este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos (50 mL), imersas em solução de sal de tetrazólio (0,075%) e mantidas durante 2,5 h no interior da estufa a 40 °C. Após a coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e avaliadas segundo critérios descritos por França-Neto et al. (1999). Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis e vigorosas.

Envelhecimento acelerado (EA): as sementes foram distribuídas sobre telas de inox, em camada única, colocadas dentro de caixa de plástico (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), contendo no fundo 40 mL de água e mantidas a temperatura de 41 °C por 24 h (Costa et al., 1984), no interior de uma câmara de envelhecimento. Após o envelhecimento,

quatro subamostras de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia já descrita. Após o período de envelhecimento, foi determinado o teor de água das sementes (Tabela 1) pelo método de estufa (Brasil, 2009), para verificar a uniformidade da umidade, conseqüentemente, a qualidade de condução do teste quanto à taxa de embebição e de deterioração das sementes (Marcos-Filho, 1999b).

Tabela 1. Valores de teor de água inicial (TAI) e após envelhecimento acelerado (TAEA) de 11 lotes de sementes de soja, dos cultivares - BRS 388 RR, BRS 1010 IPRO, BRS 1001 IPRO e BRS 1007 IPRO.

Cultivar	Lote	Teor de Água (%)		Cultivar	Lote	Teor de Água (%)	
		TAI	TAEA			TAI	TAEA
BRS 388	1	10,6	22,4	BRS 1001	1	9,7	21,9
	2	10,2	21,5		2	9,7	21,6
	3	10,5	21,6		3	9,4	21,4
	4	10,4	22,0		4	9,5	22,3
	5	10,2	21,6		5	9,7	22,1
	6	10,4	21,9		6	9,5	22,5
	7	10,9	22,6		7	9,3	21,6
	8	10,4	21,7		8	9,4	22,6
	9	10,2	21,5		9	9,1	22,9
	10	10,1	21,7		10	9,3	22,9
	11	10,1	22,2		11	9,8	21,7
BRS 1010	1	9,8	21,7	BRS 1007	1	9,8	23,1
	2	9,7	21,6		2	9,5	20,0
	3	10,1	22,1		3	8,9	21,8
	4	10,3	22,7		4	8,9	23,2
	5	10,1	22,0		5	9,1	23,9
	6	10,1	22,0		6	8,9	22,1
	7	10,1	21,9		7	8,8	22,8
	8	10,1	18,9		8	8,6	23,1
	9	10,1	21,6		9	8,7	23,2
	10	11,0	21,2		10	8,7	21,5
	11	9,5	20,8		11	8,4	22,4

Emergência de plântulas em campo (EPC): o teste foi conduzido na fazenda experimental da Embrapa Soja, Londrina/PR (23° 28'44,72" S, 50° 59'03,24" O). O teste foi realizado com quatro subamostras de 100 sementes por repetição, por lote. A semeadura foi realizada em 01/11/2016, sendo que as sementes foram tratadas com

fungicida e inseticida (Standak[®]) e distribuídas em sulcos de 4 m de comprimento, com 5 cm de profundidade. A distância entre os sulcos foi de 30 cm e a semeadura ocorreu em solo úmido. Os dados de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (%), referentes ao período de condução do teste, estão apresentados na Tabela 2. A contagem de plântulas emergidas foi efetuada aos 15 dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas emergidas (Nakagawa, 1994).

Tabela 2. Temperaturas máxima e mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar observadas no período de 26 de outubro a 15 de novembro de 2016, em Londrina - PR, durante a condução do teste de emergência de plântulas em campo.

Mês	Dia	Temperatura do ar (°C)		Umidade relativa do ar (%)	Precipitação pluviométrica (mm)
		Máxima	Mínima		
Outubro	26	22,7	18,0	94,0	37,2
	27	23,0	15,4	83,2	1,6
	28	23,4	10,7	65,7	0,0
	29	25,1	11,3	67,7	0,0
	30	28,5	13,3	75,2	0,0
	31	30,4	14,5	78,4	0,0
	1*	30,4	18,1	74,8	0,0
	2	28,4	16,2	88,3	5,6
	3	26,6	16,9	85,7	0,0
	4	27,6	16,7	81,5	0,0
	5	28,5	14,5	72,8	0,0
Novembro	6	30,3	15,2	76,8	0,2
	7	30,1	17,8	81,6	2,3
	8	30,2	18,1	75,4	1,6
	9	32,7	20,9	67,4	0,8
	10	32,8	20,5	68,1	0,0
	11	29,5	17,9	82,0	5,5
	12	22,2	15,9	96,4	1,3
	13	20,8	15,1	95,9	0,3
	14	27,2	16,8	80,4	0,0
	15	28,8	17,3	75,4	0,0

* Semeadura em campo

Emergência de plântulas em areia (EPA): realizado com duas subamostras de 100 sementes por repetição por lote. O teste foi conduzido em casa de vegetação,

utilizando caixas plásticas contendo areia como substrato e irrigação sempre que necessária. No final do teste, aos 12 dias, foi realizada a contagem de plântulas normais e determinada a porcentagem de emergência de plântulas em areia (Nakagawa, 1994).

3.2 Indicações dos níveis de vigor para lotes de sementes de soja

As indicações dos níveis de vigor de sementes de soja pelo teste de CE foram definidas com base no desempenho dos lotes observados no teste de germinação e demais testes avaliados e também considerando referências de valores de alguns autores como Vieira (1994b); Vieira et al. (2004) e Colete et al. (2004) foi possível separar os lotes de sementes de soja em diferentes níveis de vigor.

3.3 Procedimento estatístico

O valor de cada repetição utilizada para análise estatística foi o resultado da média de 10 subamostras para o teste de condutividade elétrica, de duas para os testes de tetrazólio e emergência de plântulas em areia, e quatro para os testes de germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, classificação do vigor de plântulas e emergência de plântulas em campo.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado para os testes de laboratório e blocos casualizados para o teste de emergência de plântulas em campo, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando-se o software SASM - Agri (Canteri, 2001).

Para avaliar a força de correlação entre as variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson (r), calculados por meio das planilhas de cálculo do Excel e classificados conforme (Tabela 3) interpretação de Zou et al. (2003).

Tabela 3. Valores do coeficiente de correlação e sua interpretação.

Valor de r	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Adaptado de Zou et al. (2003) e Santorum (2011).

Os coeficientes de correlação (ρ) foram considerados significativos a 1% de probabilidade pelo teste T.

Foi efetuada a análise de regressão linear simples relacionando a variável independente, condutividade elétrica, com as variáveis dependentes: germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em campo, tetrazólio viabilidade, tetrazólio vigor, classificação do vigor de plântulas, emergência de plântulas em areia. As equações obtidas foram submetidas ao teste de F, testando sua significância, utilizado a planilha de cálculos do Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância

Os resultados da análise de variância para as variáveis condutividade elétrica, germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, tetrazólio viabilidade e vigor, classificação do vigor de plântulas, emergência de plântulas em areia (Tabela 4) e emergência de plântulas em campo (Tabela 5) apresentaram valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. Os valores do coeficientes de variação (CV) foram baixos para a maioria das variáveis, indicando alta precisão experimental, exceto para a variável classificação do vigor de plântulas, que apresentou médio CV, de acordo com o proposto por Pimentel-Gomes e Garcia (2002), onde considera o CV baixo, se inferior a 10%; médio quando de 10 a 20%; alto quando de 20 a 30%; muito alto acima de 30%.

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis de condutividade elétrica (CE), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem de germinação (PCG), tetrazólio viabilidade (TZVB), tetrazólio vigor (TZVG), classificação do vigor de plântulas (CVP), emergência de plântulas em areia (EPA).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		CE **	G **	EA **	PCG **
Tratamento	43	1821,453	233,626	310,550	340,468
Resíduo	132	23,485	7,720	11,822	9,284
Teste F ^(Calculado)		77,558	30,264	26,269	36,672
C.V. (%)		5,18%	3,24%	4,14%	3,70%
Média Geral		93,642	85,727	83,148	82,455
Fonte de Variação	GL	TZVB **	TZVG **	CVP **	EPA **
Tratamento	43	192,958	315,143	601,826	172,633
Resíduo	132	6,479	11,129	79,837	17,066
Teste F ^(Calculado)		29,781	28,318	7,538	10,115
C.V. (%)		2,85%	4,04%	15,88%	4,72%
Média Geral		89,358	82,648	56,250	87,483

** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste de F. (F tab (43,132, P=0,01) = 1,7256)

Tabela 5. Resumo da análise de variância da variável emergência de plântulas em campo (EPC).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios EPC **
Blocos	3	60,581
Tratamento	43	322,460
Resíduo	129	13,612
Teste F (Calculado p/ Blocos)		4,450
Teste F (Calculado p/ tratamentos)		23,689
C.V. (%)		5,23%
Média Geral		70,551

** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

4.2 Correlação linear de Pearson

Na Tabela 6 estão apresentados os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre variáveis condutividade elétrica, germinação, tetrazólio vigor, tetrazólio viabilidade, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, classificação do vigor de plântulas, emergência de plântulas em campo e areia, com resultados obtidos com base nas médias dos 44 lotes de sementes de soja.

Tabela 6. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de condutividade elétrica (CE) e germinação (G), tetrazólio vigor (TZVG), tetrazólio viabilidade (TZVB), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem de germinação (PCG), classificação do vigor de plântulas (CVP), emergência de plântulas em campo (EPC) e areia (EPA).

	CE	EPA	EPC	CVP	PCG	EA	TZVB	TZVG
G	-0,81	0,84	0,83	0,71	0,87	0,92	0,92	0,91
TZVG	-0,84	0,84	0,91	0,69	0,85	0,88	0,89	-
TZVB	-0,65	0,71	0,76	0,64	0,79	0,81	-	-
EA	-0,86	0,90	0,81	0,69	0,84	-	-	-
PCG	-0,78	0,83	0,79	0,57	-	-	-	-
CVP	-0,62	0,63	0,71	-	-	-	-	-
EPC	-0,79	0,83	-	-	-	-	-	-
EPA	-0,85	-	-	-	-	-	-	-

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de T.

A partir da Tabela 6 pode-se observar que o teste de condutividade elétrica

apresentou correlação significativa ($p < 0,01$) e negativa com os testes de vigor e com o teste de germinação, ou seja, no teste de condutividade elétrica, as sementes que apresentaram menor lixiviação de solutos e, conseqüentemente menor valor de condutividade elétrica são as mais vigorosas, sendo inversamente proporcional às demais variáveis, portanto, apresentaram correlação negativa com os demais testes.

Nenhum dos testes apresentou correlação muito forte com o teste de condutividade elétrica, porém a condutividade elétrica apresentou forte correlação negativa com os testes de germinação ($r = -0,81$), tetrazólio vigor ($r = -0,84$), envelhecimento acelerado ($r = -0,86$), primeira contagem de germinação ($r = -0,78$) emergência de plântulas em campo ($r = -0,79$) e emergência de plântulas em areia ($r = -0,85$). Barros e Marcos-Filho (1997), Barbieri et al. (2013), Schuab et al. (2006) e Matera (2018) trabalhando com sementes de soja, também encontraram correlação negativa forte entre o teste de condutividade elétrica e os testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em campo.

Ao analisar a correlação do teste de condutividade elétrica com os testes de tetrazólio viabilidade e o teste de classificação do vigor de plântulas, nota-se que estes apresentaram coeficiente de correlação moderado e negativo ($r = -0,65$) e ($r = -0,62$), respectivamente.

Correlação moderada entre o teste de condutividade elétrica e os testes de tetrazólio vigor e viabilidade, emergência de plântulas em campo e areia foi observado por Schuab et al. (2006).

4.3 Regressão linear simples

A Tabela 7 apresenta as equações calculadas a partir do teste de condutividade elétrica como variável independente, e dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em campo, tetrazólio vigor, tetrazólio viabilidade, classificação do vigor de plântulas, emergência de plântulas em areia, como variável dependente.

O teste F foi significativo a 1% para todas as equações estimadas. As variáveis dependentes apresentaram coeficientes de determinação (R^2) satisfatório. Sendo que a

variável dependente envelhecimento acelerado ($R^2=74\%$) apresentou o maior coeficiente de determinação e a variável dependente classificação do vigor de plântulas ($R^2=38\%$) o menor, nesse caso, explicando o modelo matemático com menor precisão.

Tabela 7. Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as variáveis germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem de germinação (PCG), emergência de plântulas em campo (EPC), tetrazólio vigor (TZVG), tetrazólio viabilidade (TZVB), classificação do vigor de plântulas (CVP), emergência de plântulas em areia (EPA) em função do teste de condutividade elétrica (CE).

Equação	Teste de F	R^2
$Y = \beta_0 + \beta_1 X$		
G = 113,04 - 0,29 CE	82,71**	0,66
EA = 116,45 - 0,36 CE	120,61**	0,74
PCG = 113,94 - 0,34 CE	64,27**	0,60
EPC = 101,61 - 0,33 CE	68,90**	0,62
TZVG = 115,41 - 0,35 CE	101,63**	0,71
TZVB = 109,22 - 0,21 CE	31,02**	0,42
CVP = 89,56 - 0,36 CE	26,08**	0,38
EPA = 111,86 - 0,26 CE	105,28**	0,71

** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste de F.

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica e os resultados obtidos e estimados através da equação de regressão de cada variável testada.

Tabela 8. Distintos níveis de condutividade elétrica e desempenho fisiológico de sementes de soja estimado através da equação de regressão linear simples.

Nível de Vigor	G		EA		PCG		EPC		TZVB		TZVG		CVP		EPA		
	CE	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O
Muito alto	50,00	98		99		97		85		99		98		72		99	
	55,00	97		97		95		83		98		96		70		98	
	58,28	96	98	96	97	94	98	82	80	97	99	95	96	69	84	97	96
	59,56	96	95	95	97	94	98	82	78	97	96	95	93	68	46	96	98
	60,09	96	96	95	95	94	98	82	79	96	98	94	96	68	85	96	96
	63,37	95	97	94	97	93	98	81	82	96	97	93	95	67	64	95	97
	63,47	95	96	94	97	93	97	81	78	96	98	93	95	67	72	95	98
	64,03	94	96	94	97	92	98	80	82	96	97	93	88	67	66	95	99
	65,00	94			93		92		80		95		93		66		95
70,00	93			92		90		78		94		91		65		94	
Alto	72,87	92	89	91	86	89	83	77	74	94	89	90	85	64	65	93	87
	74,60	91	93	90	92	89	87	77	76	93	94	89	88	63	62	92	92
	74,67	91	96	90	95	89	91	77	80	93	97	89	92	63	77	92	96
	75,92	91	91	89	89	88	89	76	78	93	94	89	89	63	65	92	92
	76,24	91	87	89	81	88	84	76	72	93	91	89	88	62	48	92	86
	77,48	90	92	89	91	88	73	76	79	93	91	88	85	62	74	92	93
	78,16	90	85	89	79	88	81	76	71	93	87	88	84	62	60	92	88
	80,00	90			88		87		75		92		87		61		91
	82,83	89	91	87	88	86	83	74	76	92	95	86	91	60	53	90	88
	84,66	88	91	86	93	85	84	74	73	91	92	86	88	59	46	90	91
	85,12	88	91	86	85	85	89	73	76	91	95	86	90	59	60	90	87
	85,97	88	81	86	81	85	79	73	64	91	88	85	82	59	50	89	87
	87,31	88	90	85	82	85	89	73	78	91	92	85	87	59	59	89	92
	87,75	87	88	85	84	84	83	73	73	91	90	85	84	58	41	89	91
89,79	87	90	85	88	84	80	72	76	90	93	84	86	58	71	88	88	
90,00	87			84		84		72		90		84		58		88	
Médio	94,74	85	85	83	84	82	83	70	77	89	93	82	86	56	58	87	87
	95,48	85	81	82	80	82	77	70	72	89	86	82	81	56	56	87	84
	96,28	85	89	82	88	82	87	70	73	89	95	82	88	55	62	87	93
	98,70	84	75	81	76	81	77	69	61	88	80	81	74	54	39	86	77
	99,52	84	73	81	73	80	66	69	59	88	76	81	70	54	53	86	79
	99,92	84	89	81	83	80	80	68	74	88	93	80	82	54	72	86	87
	100,32	84	81	81	76	80	80	68	70	88	85	80	80	54	45	86	89
	101,60	83	83	80	80	80	84	68	76	88	89	80	82	53	59	85	90
	101,82	83	89	80	88	80	84	68	57	88	90	80	78	53	50	85	88
	102,19	83	85	80	79	80	82	68	72	88	92	80	87	53	49	85	89
	102,40	83	82	80	81	80	78	68	72	88	91	80	86	53	65	85	86
	103,74	83	82	80	85	79	82	67	71	87	91	79	85	53	52	85	87
	103,82	83	85	80	77	79	78	67	62	87	90	79	81	53	46	85	79
	103,92	83	86	79	80	79	85	67	77	87	91	79	86	53	57	85	88
	104,49	83	70	79	72	79	69	67	58	87	72	79	65	52	41	85	81
	105,00	82			79		79		67		87		79		52		85
	106,84	82	86	78	82	78	84	66	77	87	91	78	85	52	47	84	85
	107,16	82	88	78	89	78	87	66	79	86	91	78	86	51	71	84	88
110,00	81			77		77		65		86		77		50		83	

Continuação Tabela 8.

Nível de Vigor	G		EA		PCG		EPC		TZVB		TZVG		CVP		EPA	
	CE	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O	E O		
Baixo	115,12	79 74	76 76	75 73	63 57	85 73	75 67	49 40	82 87							
	116,53	79 80	75 75	82 63	62 85	80 75	74 48	53 82	82 82							
	118,46	78 84	74 79	74 78	62 58	84 90	74 73	47 47	81 85							
	120,00	78	74	74	62	84	73	47	81							
	122,08	77 83	73 70	73 84	61 62	83 87	73 71	46 45	80 77							
	125,00	77	72	72	60	83	72	45	79							
	127,08	76 69	71 66	71 67	59 61	82 71	71 66	44 44	79 80							
	130,00	75	70	70	58	82	70	43	78							
	135,00	74	68	69	57	81	68	42	77							
	140,00	72	67	67	55	80	66	40	75							
	145,00	71	65	65	54	78	65	38	74							
	147,66	70 71	64 68	64 66	53 47	78 84	64 64	37 40	73 71							
	148,26	70 73	64 62	64 57	52 49	78 83	64 64	37 40	73 72							
	150,00	69	63	64	52	77	63	36	73							

Condutividade elétrica (CE), germinação (G), tetrazólio viabilidade (TZVB), tetrazólio vigor (TZVG), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem de germinação (PCG), classificação do vigor de plântulas (CVP), emergência de plântulas em campo (EPC) emergência de plântulas em areia (EPA), estimado (E) e obtido (O).

Observa-se (Tabela 8) para as variáveis avaliadas que as equações estão ajustadas satisfatoriamente, pois os resultados esperados de maneira geral têm a mesma tendência dos resultados obtidos. Matera (2018) trabalhando com sementes de soja também encontrou precisão entre as variáveis avaliadas, ocorrendo destaque para os testes de condutividade elétrica e porcentagem de emergência de plântulas em campo, sendo envelhecimento acelerado a variável dependente.

Verificou-se que os menores valores de lixiviação corresponderam aos maiores valores de germinação, tetrazólio vigor e viabilidade, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, classificação do vigor de plântulas, emergência de plântulas em campo e areia, mostrando ser o teste de condutividade elétrica um bom indicador do potencial fisiológico de sementes (Tabela 8).

Os valores de condutividade elétrica relacionado aos demais testes de vigor estimados pela regressão linear simples foram eficientes para a separação dos lotes de sementes de soja em diferentes níveis de vigor: **muito alto**, lotes que apresentaram CE < 70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$; **alto**, lotes com CE entre 71 a 90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, sendo possível observar para esses dois níveis de vigor um bom desempenho dos lotes de sementes

em campo, sob condições de baixa umidade do solo, conforme ocorreu com o ensaio de emergência de plântulas em campo; **médio**, lotes que apresentam CE entre 91 a $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ sendo lotes inapropriados para semeadura sob condições de deficiência hídrica em campo e **baixo**, lotes que apresentaram CE $> 111 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, sendo considerados lotes inviáveis para semeadura. Classificações semelhantes foram mencionadas para sementes de soja por Vieira (1994b) indicando lotes de sementes com valores de CE entre $60\text{-}70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ como de alto vigor, entre 70 a $80 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ como de vigor médio. Para sementes de girassol Szemruch et al. (2015) propôs CE $<70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ alto vigor, 70 a $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ vigor intermediário e CE $> 110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ vigor baixos.

Estudos da relação entre os resultados do teste de condutividade elétrica e de emergência de plântulas de soja em campo e no laboratório, permitiram concluir que lotes de sementes apresentando valores de CE até $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ podem ser considerados lotes de alto desempenho desde que submetidos a condições ambientais de campo adequadas, sem estresse, já para lotes de sementes exposto a pequena restrição hídrica, o limite crítico para CE é de $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Vieira et al., 2004). Dentro do mesmo contexto, Colete et al. (2004) descreveram a necessidade de inferir o potencial de desempenho das sementes e para quais condições, um determinado lote de sementes pode ser recomendado.

A restrição ao uso rotineiro de teste de condutividade como teste de vigor tem como focos a falta de referência, valor ou faixa de valores que indica um lote ser de alto, médio ou baixo vigor, e também o entendimento dos usuários em relação aos resultados, que são em uma unidade de menor entendimento pela comunidade, visto que os principais testes utilizados, apresentam seus resultados em porcentagem.

Uma possibilidade para definir padrão de vigor de sementes de soja pelo teste de condutividade elétrica é proceder de modo semelhante à proposta feita para sementes de ervilha (Powell e Matthews, 1981), ou seja, que os níveis de vigor pela condutividade elétrica possam indicar o desempenho em campo dos lotes de sementes de soja, em função das condições ambientais. Foi dentro deste princípio que se

elaborou a Tabela 9 com valores e orientações sobre o uso dos lotes de sementes de soja.

Tabela 9. Indicações do uso de lotes de sementes de soja, em função do valor da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) do lote.

CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	Vigor	Indicação de uso do lote de sementes
< 70	Muito Alto	Bom desempenho dos lotes de sementes em campo, sob condições de baixa umidade do solo
71 a 90	Alto	
91 a 110	Médio	Lotes inapropriados para semeadura sob condições de deficiência hídrica em campo
> 111	Baixo	Lotes inviáveis para semeadura.

5. CONCLUSÕES

O teste de condutividade elétrica apresenta alto potencial de uso em programas de controle de qualidade de lotes de sementes de soja.

O teste de condutividade elétrica possibilitou a separação de lotes de sementes em níveis de vigor: muito alto CE < 70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$; alto CE entre 71 a 90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$; médio CE entre 91 a 110 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$; baixo CE > 111 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, relacionados ao desempenho em campo e nos testes de avaliação do potencial fisiológico dos lotes de sementes de soja.

6. REFERÊNCIAS

ANUARIO ABRASEM 2014. Brasília, 2014. 100 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 56 p.

BAALBAKI, R.; SABRY, E.; MARCOS-FILHO, J.; McDONALD, M. B. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: AOSA, 2009. 341 p. (Contribution, 32).

BARBIERI, A. P. P.; MATTIONI, N. M.; HAESBAERT, F. M.; ANDRADE, F. F.; CABRERA, I. C.; MERTZ, L. M. Teste de condutividade elétrica individual em sementes de soja e a relação com emergência de plântulas a campo. **Interciência**, v. 38, n. 4, p. 310-315, 2013.

BARROS, A. S. R.; MARCOS-FILHO, J. Testes para avaliação rápida do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 288-294, 1997.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2. ed., New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

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. 399p.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, p. 18-24, 2001.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 424p.

COLETE, J. C.; VIEIRA, R. D.; DUTRA, A. S. Electrical conductivity and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 386-391, 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. v. 5, n. 6, mar. 2018. 125p.

COSTA, N. P.; PEREIRA, L. A. G.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; BARRETO, J. N.; PRADERI, E. V. Padronização do teste de envelhecimento precoce. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1983/84**. Londrina, 1984. p. 119-120.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science & Technology**, v. 1, p. 427-452, 1973.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 26-36, 1995.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; PAULA, R. C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

FRANÇA-NETO, J. B. Evolução do conceito de qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 76-80, 2009.

FRANÇA-NETO, J. B. Testes de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 8, p. 1-28.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

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.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: International Seed Testing Association. 2011.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. **O controle de qualidade agregando valor à semente de soja - série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 12 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 54).

LORINI, I. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - Safra 2015/16**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 227 p. (Embrapa Soja. Documentos, 393).

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015a. 659p.

MARCOS-FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015b.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. cap. 3, p. 1-24.

MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor: dimensão e perspectivas. **Seed News**, Pelotas, n. 1, 2011.

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, 1999a. cap. 1, p. 1-21.

MARCOS-FILHO, J.; VIEIRA, R. D. Seed vigor tests: procedures - conductivity tests. In: BAALBAKI, R. et al. (Org.). **Seed vigor tests handbook**. Ithaca: AOSA, 2009. p. 186-200.

MATERA, T.C., **Teste de envelhecimento acelerado e a relação com o potencial fisiológico de sementes de soja**. 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D.A. (Ed.) **Vigour Test Handbook**. Zurich: ISTA, 1981. p. 37-41.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-24.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 21.

SANTORUM, M. **Comparison of tests for analysis of soybean seed vigor and its relationship to field emergence**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA-NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecenaz, 2013. p. 163.

SZEMRUCH, C.; DEL LONGO, O.; FERRARI, L.; RENTERIA, S.; MURCIA, M.; CANTAMUTTO, M.; RONDANINI, D. Ranges of vigor based on the electrical conductivity test in dehulled sunflower seeds. **Research Journal of Seed Science**, n. 8, p. 12-21, 2015.

TEKRONY, D. M., BUSTAMAM, T.; EGLI, D. B.; PFEIFFER, T. W. Effects of soybean seed size, vigor, and maturity on crop performance in row and hill plots. **Crop Science**, v. 27, n. 5, p.1040-1045, 1987.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994b. p. 103-132.

VIEIRA, R. D. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994a. 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.; PAIVA AGUERO, J. A.; PERECIN, D. Electrical conductivity and field performance of soybean seeds. **Seed Technology**, Lincoln, v. 21, n. 1, p. 15-24, 1999.

VIEIRA, R. D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 164-168, 2004.

VIEIRA, R. D.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour - An important component of seed quality in Brazil. **Seed Testing International**, Zurich, n. 126, p. 21-22, 2003.

ZOU, K. H.; TUNCALI, K.; SILVERMAN, S. G. Correlation and simple linear regression. **Radiology**, Oak Brook, v. 227, n. 3, p. 617-622, 2003.