

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal



Dissertação

**Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de
soja, feijão e milho.**

Andréa Bicca Noguez Martins

Pelotas, 2013.

Andréa Bicca Noguez Martins

**Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de
soja, feijão e milho.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Fisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes

Co-orientadoras: Dr^a. Patrícia Marini Madruga

Dr^a. Juliana de Magalhães
Bandeira

Pelotas, 2013.

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

M386a Martins, Andréa Bicca Noguez
Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de soja, feijão e milho / Andréa Bicca Noguez Martins; Dario Munt de Moraes, orientador; Patricia Marini Madruga, Juliana de Magalhães Bandeira, co-orientador. - Pelotas, 2013.
60 f.

Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Respiração. 2.Qualidade fisiológica. 3.Glycine max L.. 4.Phaseolus vulgaris L.. 5.Zea mays L.. I. Moraes, Dario Munt de, orient. II. Bandeira, Patricia Marini Madruga, Juliana de Magalhães, co-orient. III. Título.

CDD: 581.1

Banca Examinadora:

Dr^a. Patrícia Marini Madruga

Dr^a. Cristina Ferreira Larré

Dr^a. Tatiana Raquel Löwe

Dr. Sidnei Deuner

*Aos meus pais Valda e Mário (In Memoriam), ao
meu esposo Charles Martins e minhas filhas
Carolina, Julia e Joana.*
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir essa conquista e por estar ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal por disponibilizar a estrutura física e corpo docente que possibilitaram a realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro.

Às minhas co-orientadoras Dra Patrícia Marini Madruga e Dra. Juliana de Magalhães Bandeira, pela orientação, incentivo, amizade, carinho, dedicação, ensinamentos e apoio em todas as etapas deste trabalho, vocês são o meu estímulo em seguir em frente, meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador, professor Dario Munt de Moraes, pela orientação, confiança e respeito ao longo dessa etapa.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação pelos ensinamentos.

Ao professor Dr. Valmor João Bianchi pela confiança, amizade e ensinamentos, meu agradecimento.

A todos os membros da minha família que de um modo ou de outro contribuíram para realização desse trabalho, obrigada pelo apoio e incentivo.

Ao meu esposo Charles Martins, pelas angústias e preocupações que passou comigo, pelo amor, companheirismo, carinho e estímulo, dedico-lhe essa conquista com muita gratidão.

A minha mãe Valda e aos meus irmãos Adriana e Everton pelo apoio, compreensão e estímulo para continuar meus estudos e nunca desistir de alcançar meus objetivos, muito obrigada.

Aos meus sogros Wilson e Leda pelo incentivo, muito obrigada.

Às minhas três filhas Carolina, Julia e Joana, pela compreensão nos momentos de preocupações, cansaço e muitas vezes ausência, estímulo de seguir em frente e superar as dificuldades, agradeço muito pelo apoio e por sempre estar ao meu lado.

Aos funcionários Luisa Meireles e Rudinei Teixeira sempre dispostos a ajudar e auxiliar no trabalho, a querida Sandra Hinz por todos os momentos agradáveis e de ajuda, em especial ao meu companheiro de todos os momentos ao estagiário Renan Rodrigues Quineper pela ajuda no trabalho e agradável convivência, muito obrigada.

A todos meus amigos e amigas pela ajuda, companhia agradável, grande amizade e apoio, principalmente Caroline Moraes, Cristina Larré, Caroline Marques Castro, pois sempre que preciso me estenderam a mão, agradeço de coração.

A todos meus colegas de mestrado, em especial a Fernanda Tonel, Fabíola Kruger, Fabiana Fonseca, Carlos Davi e Davi Dalberto pela colaboração, conhecimentos compartilhados, agradáveis momentos e amizades conquistadas.

A todos os colegas do programa de pós-graduação, e aos amigos que conquistei com os quais convivi e com quem muito aprendi.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas certamente, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

MARTINS, Andréa Bicca Noguez. **Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de soja, feijão e milho.** 2013, 60f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A qualidade fisiológica de sementes é normalmente avaliada por testes padrão de germinação e vigor, contudo, em lotes com alto grau de heterogeneidade, estes testes podem apresentar baixa sensibilidade, sendo necessária a obtenção de resultados confiáveis em curto período de tempo, garantindo rapidez na tomada de decisões em relação à qualidade fisiológica de sementes. Diante disso, este trabalho teve como objetivo separar lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor, por meio da atividade respiratória. Para isso, três lotes de sementes destas culturas foram submetidas aos testes padrão de viabilidade e vigor, tais como germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, condutividade elétrica, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência em casa de vegetação, comprimento e massa seca da parte aérea e das raízes das plântulas oriundas dos testes de germinação e de emergência de plântulas e atividade respiratória. De acordo com os resultados dos testes padrão de qualidade fisiológica, para sementes de soja foi evidenciado o lote dois como o mais vigoroso e para as sementes de feijão e milho o lote três, corroborando com as respostas encontradas através da atividade respiratória das sementes. Portanto, é possível concluir que a atividade respiratória permite separar lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor.

Palavras-chave: respiração, qualidade fisiológica, *Glycine max* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L.

ABSTRACT

MARTINS, Andréa Bicca Noguez . **Respiratory activity for the separation of lots of seeds soybean, beans and corn.** 2013, 60f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The seed quality is usually assessed by patterns of germination and vigor, however, on lots with a high degree of heterogeneity, these tests may show low sensitivity. So, it is necessary to obtain reliable results in short time, ensuring the speediness in decision in relation to the seed quality. Thus, this work was developed aiming to separate seed lots of soybean, bean and corn, according to its vigour through the respiratory activity. For this, three seed lots of crops, were submitted patterns of seed quality, such as germination, first count germination, germination speed index, electrical conductivity, emergency seedlings in the greenhouse, speed emergency, length and dry mass of shoots and roots of seedlings from the germination tests and emergency of seedlings and respiratory activity. According to the results of patterns of physiological quality of soybean seeds was evidenced lot two as the most vigorous and seeds of beans and corn, lots three corroborating with the results regarding the respiratory activity of the seeds. Therefore, we conclude that the respiratory activity allows to separate lots of seeds of of soybean, bean and corn according to its vigour.

Keywords: respiration, physiological quality, *Glycine max* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Porcentagem de germinação (G%), (B) primeira contagem de germinação (PCG) e (C) índice de velocidade de germinação (IVG) de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....55
- Figura 2.** (A) Condutividade elétrica (CE) em três e (B) 24 horas de incubação de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....56
- Figura 3.** (A, B) Comprimento e massa seca da parte aérea (CPA; MSPA) e (C, D) das raízes (CR; MSR) de plântulas de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....57
- Figura 4.** (A) Emergência de plântulas e (B) índice de velocidade de emergência (IVE) (B) de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....58
- Figura 5.** (A) Comprimento de parte aérea (CPA), e (B) das raízes (CR); (C) massa seca de parte aérea (MSPA) e (D) das raízes (MSR) das plântulas dos três lotes de

sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) oriundas do teste de emergência em casa de vegetação. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....59

Figura 6. Atividade respiratória (AR) de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) medida no Aparelho de Pettenkofer. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
REVISÃO DE LITERATURA	16
Qualidade de sementes	16
REFERÊNCIAS	27
ARTIGO	35
Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de soja, feijão e milho.....	35
Resumo	36
Abstract	37
Resumen	38
Introdução	40
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão	44
Conclusão	49
Agradecimentos	49
Referências	49

INTRODUÇÃO GERAL

A análise de sementes avalia através de procedimentos técnicos a qualidade de um lote de sementes, entendendo-se como qualidade o conjunto de atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária que afetam a capacidade de uma semente em originar plantas com maior produtividade (TILLMANN; MIRANDA, 2006). A alta qualidade da semente reflete diretamente na cultura resultante, em termos de uniformidade da população, da ausência de moléstias transmitidas pela semente, do alto vigor das plantas e da maior produtividade (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A qualidade fisiológica é avaliada normalmente pelo teste de germinação, que tem por objetivo determinar a viabilidade de um lote de sementes, cujo valor poderá ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes e estimar o valor de semeadura no campo (ISTA, 1995), que em sua condução considera as condições ideais requeridas pela espécie, externando sua máxima capacidade germinativa. No entanto, sob condições de campo pode ocorrer grande variação neste parâmetro, com isso, se destaca a utilização de testes de vigor para obtenção de resultados mais consistentes na condução da semeadura (LOPES; ALEXANDRE, 2010).

Por definição, a partir de uma quantidade definida, identificada e homogênea de sementes com atributos físicos e fisiológicos similares é constituído um lote de sementes de mesma espécie, o que é muito importante porque possibilita que a amostragem realmente represente o lote inteiro de sementes (PESKE et al., 2010). Desta forma, em lotes com alta homogeneidade, a qualidade fisiológica pode ser razoavelmente bem avaliada por meio do teste padrão de germinação. Entretanto, para os lotes que possuem alto grau de heterogeneidade, o teste padrão de germinação apresenta baixa sensibilidade e, nesse caso, os testes de vigor representam melhor o desempenho dos lotes em nível de campo (PESKE et al., 2006) , onde as sementes estão submetidas a variações de umidade do solo, radiação, competição e condições desfavoráveis para expressarem todo seu potencial germinativo (HILHORST et al., 2001). Diante disso, é questionada a

validade do teste de germinação para prever as respostas das sementes no campo, onde as condições ideais do ambiente dificilmente ocorrem (FRIGERI, 2007). O vigor compreende um conjunto de propriedades que determinam a capacidade de emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla faixa de condições ambientais (BAALBAKI et al., 2009). Dessa forma, seu objetivo básico é identificar adequadamente quais os lotes apresentam maior potencial para se estabelecer em campo (MARCOS FILHO, 2005).

A identificação desse tipo de teste que oferece margem segura quanto às respostas das sementes em campo vem sendo uma busca incessante e necessária, visto que as condições adversas impõem desuniformidade entre o teste padrão de germinação e os resultados de campo, estabelecendo-se a necessidade de identificar testes que forneçam condições equiparadas de germinação em campo aliado a todas as adversidades que possam afetar seu desempenho.

O impulso à pesquisa em tecnologia de sementes é marcante, predominando a execução de projetos dirigidos aos métodos para a avaliação do vigor e de suas relações com o desempenho das sementes e para a identificação das causas determinantes desse comportamento, em especial quando se trata da situação da semente no campo.

A análise de sementes é uma ferramenta importante no controle de qualidade, principalmente a partir do final do período de maturação, quando as mesmas atingem sua maturidade fisiológica. Portanto, a seleção de testes de vigor devem atender a objetivos específicos, sendo fundamental a identificação das características avaliadas pelo método e sua relação com o comportamento das sementes diante de situações específicas como, por exemplo, desempenho após a secagem, potencial de armazenamento, resposta a injúrias mecânicas e as condições climáticas (BAALBAKI et al., 2009).

Lotes de sementes com porcentagem de germinação semelhante podem exibir respostas distintas no campo e após o armazenamento (FRIGERI, 2007). Diante disso, o esforço para se determinar as respostas para as principais dúvidas referentes ao desempenho das sementes passou a ser atribuído exclusivamente ao “alto” ou ao “baixo vigor”. Assim, o vigor tornou-se a principal justificativa para o sucesso ou o fracasso do estabelecimento do estande em campo (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Apesar de diversos estudos buscarem a padronização dos testes de vigor (MARCOS FILHO et al., 2009), são encontradas certas dificuldades, pois esta

característica pode ser refletida através de diversas variáveis como a velocidade de germinação, a uniformidade de emergência, a resistência ao frio, a temperatura, a umidade elevada, substâncias tóxicas, entre outros. Diante disso, se torna importante a realização de testes que respondam a este conjunto de características, os quais estão relacionados ao sistema de membranas, atividade enzimática e redução dos mecanismos energéticos (LAMARCA, 2009), sendo que os testes mais rápidos estudados estão relacionados a estes eventos (FREITAS, 2009) como a degradação das membranas celulares, redução da atividade respiratória e diminuição da biossíntese (MARCOS FILHO, 2005).

Uma alternativa viável e rápida para avaliar o vigor seria submeter às sementes à medição de sua atividade respiratória em condição de laboratório, visto que a respiração representa a oxidação de substâncias orgânicas num sistema celular com a liberação gradativa de energia, processo metabólico que acompanha a reidratação da semente, que de valores ínfimos, sobe a níveis bastante elevados, poucas horas após o início da embebição (FERREIRA; BORGHETTI, 2004; MARENCO; LOPES, 2007).

Dentre as diferentes formas de verificação da qualidade fisiológica em sementes, o processo de respiração tem merecido especial atenção, pela alta relação entre este fenômeno e a qualidade da semente (MENDES et al., 2009; AUMONDE et al., 2012; MARINI et al., 2012). Diante disso, objetivou-se avaliar a atividade respiratória para separar lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor.

REVISÃO DE LITERATURA

Qualidade de sementes

A história da agricultura demonstra que os primeiros contatos entre o homem e a fisiologia de sementes foram estabelecidos a partir do momento em que foi descoberta a possibilidade de seu uso para a propagação de plantas, no século LXXX a.C. (ABRATES, 1999). Nesta situação, além de provocar profundas alterações positivas nos hábitos da vida humana, o início da utilização de sementes para o estabelecimento de cultivos, visando à produção de alimentos, também passou a ser fonte de preocupação (PERES, 2010).

Desta forma, com a domesticação das espécies vegetais, novos desafios surgiram diante da necessidade de determinar épocas mais favoráveis para a semeadura (MARCOS FILHO, 2005). A semente é um insumo indispensável, devido ao seu papel na cadeia agrícola e na história da humanidade, tanto social quanto economicamente, contribuindo para o aumento quantitativo e qualitativo de produtividade. Desta forma, a utilização de sementes de alta qualidade é fator preponderante para o sucesso de qualquer cultura (GASPAR e NAKAGAWA, 2002).

Os procedimentos adotados em programas de controle de qualidade de sementes baseiam-se tanto em conhecimentos prévios sobre as recomendações provenientes da pesquisa ou da experiência prática, como no levantamento de dados que permitam a detecção de problemas e a proposição de soluções adequadas (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

O potencial fisiológico reúne informações sobre a viabilidade e o vigor de um lote de sementes, sendo o termo potencial traduzido como virtualidade ou conjunto de aptidões para realizar tarefas e produzir resultados (MARCOS FILHO, 2005). O teste comumente utilizado para a determinação da viabilidade das sementes é o de germinação, que tem como principal objetivo a obtenção de informações sobre a

importância das sementes para a semeadura e a comparação da qualidade de diferentes lotes (LIMA et al., 2006).

A sua condução ocorre sob condições ótimas, a fim de proporcionar a máxima germinação da amostra analisada, essas condições referem-se à disponibilidade de água, aeração e temperatura (MARCOS FILHO et al., 1987; BRASIL, 2009). O teste de germinação tem em vista pelo menos dois aspectos: fornecer informações sobre o potencial de um lote para germinar sob condições favoráveis de ambiente e apresentar alto grau de padronização, com ampla possibilidade de repetição dos resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância, desde que as instruções estabelecidas sejam seguidas (MARCOS FILHO, 1999; BRASIL, 2009).

Contudo, o teste de germinação pode superestimar o potencial fisiológico das sementes por não avaliar as alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas relacionadas ao processo de deterioração, não permitindo diferenciar no campo e no armazenamento lotes de sementes quanto ao vigor (ABRANTES et al., 2010). Por este motivo, a pesquisa tem efetuado estudos para desenvolver métodos que permitam a avaliação do vigor da semente (KIKUTI et al., 1999; ÁVILA et al., 2007; OHLSON et al., 2010).

O vigor de uma semente compreende um conjunto de propriedades que determinam a capacidade de emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais sob ampla faixa de condições ambientais (BAALBAKI et al., 2009). Dessa forma, seu objetivo básico é identificar adequadamente quais os lotes apresentam maior potencial para sobreviverem e gerarem boa produtividade em condições de campo (MARCOS FILHO, 2005).

Nos Estados Unidos e no Canadá, no período de 1976 a 1990, houve aumento significativo no uso dos testes de vigor nos laboratórios de análise de sementes, nesta época, o teste de condutividade elétrica não era mencionado como teste de vigor (TEKRONY, 1983; FERGUSON, 1993). Esse teste, juntamente com os testes de envelhecimento acelerado e de frio, foram objetivo de estudo pelo comitê de vigor da AOSA (*Association off Official Seed Analystis, Inc.*), os quais, no período de 1983-1991, foram considerados os três testes de vigor mais promissores (McDONALD, 1993).

Pesquisando uso de testes de vigor entre laboratórios membros da ISTA (*International Seed Testing Association*), Hampton et al., em 1992, consideraram o teste de condutividade elétrica como um teste recomendado para avaliar o vigor de

sementes de ervilha na Europa e na Nova Zelândia. Com isso, a condutividade elétrica e o teste de envelhecimento acelerado tornaram-se os dois únicos testes de vigor recomendados pelo comitê de vigor da ISTA (HAMPTON e TEKRONY, 1995).

No Brasil, Krzyzanowski et al. (1991), fazendo avaliação da situação do uso de testes de vigor como rotina entre laboratórios de análise de sementes, concluíram que, apesar de fundamental, esses testes têm muito para evoluir, de modo a participarem efetivamente nos programas de controle de qualidade das indústrias de sementes. No caso particular do teste de condutividade elétrica, pode-se dizer que o seu uso ainda é muito restrito a determinadas situações, em especial àquelas relacionadas diretamente à pesquisa (PERES, 2010).

Segundo a ABRATES (Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999), existem três critérios de qualidade de sementes que são a germinação, a pureza e a sanidade, estes podem ser determinados por análise cotidiana em laboratórios de sementes, sendo de grande importância para avaliar a qualidade no mercado, porém, os mesmos não são considerados os mais eficientes.

A análise de sementes é ferramenta importante no controle de qualidade, principalmente a partir do final do período de maturação, quando as sementes atingem a maturidade fisiológica. Desta forma, a abertura de novas fronteiras agrícolas e o aumento da produção de sementes no Brasil, nos últimos anos, tem levado as empresas produtoras de sementes a buscarem aprimoramento técnico de suas atividades, o que visa, basicamente, o aumento de produtividade associado ao incremento na qualidade do produto colhido. Tanto a ISTA como a AOSA adotam o procedimento de avaliar a metodologia mais adequada para a inclusão nas Regras para Análise de Sementes, através de testes de aferição realizados em diferentes laboratórios, sob a coordenação de comitês específicos onde são avaliados a pureza, germinação, teor de umidade, entre outras características (ABRATES, 1999).

Para tanto, um determinado número de amostras é enviado aos laboratórios participantes do programa, acompanhado por instruções que devem ser seguidas pelos analistas. A coordenação do Comitê uma vez em posse dos resultados efetua sua interpretação, verificando a compatibilidade entre os laboratórios, detectando problemas, diagnosticando a situação e programando novas etapas de testes, até que o nível de padronização seja satisfatório e permita a recomendação da metodologia. Ocorre um criterioso processo de padronização e controle de qualidade

que tem função de equiparar e determinar o melhor método para o acompanhamento vital da semente (ABRATES, 1999).

A principal finalidade da análise de sementes é determinar a qualidade de um lote de sementes e, conseqüentemente, o seu valor para a semeadura (EMBRAPA, 2008). A análise é caracterizada pelo exame pormenorizado e crítico de uma amostra, com o objetivo de avaliar sua qualidade, a fim de ser utilizada em trabalhos de pesquisa, na identificação de problemas de qualidade e suas causas.

Nos Estados Unidos, grande parte das companhias produtoras de sementes de grandes culturas tem usado os testes de vigor para a identificação de lotes que não atingem os padrões internos de qualidade como a classificação (ranqueamento) de lotes em diferentes níveis de qualidade fisiológica, avaliação do potencial para formação de estoques reguladores (*carry over*), a tomada de decisões quanto à comercialização, procurando comercializar, em primeiro lugar, os lotes que atendam aos padrões de germinação, mas apresentam vigor mais baixo, assim como, o fornecimento de informações sobre a qualidade fisiológica dos lotes aos consumidores (FRIGERI, 2007).

Há um consenso internacional entre os pesquisadores, tecnologistas e produtores de sementes sobre a importância do vigor de sementes e a necessidade de avaliá-lo. As informações sobre vigor são ainda mais importantes para sementes de maior valor comercial, como as hortaliças, que podem ter sido peletizadas (cobertas por películas) e pré-condicionadas fisiologicamente, como é feito em outros países, além disso, por apresentarem menor quantidade de reservas armazenadas, possuem maior propensão à redução do vigor após a maturidade fisiológica (KIKUTI e MARCOS FILHO, 2012). O cultivo dessas espécies é efetuado de maneira intensiva e deve ser estabelecido com o uso de sementes que germinem rápida e uniformemente e, portanto, com alta qualidade fisiológica. Por isso, a procura de métodos que sejam satisfatórios na predição da qualidade fisiológica da semente, por meio do vigor de sementes de hortaliças serve como atualização metodológica de outras culturas como, por exemplo, sementes de milho híbrido, gerando um progresso tecnológico em busca de qualidade na determinação de testes de vigor (PERES, 2010).

Dentro desse contexto, os testes de vigor são úteis nos programas de produção de sementes para avaliação do potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante, permitindo diferenciar lotes, com base no potencial de

emergência das plântulas em campo; avaliação do potencial de armazenamento; grau de deterioração; controle de qualidade pós-maturidade; qualidade fisiológica, servindo como ferramenta no auxílio em métodos de seleção durante o melhoramento de plantas; assim como, permite avaliar os efeitos de injúrias mecânicas e térmicas, tratamento com fungicidas e de outros fatores adversos pré e pós-colheita (MARCOS FILHO, 1999).

A tecnologia de sementes tem procurado aperfeiçoar os testes de germinação e vigor de modo a obter resultados que expressem o desempenho efetivo das sementes no campo. Nesse caso, tem-se destacado o interesse pelos testes de vigor, principalmente em programas internos de controle de qualidade de empresas produtoras de sementes (KIKUTI e MARCOS FILHO, 2012).

Frequentemente lotes de sementes com porcentagem de germinação semelhante podem exibir respostas distintas no campo e/ou no armazenamento (FRIGERI, 2007). Essa perda do potencial germinativo é um indicativo importante da perda de qualidade, mas é a última consequência, ou seja, o evento final desse processo. Por isso, o uso de testes de vigor é muito importante 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).

Os testes de vigor, apesar de possuírem diferenças tecnológicas, têm o intuito de detectar distinções significativas no potencial fisiológico de lotes de sementes com germinação semelhante entre si (LIMA et al., 2006; DUTRA e MEDEIROS FILHO, 2008), classificando-os em níveis de vigor, especialmente de maneira proporcional a resposta da emergência de plântulas em campo (MARCOS FILHO, 1999). Sendo assim, a seleção dos testes de vigor deve atender a objetivos específicos, tornando importante a identificação das características avaliadas pelo teste e sua relação com as respostas das sementes mediante situações específicas como, por exemplo, desempenho após a secagem, potencial de armazenamento, resposta a injúrias mecânicas e às condições climáticas.

De acordo com McDonald (1993), os testes de vigor podem ser classificados como físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência ao estresse. Os testes físicos avaliam características morfológicas ou físicas das sementes que possam estar associadas ao vigor, tais como tamanho, densidade, coloração das sementes e teste de raios-X. Os testes caracterizados como fisiológicos baseiam-se em atividades fisiológicas específicas que tenham sua manifestação dependente do vigor, como

exemplo, a primeira contagem de germinação, o índice de velocidade de germinação ou de emergência de plântulas. Já os testes bioquímicos avaliam as mudanças no metabolismo relacionadas ao vigor das sementes, entre estes estão os testes de tetrazólio e condutividade elétrica. Por fim, os testes de resistência ao estresse que analisam o comportamento das sementes quando expostas às condições desfavoráveis do ambiente, com destaque para os testes de envelhecimento acelerado, deterioração controlada, frio, germinação a baixa temperatura e submersão em água (MARCOS FILHO, 2005).

O principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração das sementes, de forma que, quanto mais facilmente for identificada a perda da capacidade de germinação mais promissor será o teste, fornecendo assim, informações complementares àquelas obtidas através do teste padrão de germinação (AOSA, 1983).

O vigor de sementes, conforme definido pela *International Seed Testing Association* (ISTA, 1995), é um índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando ampla habilidade de estabelecimento no ambiente. Essa definição do vigor é semelhante à formulada pela *Association of Official Seed Analysts* (AOSA, 1983).

Os testes de vigor contribuem para detectar essas informações e, conseqüentemente, são úteis nas tomadas de decisões para o destino de um lote de sementes. Entre os testes de vigor disponíveis, vale ressaltar o teste de condutividade elétrica que é um teste de vigor rápido e objetivo, o qual pode ser conduzido facilmente pelos vários laboratórios de análise de sementes, com o mínimo de gasto com equipamentos e treinamento de funcionários (MARCOS FILHO et al., 2009).

Os resultados dos testes de vigor são comparativos, não sendo possível quantificar o vigor da semente, da mesma forma que se quantifica a fertilidade do solo, pois todas são características não mensuráveis. Na verdade, o resultado de 60% de plântulas normais nos testes de envelhecimento acelerado, de frio, primeira contagem de germinação, entre outros, nada significa se não for comparado com o obtido para outra amostra da mesma espécie e cultivar. Assim, expressões como 70% de vigor são incorretas e não devem ser utilizadas (ISTA, 2001).

A impossibilidade da quantificação do vigor gera dificuldades tanto para a compreensão do seu significado quanto para a comparação de informações obtidas

em diferentes testes, com isso, a pesquisa tem procurado traduzir e estabelecer índices que contribuem para facilitar a interpretação e a utilização dos resultados (PERES, 2010).

A avaliação do potencial fisiológico das sementes é fundamental como base para os processos de produção, distribuição e comercialização dos lotes de sementes. Assim, as empresas produtoras e laboratórios de análise de sementes, devem utilizar testes que ofereçam resultados reproduzíveis, confiáveis e que indiquem, com segurança, a qualidade de um lote de sementes, principalmente no que se refere ao vigor (FRIGERI, 2007). Para tanto, vários estudos já foram conduzidos com o intuito de encontrar ou aperfeiçoar testes que preencham tais características. Delouche (1965) se baseou em informações obtidas por Crocker e Graves (1915), segundo as quais a morte das sementes durante o armazenamento era causada pela coagulação de proteínas e que o aquecimento acelerava esse processo; ambos os pesquisadores também sugeriram que testes de germinação, conduzidos após a exposição relativamente rápida de sementes a temperaturas elevadas (50–100°C), poderiam ser úteis para obter informações mais rápidas sobre a longevidade.

A partir de uma quantidade definida, identificada e homogênea de sementes com atributos físicos e fisiológicos similares é constituído um lote de sementes da mesma espécie. No entanto, lotes, mesmo provenientes da mesma área de produção, podem apresentar homogeneidade imperfeita em termos de germinação e vigor, o que é relacionado a variações edáficas de topografia e fertilidade, ou mesmo, pode ser influenciado pela colheita intercalada com dias chuvosos (PESKE et al., 2006).

Análises de vigor permitem o ranqueamento de lotes, possibilitando a comercialização de acordo com as condições locais de cultivo, assim, lotes de maior vigor podem ser destinados a regiões com maiores limitações ambientais no período da semeadura (PESKE et al., 2006).

Diversos testes de vigor estão disponíveis e se diferenciam quanto à metodologia, tempo e facilidade de execução, sendo mais estudados aqueles relacionados a eventos iniciais da sequência de deterioração (MARCOS FILHO, 1999), como a degradação das membranas celulares, redução da atividade respiratória permitindo a separação de lotes de sementes quanto ao vigor (ABRANTES et al., 2010).

O teste de primeira contagem de germinação se baseia no princípio de que as amostras que apresentam maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem, estabelecidas pelas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), para cada cultura serão as mais vigorosas, o que se correlaciona com o índice de velocidade de germinação, porém, pode ter uma resposta melhor que esse último conforme relatam Brown e Mayer (1986), reforçando então a afirmação de que este teste é de grande interesse para avaliação do vigor de sementes, levando em consideração sua praticidade e tempo de execução.

Como se utiliza o próprio teste de germinação para execução de ambos os testes mencionados acima, basta que se sigam as normas das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) para executá-los, onde a uniformidade e a velocidade de emergência de plântulas são os mais importantes componentes dentro da conceituação atual de vigor de sementes, sendo considerada a avaliação do crescimento da plântula um teste lógico e específico para testar o vigor, bem como a avaliação do comprimento de plântulas normais (AOSA, 1983).

A avaliação da massa seca e comprimento de plântulas estão relacionados com a velocidade de germinação, levando em conta que lotes que apresentam sementes mais vigorosas originarão plântulas com maiores taxas de desenvolvimento e ganho de biomassa em função de apresentarem maior capacidade de adaptação, utilizando como suprimento as reservas dos tecidos de armazenamento para a diferenciação dos tecidos, promovendo o crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário e, conseqüentemente, da plântula (DAN et al., 1987).

Os métodos para a avaliação do vigor podem ser classificados em diretos quando realizados no campo ou mesmo em condições de laboratório que simulem fatores adversos de campo; ou indiretos quando realizados em laboratório avaliando as características físicas, fisiológicas e bioquímicas que expressam a qualidade das sementes (FERREIRA e BORGHETTI, 2004). De modo geral, o baixo vigor das sementes é associado a reduções na velocidade e desuniformidade da emergência, assim como, na redução no tamanho inicial das plântulas, no acúmulo de massa seca, na área foliar e, conseqüentemente, nas taxas de crescimento da cultura (SCHUCH et al., 2000; MACHADO, 2002; HÖFS, 2004; KOLCHINSKI et al., 2005). A causa das falhas ou redução na velocidade de emergência é frequentemente

atribuída ao baixo vigor, associado ao processo de deterioração das sementes (ROSSETTO et al., 1997).

Conforme relatado, diversos testes de vigor estão disponíveis e se diferenciam quanto à metodologia, tempo e facilidade de execução, sendo mais estudados aqueles relacionados a eventos iniciais da sequência de deterioração (DELOUCHE; BASKIN, 1973), como a degradação das membranas celulares e redução da atividade respiratória, permitindo a separação de lotes de sementes quanto ao vigor (ABRANTES et al., 2010).

O vigor e a deterioração das sementes estão fisiologicamente ligados, sendo aspectos recíprocos de qualidade, onde a deterioração tem conotação negativa, enquanto que o vigor tem conotação positiva, pois são inversamente proporcionais (DELOUCHE, 2002). A semente não inicia o processo de deterioração antes de atingir a maturidade fisiológica, já que antes deste período ainda não constitui uma unidade independente da planta-mãe. No entanto, condições ambientais desfavoráveis durante a maturação podem determinar a formação de sementes com potencial fisiológico deficiente (MARCOS FILHO, 2005).

Dentre os testes que avaliam os eventos iniciais de deterioração, o teste de condutividade elétrica foi proposto por Matthews e Bradnock (1967) para estimar o vigor de sementes de ervilha. Esse teste avalia a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes durante o período de embebição, o que está diretamente relacionada à integridade das membranas celulares (MATTHEWS; POWELL, 1981). Membranas mal estruturadas e células danificadas estão geralmente associadas com o processo de deterioração da semente e, portanto, com sementes de baixo vigor (AOSA, 1983). Assim, considera-se o vigor das sementes inversamente proporcional à condutividade elétrica (VIEIRA, 1994; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

Já, a respiração é a primeira atividade metabólica que acompanha a reidratação da semente, o aumento da respiração varia de valores ínfimos a níveis bem elevados, pouco tempo após o início da embebição (POPINIGIS, 1977; FERREIRA; BORGHETTI, 2004;). Nesse processo, ocorre a oxidação de substâncias orgânicas num sistema celular com a liberação gradativa de energia, por meio de uma série de reações, tendo oxigênio molecular como aceptor final de elétrons. Os substratos respiratórios podem ser carboidratos como amido, sacarose, frutose, glicose e outros açúcares ou mesmo os lipídios, principalmente os

triglicerídeos, ácidos orgânicos e proteínas (MARENCO; LOPES 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009). E, por isso, dentre os vários procedimentos utilizados na determinação do vigor das sementes, uma das alternativas seria submetê-las a medição da atividade respiratória em condição de laboratório (MENDES et al., 2009; AUMONDE et al. 2012; MARINI et al., 2012).

O aumento da atividade respiratória da semente pode ser avaliado pela quantidade de gás carbônico (CO_2) eliminado, pela quantidade de oxigênio (O_2) absorvida ou pelo quociente respiratório (QR). A velocidade respiratória da semente é influenciada pelo seu teor de umidade, pela temperatura, permeabilidade das membranas, pela tensão de oxigênio e luz (POPINIGIS, 1977). A respiração implica na perda de massa seca e em trocas gasosas, sendo os métodos utilizados para medir a respiração baseados na determinação dessas características, no entanto, a medida da variação de massa seca requer grande quantidade de material, além de ser considerada uma análise de certa forma demorada para obtenção do resultado, tendo em vista que o material vegetal deve ser completamente seco em estufa (MARENCO; LOPES, 2007).

Os métodos baseados em trocas gasosas são mais sensíveis, requerem menos materiais e não são destrutivos, podendo consistir na medição manométrica do O_2 consumido, por exemplo, respirômetro de Warburg e no eletrodo de Clark (potenciometria), na medição de CO_2 liberado, utilizando métodos físicos como o analisador de gás infravermelho (IRGA), ou físico-químicos que se baseiam na retenção de CO_2 em uma base e quantificação por titulometria, calorimetria ou condutivimetria (MAESTRI et al., 1998).

Dentre as diferentes formas de verificação da qualidade fisiológica em sementes, o processo de respiração tem merecido especial atenção, pela alta relação entre este fenômeno e a qualidade da semente (MENDES et al., 2009, AUMONDE et al., 2012). Tendo em vista que o maior interesse atualmente, ao avaliar a qualidade fisiológica das sementes, é a obtenção de resultados confiáveis em período de tempo relativamente curto, espera-se que a agilidade desta avaliação permita a rápida tomada de decisões durante diferentes etapas da produção de sementes, especialmente entre a fase de maturação e a futura semeadura (DIAS e MARCOS FILHO, 1996).

Os testes para a avaliação rápida da viabilidade ou do vigor representam importantes componentes em programas de controle de qualidade de sementes e

permitem agilizar a obtenção de informações, mediante o descarte de lotes de qualidade inferior durante a fase de recepção na unidade de beneficiamento e a racionalização do manejo (MARCOS FILHO, 2005).

Dentro deste contexto e, tendo em vista que a análise da qualidade fisiológica de sementes deve ser vista como uma atividade dinâmica, que apresente evolução constante, tanto pelo aprimoramento dos meios disponíveis para sua avaliação como pela incorporação de novos métodos (NOVEMBRE, 2001), torna-se de extrema importância comprovar a eficiência de novas análises, como é o caso do teste de respiração, que tem como finalidade separar lotes de sementes quanto ao vigor.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F.L.; KULCZYNSKI, S.M.; SORATTO, R.P.; BARBOSA, M.M.M. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.106-115, 2010.
- AMARAL, A.S. & PESKE, S.T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, n.3, p.85-92, 1984.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, AOSA, 1983. 88p.
- AUMONDE, T.Z.; MARINI, P.; MORAES, D.M. de; MAIA, M.S.; PEDÓ, T.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Classificação do vigor de sementes de feijão miúdo pela atividade respiratória. **Interciência**, v.37, n.1, p.55-58, 2012.
- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; MANDARINO, J.M.G.; ALBRECHT, L.P.; VIDIGAL FILHO, P.S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n.3, p.111-127, 2007.
- BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J., McDONALD, M.B. Seed vigor testing handbook. **Association of Official Seed Analysts**. (Contribution, 32 to the Handbook on Seed Testing), 346p., 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de defesa agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 398p.

BROWN, R.F.; MAYER, D.G. A critical analysis of Maguire's germination rate index. **Seed Science and Technology**, v.10, p.101-110, 1986.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. (Ed.) **Sementes: ciências, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação de vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n.2, p.45-55, 1987.

DELOUCHE, J.C. Germinação, Deterioração e Vigor da Semente. Reportagem de capa mês Nov/Dez. **Revista Seed News**, v.6, n.6, 2002.

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

DELOUCHE, J.C. An accelerated aging technique for predicting the relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. **Agronomy Abstracts**, v.57, p.40, 1965.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agrícola**. v.53, p.31-42, 1996.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Teste de vigor baseados na permeabilidade de membranas celulares: II Lixiviação de potássio. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.5, n.1, p.37-41, 1995.

DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.19-23, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Recomendações Técnicas para cultivo do feijoeiro**. 2.ed. Goiânia: Embrapa CNPAF, 40p. (Circular Técnica, 13), 2008.

FERGUSON, J.M. AOSA Perspective of seed vigor testing. **Journal Seed Science and Technology**, v.17, n.2, p.101-4. 1993.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

FREITAS, R. A. Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M. (Ed.). Tecnologia de sementes de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa hortaliças, 2009. p. 155-184.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.82-89, 2002.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Handbook of vigour test methods. 3ed. Zurich:ISTA, 117p , 1995.

HAMPTON, J.G.; JOHNSTONE, K.A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, v.20, n.3, p.677-686, 1992.

HILHORST, H.W.M.; BEWLEY, J.D.; CASTRO, R.D.; SILVA, E.A.A. **Curso avançado em fisiologia e tecnologia de sementes**. Lavras: UFLA, 2001. 74p.

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 26, n.1, p.92-97, 2004.

Informativo ABRATES, Londrina, v.4, n.3, 1999. 218p.

ISTA. Report of the ISTA committees: The 26th ISTA Congress, 2001. **Seed Science and Technology**, v.29, 2001.

ISTA.INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. 116p.

KIKUTI, A.L.P.; VON PINHO, E.V.R.; REZENDE, M.L. Estudos de metodologias para a condução do teste de frio em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.175-179, 1999.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO J. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.44-50, 2012.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

KRZYZANOWKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.61-68, 1999.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, I.B.; HENNING, A.A. **Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas**. Inf. ABRATES, Londrina, v.1, n.2, p.15-50. 1991.

LAMARCA, E.V. **Taxas respiratórias e velocidade de deterioração de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. em função de variações hídricas e térmicas**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente), Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo. 98p. 2009.

LIMA, T.C.; MEDINA, P.F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, p.106-113, 2006.

LOPES, J.C.; ALEXANDRE, R.S. Germinação de sementes de espécies florestais. In: José Franklim Chichorro; Giovanni de Oliveira Garcia; Maristela de Oliveira Bauer; Marcos Vinícius Winckler Caldeira. (Org.). **Tópicos em Ciências Florestais**. 1 ed., v.1, p.21-56., 2010.

MAESTRI, M.; ALVIM, P. de T.; SILVA, M.A.P. **Fisiologia vegetal**; exercícios práticos. Viçosa: UFV, 1998. 91p. (Cadernos didáticos, 20).

MCDONALD, M.B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Associations of Official Seed Analysts**, v.65, p.109-139, 1993.

MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia-preta (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 46 f, Dissertação (Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes) Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" ,Universidade Federal de Pelotas, 2002.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, v.1, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J. Testes de Vigor: Importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANCA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: **ABRATES**, cap.1, p.1-21. ,1999 .

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. da. **Avaliação da qualidade de sementes**, Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, v.1, 2005. 495p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 2.ed. Viçosa: UFV, 2007. 469p.

MARINI, P.; MORAES, C.L.; MARINI, N.; MORAES, D.M. de; AMARANTE, L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.4, p.722-730, 2012.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T. The detection of seed samples of wrinkled-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. **Proceedings of International Seed Testing Association**, v. 32, p.553-563, 1967.

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

MENDES, C.R.; MORAES, D.M.; LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.171-176, 2009.

NOVEMBRE, A.D.L.C. **Avaliação da qualidade de sementes**, Londrina. 2001.

OHLSON, O.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CAIEIRO, J.T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.118-124, 2010.

PERES, W.L.R. **Testes de vigor em sementes de milho**. 50 f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, 2010.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; SCHUCH, L.O.B. Benefícios e Obtenção de sementes de alta qualidade. *Seed news*, ano 14, n.5, 2010.

PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 470p., 2006.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, Agiplan, 1977. 289p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, AGIPLAN, 1985. 289p.

ROSSETTO, C.A.V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.123-131, 1995.

ROSSETO, C.Q.V.; NOVENBRE, A.D.C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n.1/2, p.97-105, 1997.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Emergência em campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.2, p.97-101, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4a ed. Artmed, Porto Alegre, 820p. 2009.

TEKRONY, D.M. Seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**. v.8, n.1, p.55-60, 1983.

TILLMANN, M.A.; MIRANDA, D. In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.; BARROS, A.C.A. **Sementes: Fundamentos Científicos e tecnológicos**. Pelotas, 470p. 2006.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, p.103-139, 1994.

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

ARTIGO

Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor.

(De acordo com as normas da Revista Interciência)

**Atividade respiratória para a separação de lotes de sementes de soja, feijão e milho
quanto ao vigor**

Resumo: A constante evolução tecnológica da indústria sementeira necessita cada vez mais a obtenção de resultados confiáveis em curto período de tempo, garantindo rapidez na tomada de decisões em relação à qualidade fisiológica de sementes. Portanto, objetivou-se separar lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor por meio da atividade respiratória. Para isso, foram realizados testes padrão de qualidade fisiológica de sementes, como germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, condutividade elétrica, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência em casa de vegetação, comprimento e massa seca da parte aérea e das raízes das plântulas oriundas dos testes de germinação e de emergência, além da determinação da atividade respiratória de três lotes de sementes de soja, feijão e milho. De acordo com os resultados dos testes padrão de qualidade fisiológica, para sementes de soja foi evidenciado o lote dois como o mais vigoroso e para as sementes de feijão e milho, o lote três, corroborando com as respostas encontradas através da atividade respiratória das sementes. Portanto, é possível concluir que a atividade respiratória permite separar lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor.

Palavras-chave: respiração, qualidade fisiológica, *Glycine max* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L.

Respiratory activity for the separation of lots of seeds soybean, beans and corn to its vigour

Abstract: The constant technological evolution of the seed industry increasingly needs to obtain reliable results in a short time, ensuring speediness in decision making in relation to seed quality. Therefore, the objective of this study was to separate seed lots of soybean, beans and corn regarding to its vigour through the respiration activity. For this, was performed standart tests for seed quality, as germination, first count and germination speed index, electrical conductivity, seedling emergence and speed emergency in the greenhouse, length and dry mass of shoots and the roots of seedlings from the germination tests and emergency, besides the determination of respiratory activity of three lots of soybean, beans and corn seeds. According to the results of the standart tests of physiological quality of soybean seeds, lot two was evidenced as the most vigorous as well as seeds of beans and corn, from lot three, corroborating with the results from the respiratory activity of the seeds. Therefore, it is possible to conclude that the respiratory activity allows to separate lots of seeds of soybean, beans and corn according to its vigour.

Keywords: respiration, physiological quality, *Glycine max* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L.

La actividad respiratoria de la separación de lotes de semillas de soja, frijoles y maíz en la fuerza

Resumen: La constante evolución tecnológica de la industria de la semilla necesita cada vez más obtener resultados fiables en poco tiempo, lo que garantiza rapidez en la toma de decisiones en relación con la calidad de la semilla. Por lo tanto, el objetivo era separar los lotes de semillas de soja, frijoles y maíz cuanto la fuerza a través de la actividad respiratoria. Para ello, se hizo pruebas estandarizadas de la calidad fisiológica de la semilla, como germinación, primer conteo y el índice de velocidad de germinación, la conductividad eléctrica, la emergencia de las plántulas y índice de velocidad de emergencia en la casa de vegetación, longitud y peso seco de los brotes y las raíces de las plántulas de las pruebas de germinación y de emergencia, además de la determinación de la actividad respiratoria de los tres lotes de soja, frijoles y maíz. De acuerdo con los resultados de las pruebas estandarizadas de calidad fisiológica de las semillas de soja se evidenció el lote dos como los más vigoroso y semillas de frijol y maíz, el lote tres, corroborando las soluciones a través de la actividad respiratoria de las semillas. Por lo tanto, es posible concluir que la actividad respiratoria permite lotes separados de semillas de soja, frijoles y maíz cuanto la fuerza.

Palabras clave: respiración, calidad fisiológica, *Glycine max* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L.

Andréa Bicca Noguez Martins. Engenheira Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Endereço: UFPel, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Caixa Postal: 354, CEP: 96.010-900 , Capão do Leão, RS, Brasil.

Patrícia Marini. Bióloga, Doutora em Fisiologia Vegetal e Bolsista CAPES de Pós-Doutorado, UFPel, Capão do Leão, RS, Brasil.

Juliana de Magalhães Bandeira. Bióloga, Doutora em Ciências e Bolsista CAPES de Pós-Doutorado, UFPel, Capão do Leão, RS, Brasil.

Isabel Cristina Gouvêa de Borba. Bióloga, Mestranda em Fisiologia Vegetal, UFPel, Capão do Leão, RS, Brasil.

Renan Rodrigues Quineper. Graduando em Agronomia, UFPel, Capão do Leão, RS, Brasil.

Dario Munt de Moraes. Engenheiro Agrônomo e Doutor em Ciências, UFPel, Pelotas, RS, Brasil. Professor, UFPel, Capão do Leão, RS, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é um dos líderes mundiais de produção e exportação de vários produtos agrícolas como a soja (*Glycine max* L.), o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e o milho (*Zea mays* L.). Para a safra 2012/2013 estima-se que a produção destes grãos deve ser a maior da história chegando a 185 milhões de toneladas (Conab, 2013), sendo assim, é nítido que a produção brasileira de sementes ocupa lugar de destaque em nível mundial, sendo o controle de qualidade de fundamental importância dentro do cenário de evolução tecnológica, o qual é constantemente impulsionado pela competitividade do mercado (Ávila *et al.*, 2007).

Por esse motivo, a percepção do valor da semente cresce a cada safra, necessitando aprimorar as técnicas e métodos de análises de sementes com a finalidade de aumentar a qualidade e, conseqüentemente, a produtividade, o que gera preocupação de todos os segmentos que compõem as cadeias produtivas da agricultura (Abrantes *et al.*, 2010).

Dentro desse contexto, a análise de sementes avalia através de procedimentos técnicos a qualidade de um lote de sementes, entendendo-se como qualidade, o conjunto de atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária que influenciam na capacidade de originar plantas com maior produtividade (Marcos Filho *et al.*, 2006). A partir de uma quantidade definida, identificada e homogênea de sementes com atributos físicos e fisiológicos similares é constituído um lote de sementes de mesma espécie. No entanto, lotes, mesmo provenientes da mesma área de produção, podem apresentar heterogeneidade em termos de germinação e vigor (Aumonde *et al.*, 2012).

Sob condições ambientais adequadas, o teste de germinação é oficialmente utilizado para determinar a qualidade das sementes, entretanto, além de ser um método demorado, não informa sobre o potencial de desempenho das sementes quando as condições de ambiente se desviam das mais adequadas (Marcos Filho e Kikuti, 2006; Barbieri *et al.*, 2012), tornando necessário a utilização de testes complementares que identifiquem diferenças associadas ao desempenho de lotes de sementes durante o armazenamento ou após a semeadura (Marcos Filho *et al.*, 2009), permitindo maior diferenciação entre lotes de forma rápida e garantindo tomadas de decisões antecipadas durante as etapas de produção de semente, o que diminui riscos e prejuízos. Sendo assim, é fundamental a utilização de testes de vigor precisos, de fácil execução, rápidos, de baixo custo e de alta relação com as análises de rotina em laboratório de análises de sementes (Dutra e Vieira, 2006).

Com base no exposto, e tendo conhecimento de que no início do processo de germinação, com a reidratação da semente, a respiração é a primeira atividade metabólica a ser rapidamente ativada para níveis elevados, poucas horas após o início da embebição, acelerando o metabolismo e a ativação de enzimas respiratórias e hidrolíticas (Höfs *et al.*, 2004), a verificação da qualidade fisiológica em sementes através do processo de respiração tem merecido especial atenção, pela alta relação verificada entre este fenômeno e a qualidade de sementes de algumas culturas, como por exemplo, feijão miúdo (Aumonde *et al.*, 2012) e girassol (Dode *et al.*, 2012).

Entretanto, existem poucas informações disponíveis na literatura referente a relação da atividade respiratória de sementes com sua qualidade, não sendo suficientes para caracterizar o teste de respiração como padrão para separar lotes de sementes quanto ao vigor. Diante disso, objetivou-se separar lotes de sementes de diferentes culturas (soja, feijão e milho) quanto ao vigor por meio da atividade respiratória.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia de Sementes e em casa de vegetação do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas (Capão do Leão, RS, Brasil). Foram utilizados três lotes de sementes de soja, cultivar NA 4990RG, obtidas de empresa privada, três lotes de sementes de feijão, cultivar Guapo Brilhante cedidas pelo Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado – CPACT-EMBRAPA e três lotes de sementes de milho, obtidas também de empresa privada.

Para caracterizar a qualidade fisiológica dos lotes de sementes e determinar sua atividade respiratória, as sementes foram submetidas às seguintes avaliações, de acordo com as Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009) conforme os testes relatados a seguir: teste de germinação (G), realizado com quatro repetições de 200 sementes (quatro subamostras de 50 sementes), totalizando 800 sementes por lote de cada cultura. O substrato utilizado foi rolo de papel especial para germinação (germitest[®]), umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a sua massa inicial e mantidos em germinador a 25°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes germinadas sendo as contagens finais realizadas aos oito, nove e sete dias após a semeadura (DAS) para as culturas de soja, feijão e milho, respectivamente; a primeira contagem de germinação (PCG) foi conduzida conjuntamente com o teste de germinação, sendo a primeira contagem realizada aos cinco DAS para a soja e feijão e aos quatro DAS para o milho. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais emitidas para cada lote.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado conjuntamente com o teste de germinação de acordo com metodologia descrita por Maguire (1962), onde contagens diárias foram realizadas a partir da protrusão da radícula pelo tegumento da semente, até que o

número de plântulas emersas permanecesse constante. O último dia de contagem para este teste foi o mesmo indicado para o teste de germinação.

O teste de condutividade elétrica (CE) foi conduzido com quatro subamostras de 25 sementes para cada repetição, sendo quatro repetições para cada lote. Primeiramente foi determinada a massa das sementes, as quais foram colocadas em copos de béquer com 80 mL de água deionizada e mantidas em germinador a 25°C. Após os períodos de três e 24h de embebição, foram realizadas as leituras em condutivímetro de bancada modelo Digimed CD-21, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes (Krzyzanowski, 1991).

Para a emergência das plântulas em casa de vegetação (E), as sementes foram semeadas em bandejas plásticas perfuradas, utilizando como substrato areia lavada. Foram utilizadas quatro repetições de 200 sementes divididas em quatro subamostras de 50 sementes, para cada lote, os quais foram avaliados aos 21 DAS quanto ao número de plântulas emersas (Brasil, 2009). O índice de velocidade de emergência em casa de vegetação (IVE) foi realizado conjuntamente com o teste de emergência através de contagens diárias a partir da germinação das sementes, até que o número de plântulas emersas permanecesse constante, sendo calculado de acordo com Maguire (1962).

Ao final dos testes de germinação e emergência de plântulas foram realizadas as análises de crescimento inicial das plântulas através da medida do comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR) de 40 plântulas por repetição, com régua milimetrada e os resultados expressos em mm plântula^{-1} (Krzyzanowski *et al.*, 1991). A massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foi determinada gravimetricamente, após secagem em estufa a $70\pm 1^\circ\text{C}$ até obtenção de massa constante, sendo os resultados expressos em mg plântula^{-1} .

Para a atividade respiratória (AR) determinada no aparelho de Pettenkofer, foram utilizadas 100 g de sementes de cada repetição para cada uma das espécies avaliadas, estas foram embebidas por 60 minutos em 80 mL de água destilada para acelerar o processo

respiratório. A medida da liberação de CO₂ das sementes foi realizada de acordo com metodologia descrita por Moraes *et al.*, (2012). O cálculo da atividade respiratória foi realizado com base na seguinte equação: $N \times D \times 22 / g$ semente, onde N representa a normalidade do ácido usado (HCl 0,4 N), D a diferença entre o volume de HCl gasto na titulação da prova em branco e o volume de HCl gasto na titulação da amostra e 22 o peso em gramas de CO₂ para cada molécula de HCl gasto na titulação. Os resultados foram expressos em mg CO₂ liberado mg⁻¹ de semente h⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro pelo software WINSTAT (Machado e Conceição, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A viabilidade, determinada pela porcentagem de germinação demonstrou diferença significativa para os lotes de soja e feijão, sendo que para as sementes da soja o lote dois foi superior e para o feijão, o lote três (Figura 1A). O mesmo não ocorreu para as sementes de milho, onde o teste de germinação não apresentou diferença significativa entre os lotes, variando de 99,75% a 100% (Figura 1A).

A primeira contagem de germinação (Figura 1B) e o índice de velocidade de germinação (Figura 1C) avaliados em sementes de soja e feijão corroboraram com o teste de germinação, destacando os mesmos lotes como os mais vigorosos (lotes dois e três, respectivamente). Estas mesmas variáveis permitiram diferenciar os lotes de sementes de milho, sendo o lote três superior aos demais (Figuras 1B e 1C, respectivamente). Em sementes de algodão, Dutra *et al.* (2008) utilizaram estas mesmas variáveis para diferenciar lotes. No entanto, estes testes, mesmo com valores elevados, não são suficientes para garantir

o desempenho das sementes no campo, já que seu potencial depende também das condições do ambiente (Nascimento e Pereira, 2007).

O teste de condutividade elétrica (CE), que avalia a integridade das membranas celulares, demonstrou para as três culturas, após três horas de embebição, diferença entre os lotes quanto ao vigor (Figura 2A). Os resultados encontrados para as sementes de soja revelam que a leitura da CE para o lote um ($2,1 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) foi superior quando comparada com os lotes dois ($1,6 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e três ($1,82 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). Desta maneira, o lote dois apresentou valores de condutividade elétrica inferiores aos lotes um e três, resposta que caracteriza a menor liberação de exsudatos pelas suas sementes.

Em relação às sementes de feijão e milho, no mesmo período de embebição, o lote três de ambas as espécies demonstrou maior vigor (Figura 2A), pois apresentou menor perda de lixiviados ($1,68$ e $1,87 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente) e, conseqüentemente, maior integridade de suas membranas celulares, o que está de acordo com os resultados dos testes de G, PCG e IVG (Figuras 1A, 1B e 1C, respectivamente). Desta forma, os resultados da CE após três horas de embebição permitiram separar os lotes em diferentes níveis de vigor, ressaltando a importância dos testes de vigor no sentido de que estes evidenciam o início do processo deteriorativo (Santos *et al.*, 2005).

Após 24h de embebição os resultados corroboram com os obtidos em três horas de embebição para as três culturas (Figura 2B). Portanto, verificou-se que, independentemente do período de embebição, as informações fornecidas por este teste, para as três culturas, tiveram relação direta com os testes de avaliação da qualidade inicial dos lotes de sementes (Figura 1). Informações nesse sentido, também, foram encontradas por Alves e Sá (2009), com sementes de rúcula, onde concluíram que o teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente para a avaliação do potencial fisiológico dessas sementes. De forma semelhante, também foi observada a eficiência do teste de CE para a separação de lotes em sementes de

canola (*Brassica napus* L.) (Ávila *et al.*, 2005), girassol (*Helianthu annuus* L.) (Braz e Rossetto, 2009), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (Nery *et al.*, 2009) e soja (*Glycine max* L.) (Carvalho *et al.*, 2009).

De acordo com as análises relacionadas ao comprimento da parte aérea (CPA) e raízes (CR), das plântulas de soja oriundas do teste de germinação (Figura 3A e 3B), da mesma forma que a G, a PCG, o IVG e a CE (Figuras 1 e 2, respectivamente), o lote dois foi significativamente superior aos demais, enquanto que o lote um apresentou pior desempenho. Em relação ao CPA e CR das plântulas de feijão e milho não houve diferenças significativas entre os três lotes (Figuras 3A e 3B). Contudo, em trabalhos realizados com sementes de soja foi verificado que o comprimento da raiz foi eficiente para separação dos lotes em diferentes níveis de vigor (Vanzolini *et al.*, 2007).

A avaliação de MSPA das plântulas de soja não apresentou diferença para separar os lotes em diferentes níveis de vigor (Figura 3C), ao contrário da MSR (Figura 3D) que distinguiu os lotes de sementes de soja em três níveis de vigor, assim como os resultados de CPA e CR, destacando o lote dois como mais vigoroso (Figuras 3A e 3B, respectivamente). Corroborando com os resultados obtidos por Nascimento e Pereira (2007), os quais indicaram a eficiência da avaliação do comprimento de raiz primária para separar lotes de alface em diferentes níveis de vigor.

As variáveis de MSPA e MSR das plântulas de feijão e milho diferenciaram os três lotes de suas sementes em diferentes níveis de vigor (Figuras 3C e 3D, respectivamente), evidenciando que o lote dois apresentou maior acúmulo de biomassa nas duas culturas.

Para a emergência de plântulas em casa de vegetação, de acordo com os resultados encontrados para os lotes de sementes de soja e feijão, constatou-se que a E e o IVE (Figuras 4A e 4B, respectivamente) corroboram com os resultados encontrados nos testes de viabilidade e vigor descritos anteriormente (Figuras 1 e 2). Contudo, para as sementes de

milho, em relação à emergência, não foram observadas diferenças significativas entre os lotes (Figura 4A), sendo esta observada somente para o IVE, indicando superioridade do lote um em relação aos demais lotes (Figura 4B). Este resultado não está de acordo com as demais variáveis analisadas, as quais caracterizaram o lote três como de melhor vigor, no entanto, esta resposta pode ter sido influenciada pelas adversidades ambientais as quais o teste de IVE estava exposto, visto que neste caso não há controle dos fatores externos.

Da mesma forma que a E e o IVE, o comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR), assim como a massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) dos três lotes de sementes de soja e feijão crescidas em casa de vegetação, foram eficientes para distinguir os lotes, confirmando o lote dois como de alto vigor para a soja e o lote três para o feijão (Figura 5). Entretanto, estas mesmas variáveis não permitiram diferenciar os lotes de milho (Figura 5), o que pode ser explicado pela alta porcentagem de germinação para esta cultura, evidenciando respostas semelhantes para a maioria das variáveis observadas, o que dificultou a separação destes lotes.

Diante desses resultados, foi possível relacionar as respostas encontradas para os lotes de sementes das três culturas com a sua atividade respiratória medida no aparelho de Pettenkofer. De forma que para as sementes de soja, este teste indicou alta atividade respiratória para o lote dois, caracterizando-o como de maior vigor (Figura 6). Esta resposta infere que a atividade e a integridade das mitocôndrias de embriões viáveis aumentam a partir do início da embebição, tornando mais eficiente a produção de ATP que é a energia necessária para o desenvolvimento vegetal (Castro e Hilhorst, 2004).

Estes resultados estão de acordo com a classificação dos três lotes de soja observada nos testes padrão de viabilidade e vigor (Figuras 1, 2 e 3). O mesmo foi constatado em lotes de sementes de girassol cv. MG2 (Dode *et al.*, 2012), feijão-miúdo (Aumonde *et al.*, 2012) e soja cv. 8000 (Mendes *et al.*, 2009), o que corrobora com os resultados deste trabalho, os

quais demonstraram este método como importante ferramenta na separação de lotes de sementes quanto ao vigor.

Para as sementes de feijão, da mesma forma que para as sementes de soja, os resultados da respiração foram reforçados pelos resultados obtidos nos demais testes padrão de viabilidade e vigor (Figuras 1, 2 e 3), ressaltando o teste de CE, que em ambos os períodos de embebição, apresentou tendência a perda de lixiviados nos lotes de sementes de feijão de menor vigor, evidenciando maior velocidade no processo de deterioração das membranas dos mesmos.

No entanto, é importante ressaltar que de maneira geral, os testes padrão de qualidade fisiológica de sementes não permitiram diferenciar os lotes de sementes de milho, por serem todos de alta viabilidade. Porém, quando os lotes destas sementes foram avaliados pela medição da atividade respiratória foi possível detectar diferenças tênues em relação ao vigor entre os lotes, o que demonstrou a alta eficiência deste teste.

Estudos evidenciam que alterações responsáveis pela queda do vigor reduzem a taxa respiratória e a atividade de enzimas, enquanto outros sugerem reduções na quantidade de enzimas e na normalidade de sua formação nas mitocôndrias (Mendes *et al.*, 2009). Devido ao fato dessa organela em sementes secas e no início do processo de embebição, não ter um sistema organizado de membranas, a recuperação estrutural começa a ocorrer à medida que a hidratação prossegue, tornando-se mais eficiente na fosforilação oxidativa (Castro e Hilhorst, 2004). Portanto, a manutenção do vigor pode ser visualizada como consequência do período de tempo necessário para que as mitocôndrias fiquem mais eficientes, passem a executar funções respiratórias e o sistema de membranas se torne mais organizado (Marcos Filho *et al.*, 2006).

Conforme observado neste trabalho a maior atividade respiratória foi verificada nos lotes de sementes que foram classificados como os mais vigorosos, através dos testes padrão

de qualidade fisiológica, tendo em vista que a maior liberação de CO₂ caracterizou a integridade das membranas celulares, inclusive as mitocondriais, sendo registrado o início do processo respiratório que é a primeira atividade metabólica rapidamente ativada logo após a embebição das sementes, dando início ao processo de germinação (Höfs *et al.*, 2004) e consequente crescimento.

4. CONCLUSÃO

A atividade respiratória é uma técnica eficiente que permite separar lotes de sementes de soja, feijão e milho quanto ao vigor.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo suporte financeiro para realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Abrantes FL, Kulczynski SM, Soratto RP, Barbosa MMM (2010). Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). *Rev. Bras. de Sementes*, 32: 106-115.

Alves CZ, Sá ME (2009). Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. *Rev. Bras. de Sementes*, 31:203-215.

Aumonde TZ, Marini P, Moraes DM, Maia MS, Pedó T, Tillmann MAA, Villela FA (2012). Classificação do vigor de sementes de feijão miúdo pela atividade respiratória. *Rev. Interciência*, 37: 55-58.

Ávila MR, Braccini AI, Scapim CA, Mandarino JMG, Albrecht LP, Vidigal Filho OP (2007). Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. *Rev. Bras. de Sementes*, 29: 111-127.

Ávila MR, Braccini AL, Scapim CA, Martorelli DT, Albrecht LP (2005). Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. *Rev. Bras. de Sementes*, 27: 62-70.

Barbieri APP, Menezes NL, Conceição GM, Tunes LM (2012). Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. *Rev. Bras. de Sementes*, 34: 117-124.

Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

Braz MRS, Rossetto CAV (2009). Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. *Rev. Ciência Rural*, 39:2004-2009.

Carvalho LF, Sediya CS, Reis MS, Dias DCFS, Moreira MA (2009). Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. *Rev. Bras. de Sementes*, 41:9-17.

Castro RD, Hilhorst HWM (2004). Embebição e reativação do metabolismo. In:Ferreira AG, Borghethi F(Orgs). *Germinação do básico ao aplicado*. Porto Alegre:Artmed, 149-162.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2013). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Quinto levantamento/Brasília, Brasil. 28p.

Dode JS, Meneghello GE, Moraes DM, Peske ST (2012). Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. *Rev. Bras.de Sementes*, 34: 686-691.

Dutra AA, Medeiros Filho S, Diniz FO (2008). Germinação de sementes de albizia (*Albizia lebbek* (L.) Benth.) em função da luz e do regime de temperatura. *Rev. Caatinga*, 21:75-81.

Dutra AS, Vieira RD (2006). Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de abobrinha. *Rev. Bras. de Sementes*, 28: 117-122.

Höffs A, Schuch LOB, Peske ST, Barros ACSA (2004). Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. *Rev. Bras. Sementes*, 26: 55-62.

Krzyzanowski FC, França-Neto JB, Henning AA (1991) Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. *Informativo ABRATES* 1: 15-50.

Machado A, Conceição AR (2007). Programa estatístico winstat: sistema de análise estatístico para windows. Pelotas, Brasil.

Maguire J (1962). Speed of germination-Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2:176.

Marcos Filho J, Kikuti ALP, Lima LB (2009). Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Rev. Bras. de Sementes*, 31: 102-112.

Marcos Filho J, Kikuti ALP (2006). Vigor de sementes de rabanete e o desempenho de plantas em campo. *Rev. Bras. de Sementes*, 28: 44-51.

Marcos Filho J, Bennett MA, McDonald MB, Evans A, Grassbaugh EM (2006). Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. *Seed science and technology*, 34:485-497.

Mendes CR, Moraes DM, Lima MGS, Lopes NF (2009). Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. *Rev. Bras. Sementes*, 31: 171-176.

Moraes DM, Bandeira JM, Marini P, Lima MGS, Mendes CR (2012). *Práticas Laboratoriais em Fisiologia Vegetal*. 1ª.ed. Pelotas-RS: Cópias Santa Cruz Ltda, 2012. 162p.

Nascimento WM, Pereira RS (2007). Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. *Rev. Bras. de Sementes*, 29:175-179.

Nery MC, Carvalho MLM, Guimarães RM (2009) Testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de nabo forrageiro. *Informativo Abrates*, 19:9-20.

Santos CMR, Menezes NL, Villela FA (2005). Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. *Rev. Bras. de sementes*, 27:104-114.

Vanzolini S, Araki CAS, Silva ACTM, Nakagawa J (2007). Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. *Rev. Bras. de sementes*, 29:90-96.

Figura 1. (A) Porcentagem de germinação (G), (B) primeira contagem de germinação (PCG) e (C) índice de velocidade de germinação (IVG), de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 2. (A,B) Condutividade elétrica (CE) em três e 24 horas de incubação de três lotes de sementes de soja (*Glycine Max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea Mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 3. (A, B) Comprimento e massa seca da parte aérea (CPA; MSPA) e (C, D) das raízes (CR; MSR) de plântulas de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) oriundas do teste de germinação. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 4. (A) Emergência de plântulas e (B) índice de velocidade de emergência (IVE) de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 5. (A) Comprimento de parte aérea (CPA), e (B) das raízes (CR); (C) massa seca de parte aérea (MSPA) e (D) das raízes (MSR) das plântulas dos três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) oriundas do teste de emergência em casa de vegetação. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 6. Atividade respiratória (AR) de três lotes de sementes de soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) medida no Aparelho de Pettenkofer. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

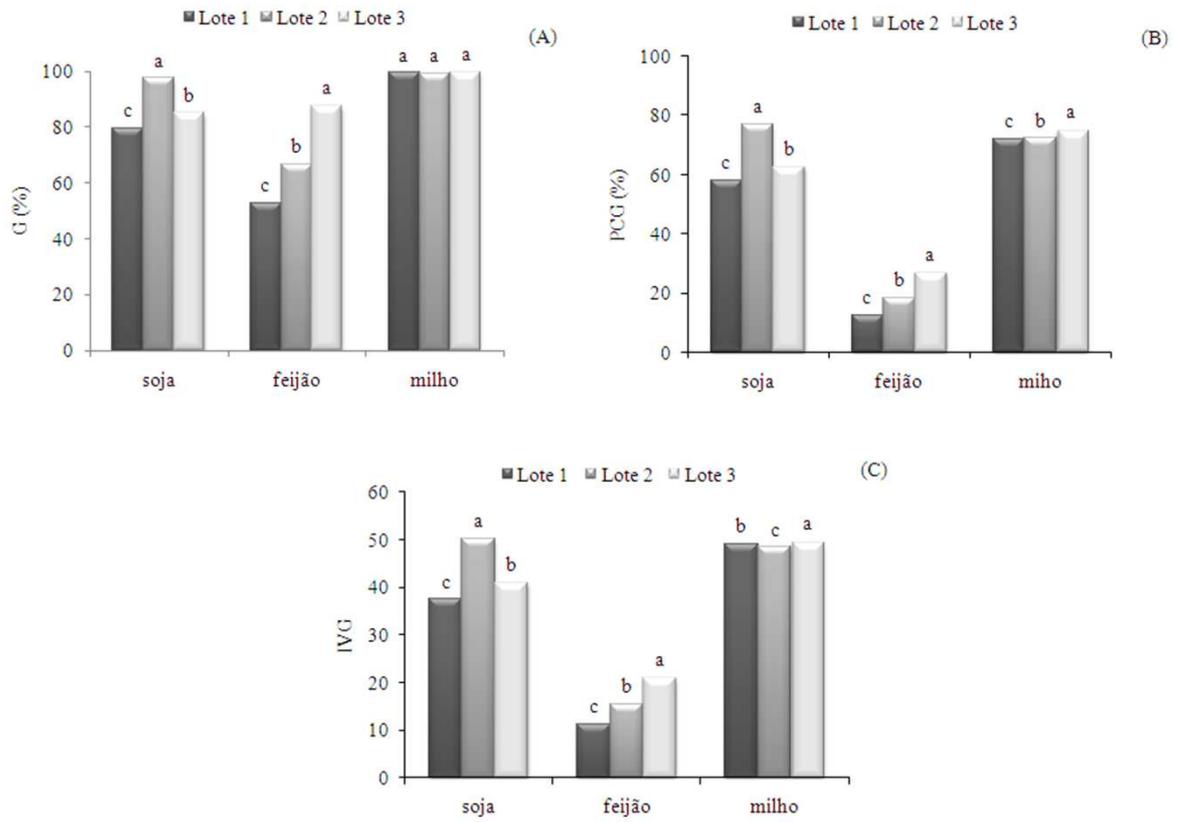


Figura 1.

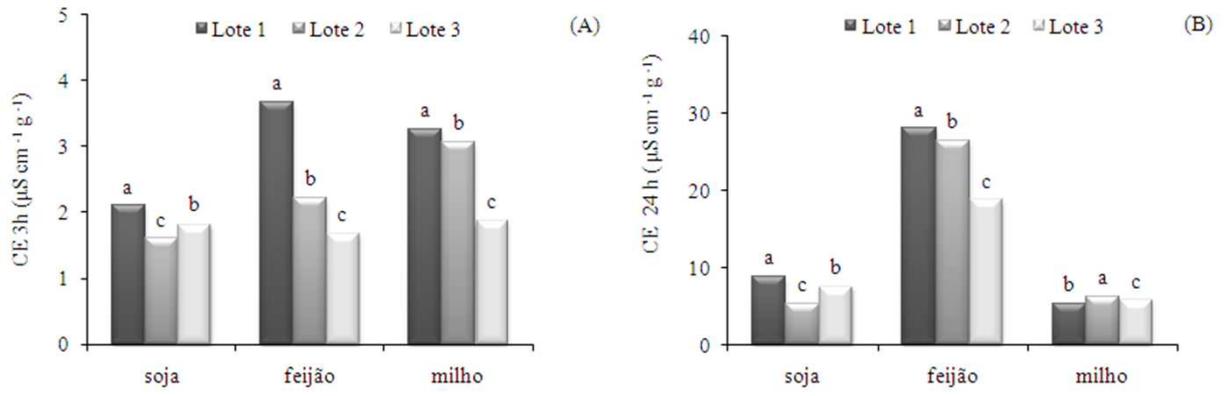


Figura 2.

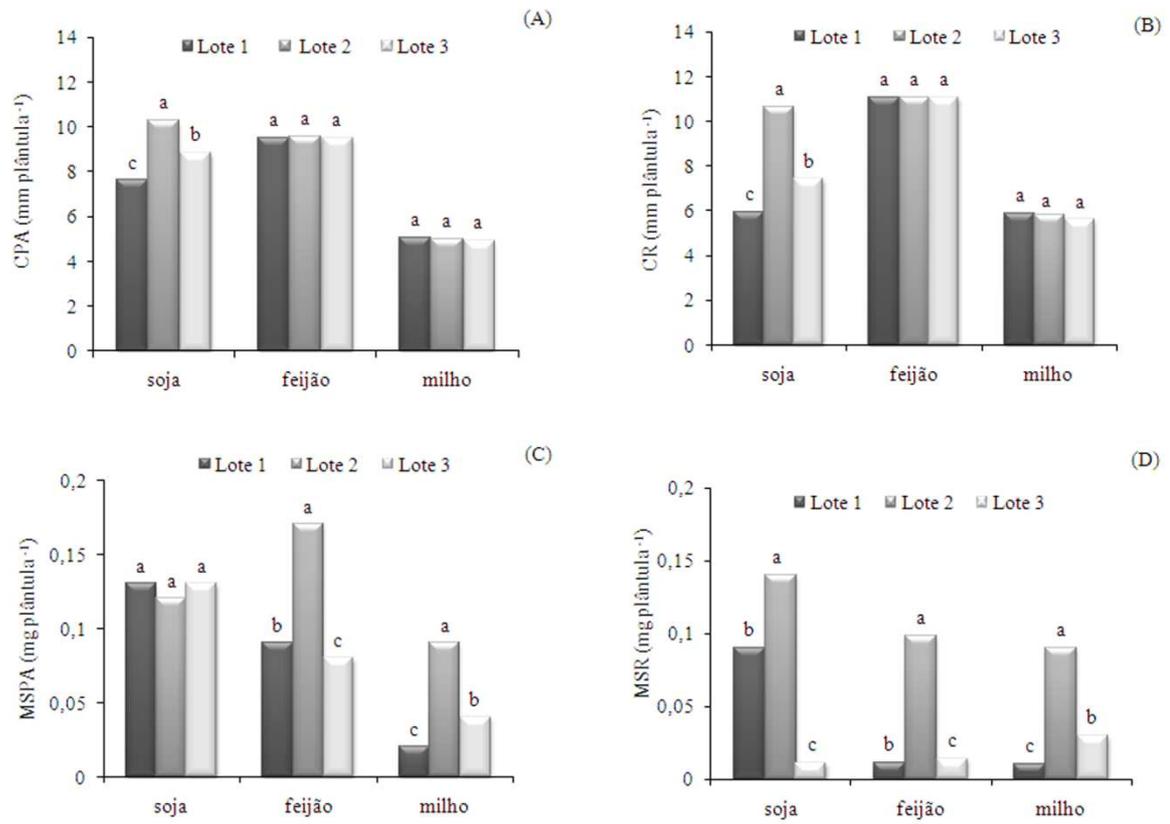


Figura 3.

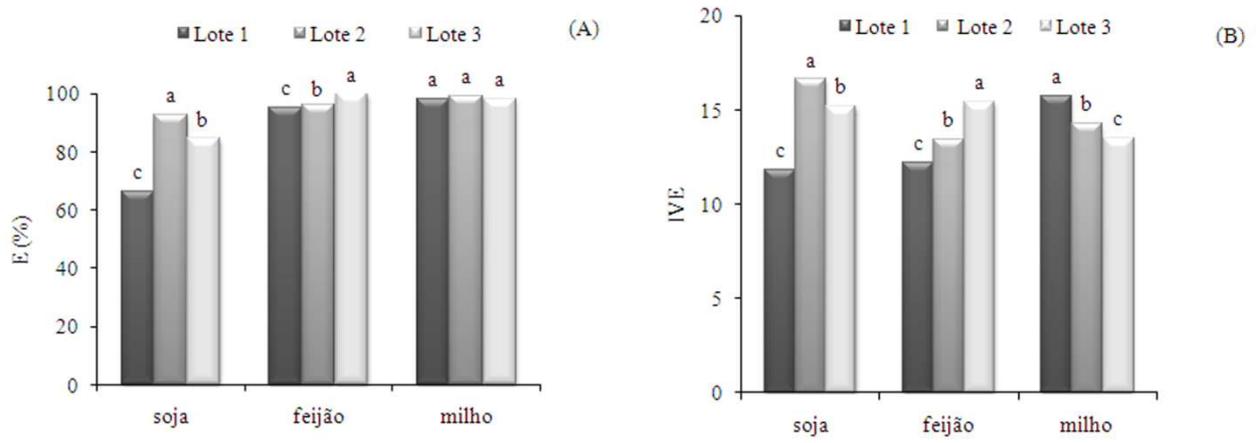


Figura 4.

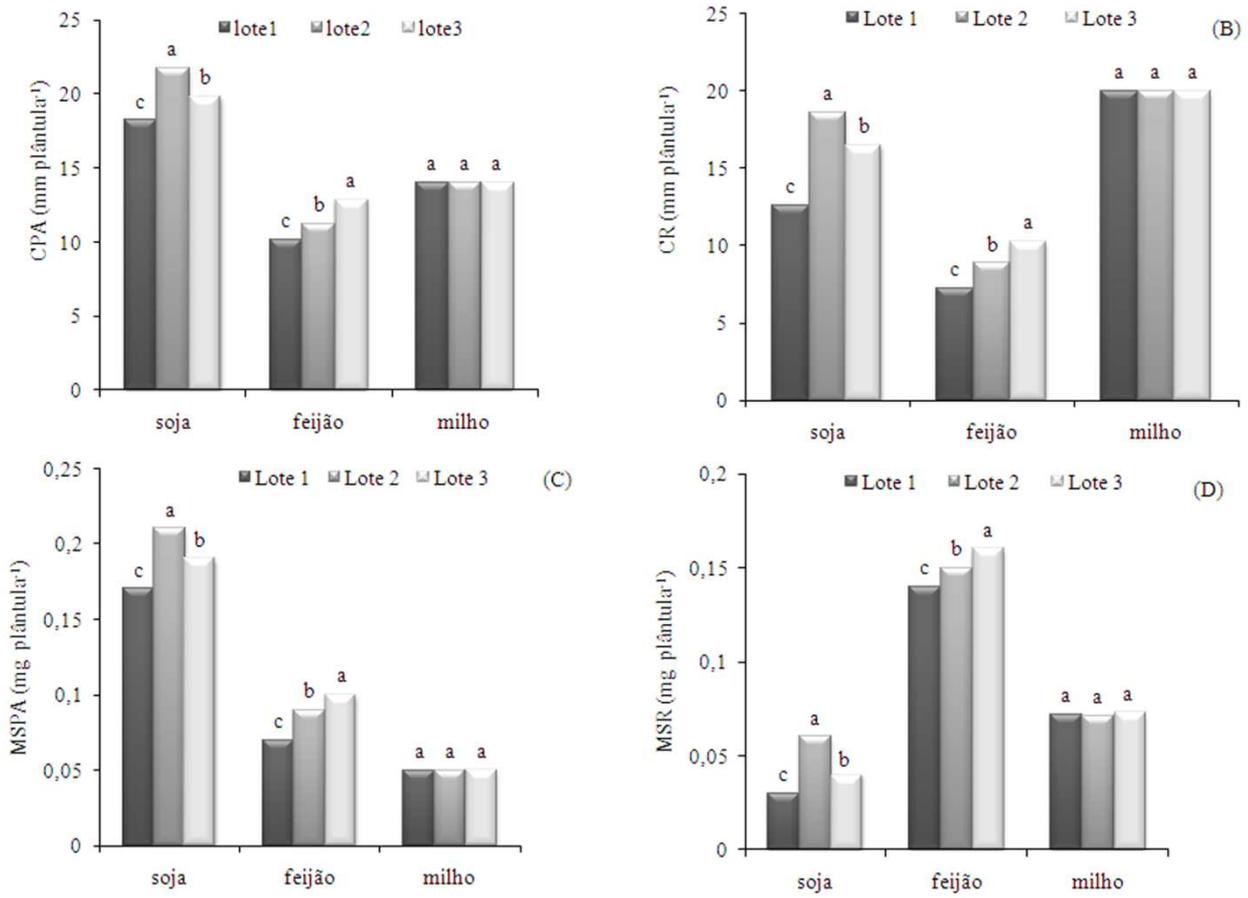


Figura 5.

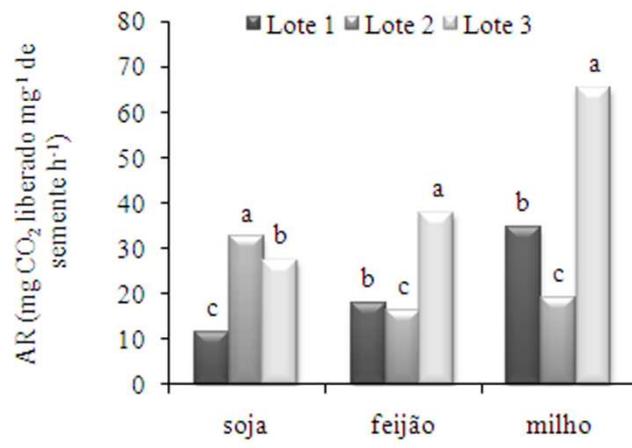


Figura 6.