

PRÉ-HIDRATAÇÃO EM SEMENTES DE SOJA E EFICIÊNCIA DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA¹

MARIABENTA CASSETARI RODRIGUES², FRANCISCO AMARAL VILLELA³, MARIA ÂNGELA ANDRÉ TILLMANN³, RUDINELI CARVALHO⁴

RESUMO - O presente trabalho objetivou avaliar a influência da pré-hidratação na eficiência do teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. Sementes de seis lotes da cultivar BRS- 231, de tamanho uniforme por sua retenção na peneira 6,5mm, foram submetidas aos tratamentos de pré-hidratação em atmosfera saturada e em substrato umedecido, por 3, 6, 9 e 12 horas, antes da imersão em água e posterior leitura da condutividade elétrica com 18 e 24 horas. A qualidade dos lotes foi avaliada pela determinação do teor de água e pelos testes de germinação, frio sem solo, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica sem pré-hidratação após 18 e 24 horas e emergência das plântulas em campo. Os métodos de pré-hidratação em atmosfera saturada e substrato umedecido contribuem para melhorar a eficiência do teste de condutividade elétrica, quando comparados com a imersão das sementes diretamente em água. Tempos de pré-hidratação, a partir das seis horas até doze horas podem ser utilizados para identificação de diferenças menos acentuadas na qualidade fisiológica, de sementes de soja para leituras de condutividade elétrica após 18 e 24 horas de embebição.

Termos para indexação: *Glycine max*, embebição, vigor

PRE-HYDRATION IN SOYBEAN SEEDS AND EFFICIENCY OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST.

ABSTRACT - The present study aimed to evaluate the influence of pre-hydration on the efficiency of the electrical conductivity test in the evaluation of the physiological potential of soybean seeds. Seeds of six lots of cv. BRS - 231, uniform size retained in the sieve 6,5mm, were submitted to the pre-hydration treatments in saturated atmosphere and in humidified substratum, for 3, 6, 9 and 12 hours, before immersion in water and posterior reading of the electrical conductivity test at 18 and 24 hours. The quality of the lots was evaluated by the determination of water content and the stand germination, cold test without soil, accelerated aging, electrical conductivity tests without pre-hydration after 18 and 24 hours and seedling emergence in the field. The methods of pre-hydration saturated atmosphere and humidified substratum can improve the efficiency of the electric conductivity test, when compared directly with seeds soaked in pre-hydration water. Times, starting from six hours up to twelve hours can be used to identify less accentuated differences in the physiological quality of soybean seeds for readings after 18 and 24 hours imbibition.

Index terms: *Glycine max*, imbibition, vigor.

¹Submetido em 25/11/2005. Aceito para publicação em 03/04/2006. Parte da tese de doutorado da primeira autora – Departamento de Fitotecnia/ PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes/ FAEM/ UFPel.

² Eng. Agrônoma Dra. Pós-Doutoranda, Universidade Federal de Pelotas, Caixa Postal 354, CEP: 96010-900. bentarod@ig.com.br.

Bolsista do CNPq;

³ Prof. Adjunto, Dr.; Departamento de Fitotecnia, FAEM/ UFPel. Bolsista em Produtividade em Pesquisa do CNPq;

⁴ Eng. Agrônomo, mestrando do PPC em Ciência e Tecnologia de Sementes - UFPel.

INTRODUÇÃO

Na semeadura de uma lavoura de soja, a utilização de sementes de qualidade é um aspecto fundamental para garantir o empreendimento agrícola, sobre qual todos os outros investimentos serão efetuados (Krzyzanowski et al., 1991).

A qualidade de um lote de sementes compreende uma série de atributos que determinam seu valor para semeadura, sendo de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (Popinigis, 1985). Destes pode ser destacado o potencial fisiológico, diretamente responsável pelo desempenho das sementes no armazenamento e no campo. A resistência das sementes de alta qualidade a condições adversas de campo, conseqüentemente emergência de plantas e produção, tem grande importância na agricultura, tornando as tentativas para resolução desses problemas em objetivos básicos da pesquisa sobre vigor de sementes. Esta vem procurando obter informações sobre o manejo de lotes durante o beneficiamento e armazenamento das sementes, de modo a possibilitar a manutenção de alto vigor pelo maior período de tempo possível.

Na atualidade, uma das principais exigências para a avaliação do vigor de sementes refere-se à obtenção de resultados confiáveis em um período de tempo relativamente curto, permitindo a agilização da tomada de decisão principalmente no que se refere às operações de colheita, beneficiamento e comercialização. Dentro deste contexto, a qualidade fisiológica de sementes de soja é um aspecto importante a ser considerado em um programa organizado de produção, pois o emprego de metodologia adequada possibilita a estimativa do vigor e conseqüentemente do desempenho em campo e o descarte de lotes deficientes, diminuindo riscos e prejuízos.

A qualidade fisiológica da semente é determinada por sua capacidade em desempenhar funções vitais, as quais são caracterizadas pela germinação, vigor e longevidade (Bewley e Black, 1994).

Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela International Seed Testing Association - ISTA (Hampton e Tekrony, 1995), pode-se destacar o teste de condutividade elétrica como um dos mais indicados para estimar o vigor, devido a sua objetividade e rapidez, além da facilidade de execução na maioria dos laboratórios de análise de sementes, sem maiores despesas em equipamentos e treinamento de pessoal (Vieira e Krzyzanowski, 1999). Este preenche ainda os requisitos básicos de um teste de vigor eficiente (Marcos Filho et al., 1990). Neste sentido, Vanzolini e Nakagawa (1998), Vieira et al. (2002) e Vieira et al. (2004) apontam que a

determinação da condutividade elétrica da água de embebição tem sido proposta como um dos testes bastante sensíveis para avaliar o vigor, uma vez que no processo de deterioração um dos eventos iniciais é a perda da integridade das membranas. As sementes com baixo vigor tendem a apresentar desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo um aumento na lixiviação de solutos, tais como: açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas e substâncias fenólicas, e de íons inorgânicos: K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} .

A quantidade de exsudatos liberados pela semente, na água de embebição, pode ser influenciada pelo estágio de desenvolvimento no momento da colheita, pelo grau de deterioração e pela incidência de dano causado pela velocidade de embebição, qualidade da água, grau de umidade e número de sementes (Tao, 1978; Powell, 1986; Dias e Marcos Filho, 1995; Vanzolini e Nakagawa, 1998) além do genótipo (Vieira et al., 1996a).

Para que ocorra lixiviação e conseqüente medição da condutividade elétrica, é necessário que ocorram alterações na integridade das membranas celulares, em função do grau de deterioração, ou seja, de alterações bioquímicas, permitindo assim, a perda de diferentes quantidades de lixiviados, em função do estado fisiológico das sementes (Vieira et al., 1996b).

Sementes com baixo teor de água, submetidas à rápida hidratação podem sofrer danos por embebição. Assim sendo, amostras de sementes em diferentes estádios do processo de deterioração poderão apresentar danos de diferentes intensidades causados pela rápida hidratação que afeta a taxa de lixiviação de eletrólitos e conseqüentemente, influencia a eficiência do teste de condutividade em evidenciar diferenças de potencial fisiológico entre lotes.

Desta forma parâmetros como a influência do dano causado pela velocidade e tempo de embebição é que se avaliará a capacidade de reestruturação das membranas celulares com o intuito de verificar o comportamento das sementes frente à pré-hidratação. E com isto minimizando seus efeitos sobre teste de condutividade elétrica.

Desse modo, a intensificação dos estudos sobre a pré-hidratação controlada das sementes antes da condução do teste possibilita visualizar uma alternativa capaz de aumentar a eficiência do teste de condutividade elétrica na separação de lotes em níveis de vigor, considerando que é um teste relativamente simples, não exige equipamentos sofisticados e não apresenta dificuldades consideráveis para sua padronização. Baseando-se nessa premissa, o presente trabalho

teve como objetivos, determinar a influência dos métodos de pré-hidratação em atmosfera saturada e em substrato umedecido na eficiência do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja, assim como avaliar o progresso da absorção de água nos diferentes tempos de pré-hidratação.

MATERIALE MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) e no campo didático do Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel) no período de abril de 2003 a março de 2004.

Foram utilizados seis lotes de sementes de soja (L1, L2, L3, L4, L5 e L6), de tamanho uniforme obtidas daquelas retidas na peneira 6,5mm, da cultivar BRS 231 produzidas na safra 2002/2003 fornecidos pelo Serviço de Negócios Tecnológicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, gerência de Ponta Grossa, PR.

Para a caracterização e a avaliação qualitativa dos lotes, as sementes com teores de água na faixa de 11,2% foram submetidas às seguintes determinações: **teor de água** - determinado em quatro subamostras pelo método de estufa a 105+3°C, por 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem média para cada lote; **germinação** - realizada com 200 sementes (quatro subamostras de 50) em quatro repetições totalizando 800 sementes para cada lote. As sementes distribuídas em papel toalha tipo germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, foram colocadas para germinar a temperatura de 25°C, com avaliação no quinto e no oitavo dia após a semeadura. As avaliações seguiram as RAS (Brasil, 1992) e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote; **teste de frio sem solo** - foram semeadas quatro subamostras de 50 sementes, em quatro repetições uniformemente distribuídas em papel toalha umedecido com três vezes o peso do substrato. Em seguida, foram confeccionados rolos de forma semelhante ao teste de germinação que após a semeadura, foram colocados em sacos plásticos e permaneceram em câmara regulada à temperatura constante de 10°C, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador regulado a temperatura constante 25°C e as avaliações realizadas no quinto e oitavo dia; **teste de envelhecimento acelerado** - utilizaram-se, quatro subamostras de 50 sementes, com quatro repetições

totalizando 800 sementes. As sementes foram colocadas sobre telas de alumínio fixadas no interior de cada gerbox, distribuídas de maneira a cobrir a superfície da tela. Adicionou-se 40mL de água e a seguir as caixas foram tampadas e mantidas à temperatura de 42°C, por um período de 48 horas (AOSA, 1983). Após este período, as sementes foram colocadas para germinar a 25°C com avaliação no quinto e no oitavo dia após a semeadura; **emergência de plântulas em campo** - Foram utilizadas, quatro subamostras de 100 sementes por lote semeadas em sulcos de quatro metros de comprimento e 0,05 metros de profundidade. A seguir, foram cobertas com uma fina camada de terra e a contagem das plântulas emergidas foi feita em uma única vez aos 15 dias após a semeadura; **teste de condutividade elétrica** - foi realizado com oito subamostras de 50 sementes da fração semente pura. As amostras foram pesadas em uma balança com precisão de duas casas decimais. A seguir, as sementes foram colocadas para embeber em um copo plástico, contendo 75mL de água deionizada. Após, foram agitadas levemente para que todas fossem completamente submersas e então mantidas em uma sala à temperatura constante de 25°C, até completar 18 e 24 horas. Após cada período foi feita a leitura da condutividade elétrica da água de embebição em condutivímetro modelo Digimed MD-31 e os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente.

Tratamentos de pré-hidratação das sementes: as sementes foram submetidas aos tratamentos de pré-hidratação. Antes da condução do teste de condutividade elétrica, as sementes foram submetidas à hidratação controlada pelos métodos substrato umedecido e atmosfera saturada por tempos de pré-hidratação de 3, 6, 9 e 12 horas, estabelecidos em ensaios preliminares: **pré-hidratação em substrato umedecido** - as sementes foram mantidas entre duas camadas de seis folhas de papel germitest umedecido com 2,5 vezes o seu peso seco, sobre telas de alumínio, fixadas no interior das caixas tipo gerbox, funcionando como câmaras individuais, onde se adicionou 40mL de água destilada, conforme descrito por Rosseto et al. (1997) e Villela et al. (2003). As caixas tampadas foram mantidas por 3, 6, 9 e 12 horas à temperatura de 25°C. Ao completar cada tempo de pré-hidratação, as amostras de sementes foram retiradas, pesadas e, em seguida, colocadas em copos plásticos contendo 75mL de água deionizada, por tempos (15; 12; 9 e 6h) e (21; 18; 15 e 12h) até completar 18 e 24 horas de embebição respectivamente. Após, realizou-se a leitura de condutividade elétrica da solução de hidratação das sementes; **pré-hidratação em atmosfera saturada** - as sementes foram mantidas por 3, 6, 9 e 12

horas sobre tela metálica, em caixas gerbox contendo 40mL de água e mantidas a temperatura de 25°C. Ao completar cada tempo de pré-hidratação, as amostras de sementes foram retiradas, pesadas e, em seguida, colocadas em copos plásticos contendo 75mL de água deionizada, por tempos (15; 12; 9 e 6h) e (21; 18; 15 e 12h) até completar 18 e 24 horas de embebição respectivamente para realizar a leitura da condutividade elétrica; **sem tratamento de pré-hidratação** - as sementes foram pesadas e em seguida imersas nos copos plásticos contendo 75mL de água, até completar 18 e 24 horas de embebição para a realização das leituras de condutividade elétrica; **teor de água das sementes após a pré-hidratação** - ao completar cada tempo de pré-hidratação (3, 6, 9 e 12 horas), foram retiradas amostras dos gerbox, para a determinação do teor de água das sementes, pelo método da estufa a 105+3°C, por 24h (Brasil, 1992); **teor de água das sementes após a imersão na solução de embebição** - as sementes previamente pré-hidratadas foram imersas em água por 18 e 24 horas. Após, as sementes foram retiradas da solução de hidratação e o excesso de água das sementes removido com papel toalha, antes da determinação do teor de água pelo método da estufa a 105 + 3°C, por 24 horas (Brasil, 1992).

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para os seis lotes, os dados obtidos nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, frio sem solo, emergência das plântulas em campo e condutividade com 18 e 24 horas de hidratação foram submetidos à análise de variância e as médias de cada lote comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de condutividade elétrica foram submetidos à análise de variância em experimento fatorial seis (lotes) x dois (métodos de pré-hidratação) x quatro (tempos de pré-hidratação), realizando-se a comparação de médias de lote, pelo teste de Tukey e análise de regressão polinomial, para tempos de pré-hidratação. Os dados de teor de água na pré-hidratação, antes e após a imersão na solução de embebição, foram submetidos à regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a caracterização da qualidade dos lotes através da comparação das médias obtidas a partir dos resultados dos testes de determinação do teor de água, germinação, envelhecimento acelerado, frio sem solo, emergência das plântulas em campo e condutividade elétrica, após 18 e 24 horas de embebição. Apesar dos dados obtidos

nestes testes terem sido transformado para realização das análises estatísticas, foram apresentados as médias originais, com a finalidade de melhor visualização e facilidade de interpretação. Os dados referentes à determinação do teor de água das sementes não foram submetidos à análise estatística, sendo de maneira geral semelhantes para todos os lotes (Tabela 1). Nesse sentido, as diferenças verificadas entre os seis lotes de sementes de soja da cultivar BRS 231, nos testes de germinação e envelhecimento acelerado não permitiram uma separação entre os lotes, embora tenha ocorrido um agrupamento dos lotes L3, L4 e L6, num mesmo nível inferior de qualidade fisiológica. Os resultados do teste de germinação confirmam os resultados obtidos por Delouche (1973) ao enfatizar a limitação do teste de germinação na detecção de diferenças não acentuadas na qualidade fisiológica de sementes.

Os resultados referentes à emergência das plântulas em campo revelaram a mesma propensão que o teste de condutividade elétrica após 24 horas (Tabela 1), ao caracterizar o lote L5 como de qualidade superior, o lote L6 como de qualidade inferior e agrupou os lotes L1, L2, L3 e L4, de qualidade intermediária. Os resultados obtidos concordam com Miguel e Cícero (1999), que em estudo realizado com sementes de soja observaram uma correlação positiva entre os resultados dos testes de emergência das plântulas em campo e condutividade elétrica com 24 horas. Analisando comparativamente esses testes no presente trabalho é possível afirmar que os dois métodos de avaliação apresentaram comportamentos similares, na identificação dos lotes de qualidade fisiológica superior e inferior.

No entanto, o ranqueamento dos lotes de qualidade intermediária sofreu variações dependendo do teste utilizado.

Comparando-se as observações efetuadas na Tabela 1, pode-se notar, portanto, que os testes de germinação e envelhecimento acelerado foram menos sensíveis para detectar diferenças entre os seis lotes estudados.

Em complementação à busca de informações relativas ao dano causado pela rápida embebição pela semente na fase de imersão em água no teste de condutividade elétrica e a alteração da qualidade fisiológica da semente, o presente trabalho procurou nesta etapa verificar as possibilidades de diferenciação qualitativa, entre lotes, a partir da leitura da condutividade elétrica da água de hidratação com 18 e 24 horas, após a aplicação dos métodos de pré-hidratação em atmosfera saturada (AS) e em substrato umedecido (SU) por 3, 6, 9 e 12 horas (Tabelas 2 e 3).

A análise dos resultados obtidos nos testes de condutividade elétrica (Tabelas 2 e 3) permite verificar que,

TABELA 1. Caracterização inicial da qualidade de seis lotes de sementes de soja da cultivar BRS 231, quanto ao teor de água (TA), germinação (GE), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio sem solo (TF), emergência das plântulas em campo (EC) e condutividade elétrica após 18 e 24 horas de embebição (CE 18 e 24 h).

LOTES	TA (%)	GE (%)	EA (%)	TF (%)	EC (%)	CE (18h) ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)	CE (24h) ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)
L1	11,1	92 ab	83 ab	82 b	85 b	76,66 b	82,31 b
L2	11,2	92 ab	85 a	86 ab	88 ab	73,28 ab	78,54 ab
L3	11,4	90 b	81 b	83 b	88 ab	77,19 b	83,22 b
L4	11,2	90 b	80 b	83 b	85 b	75,74 b	81,24 b
L5	11,3	94 a	83 ab	88 a	90 a	70,62 a	76,49 a
L6	11,3	90 b	80 b	81 b	80 c	79,37 b	84,32 bc
CV (%)		6,13	7,12	8,05	6,09	6,45	7,02

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2. Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de semente) após os tratamentos de pré-hidratação em atmosfera saturada e substrato umedecido até completar 18 horas de embebição.

LOTES	Atmosfera saturada (AS)				Substrato umedecido (SU)			
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h
	-----($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)-----							
L1	48,51 b	41,54 b	39,49 b	35,56 b	39,34 b	33,35 b	30,19 b	28,99 b
L2	45,17 ab	37,01 a	35,12 a	31,78 a	36,11 ab	29,47 a	25,48 a	23,49 a
L3	49,59 b	39,56 ab	38,19 b	33,26 ab	38,72 b	33,79 b	30,20 b	25,20 ab
L4	47,13 b	42,52 b	39,88 b	36,14 b	39,81 b	34,66 b	29,90 b	28,04 b
L5	42,20 a	37,25 a	34,93 a	31,34 a	33,41 a	28,71 a	24,03 a	22,50 a
L6	51,02 bc	46,72 c	43,56 c	40,23 c	41,59 bc	37,75 c	34,97 c	31,01 c
CV (%)	8,14	7,45	7,22	7,08	8,66	6,89	7,55	6,77

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3. Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de semente) após os tratamentos de pré-hidratação em atmosfera saturada e substrato umedecido até completar 24 horas de embebição.

LOTES	Atmosfera saturada (AS)				Substrato umedecido (SU)			
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h
	-----($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)-----							
L1	59,22 b	50,16 b	47,32 b	43,23 b	47,72 b	41,56 b	36,75 b	33,19 b
L2	53,18 ab	45,22 a	41,38 a	37,30 a	40,88 a	34,10 a	32,27 a	26,83 a
L3	54,32 ab	50,23 b	44,04 ab	40,56 ab	43,29 ab	37,26 ab	34,15 ab	29,76 ab
L4	58,82 b	51,14 b	46,83 b	43,55 b	46,12 b	40,33 b	37,43 b	32,29 b
L5	50,88 a	44,77 a	42,27 a	38,43 a	42,00 ab	35,21 a	31,17 a	27,39 a
L6	61,71 bc	54,50 c	51,49 c	48,88 c	49,18 bc	44,68 c	40,97 c	36,77 c
CV (%)	8,65	7,65	8,32	8,05	7,55	8,12	7,88	7,22

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

para ambos os métodos de pré-hidratação por três horas, não houve diferenciação marcante entre os lotes avaliados, permanecendo o lote L5 como o de qualidade superior, o lote L6 como de qualidade inferior e os lotes L1, L2, L3 e L4 de qualidade intermediária. Por outro lado, a partir das seis horas de pré-hidratação, para ambos os métodos avaliados com leituras realizadas com 18 e 24 horas, o teste de condutividade elétrica mostrou-se mais sensível às diferenças de qualidade fisiológica entre os lotes estudados. Conforme os dados apresentados, destacaram-se os lotes L2 e L5 com níveis superiores de vigor, os lotes L1, L3 e L4 como vigor intermediário, embora houvesse uma tendência de identificar o lote L3 como superior aos lotes L1 e L4 e o lote L6 como inferior em termos de vigor.

De uma maneira geral, pode-se verificar que houve uma tendência para ambos os métodos de pré-hidratação em separar os lotes em três níveis de qualidade. O fato de a partir de seis horas de pré-hidratação ter sido mais sensível em detectar diferenças de qualidade entre os seis lotes pode ser decorrente de nas três primeiras horas, as sementes ainda se encontrarem em processo de embebição, conforme o modelo trifásico de hidratação, ou seja, este período de pré-hidratação parece ter sido insuficiente para o reparo das membranas, havendo separação dos lotes em apenas dois níveis de vigor. Assim sendo, concordando com Dias e Marcos Filho (1996) ao afirmarem que os primeiros momentos da embebição são muito críticos, pois ocorre uma rápida e intensa liberação de eletrólitos até atingir um ponto de equilíbrio quando as membranas celulares se reorganizam, podendo inclusive ocorrer danos às membranas, caso o processo seja muito rápido e as sementes apresentem umidade inferior a 13%.

No método da atmosfera saturada ocorreram valores mais elevados da condutividade elétrica do que no método do substrato umedecido em todos os tempos avaliados (Tabelas 2 e 3). Esses resultados podem indicar que o método do substrato umedecido tenha limitado a mudança da fase dos fosfolipídios da membrana, quando as sementes foram colocadas na água, permitindo que os lipídeos na fase gel passassem para fase líquido-cristalino durante esse método de pré-hidratação, antes da entrada da água. Dessa forma, as sementes tiveram maior oportunidade de recuperação de seus sistemas de membranas, o que resultou em menores incrementos de condutividade elétrica, indicando que o estado de equilíbrio foi atingido mais rapidamente. Simon e Mathavan (1986), sugeriram que as membranas são reparadas durante a embebição e recuperam sua característica semipermeável; membranas danificadas, no entanto, continuam a lixiviar

solutos. Vale destacar que na pré-hidratação em atmosfera saturada por 9h e em substrato umedecido por 3h, os valores de condutividade elétrica com 18 e 24 horas foram similares, para cada lote (Tabelas 2 e 3).

Nas Figuras 1 e 2, pode observar-se os diferentes valores de condutividade elétrica conforme os tempos de pré-hidratação nos métodos de atmosfera saturada e substrato umedecido. Nos períodos em que se realizaram as leituras de condutividade elétrica da solução de embebição com 18 e 24 horas, observou-se que no período de 24 horas houve maior lixiviação de eletrólitos no decorrer dos tempos de pré-hidratação. Esses resultados mostraram que quanto maior o tempo de imersão, maior a quantidade de exsudatos na água de hidratação e maiores os valores de condutividade elétrica.

Verificou-se também, que os menores valores de condutividade elétrica das soluções foram obtidos com o aumento do tempo da pré-hidratação das sementes, seguido pela imersão de água. Esses resultados foram inferiores aos obtidos nas sementes submetidas à imersão sem pré-hidratação.

Constata-se nos dois métodos de pré-hidratação e para os seis lotes a mesma tendência de comportamento da condutividade elétrica, conforme o aumento do tempo de pré-hidratação, representado por equações de segundo grau. Observa-se uma queda acentuada nos valores de condutividade principalmente no intervalo de zero a três horas de pré-hidratação. A hipótese para explicar a maior lixiviação nas sementes com menor teor de água inicial é a possível ocorrência de dano por embebição. O mecanismo de dano por embebição tem sido considerado como um dano físico às sementes, ou seja, como um bloqueio ao sistema metabólico e, ainda como uma combinação de dano metabólico e físico, possivelmente em nível molecular (Pollock, 1969). Assim, Vertucci e Leopold (1986) afirmaram que os danos por embebição em soja são mais intensos em sementes com baixos teores de água. Em condições de excesso de água, a semente poderá absorver água muito rapidamente, ocasionando rupturas em seus tecidos (Hobbs e Obendorf, 1972).

A redução do potencial hídrico, imposta pela pré-hidratação, diminui a velocidade de absorção de água pelas sementes e permite a ocorrência da restauração das membranas celulares que regulam a entrada de água e o conseqüente vazamento de solutos. Esses resultados vão ao encontro dos obtidos por Simon e Raja Harum (1972) ao observarem que a absorção de água pelas sementes com umidade inicial em torno de 10 e 11% tem uma velocidade favorecida pelos altos gradientes de potencial hídrico entre seu interior e a água

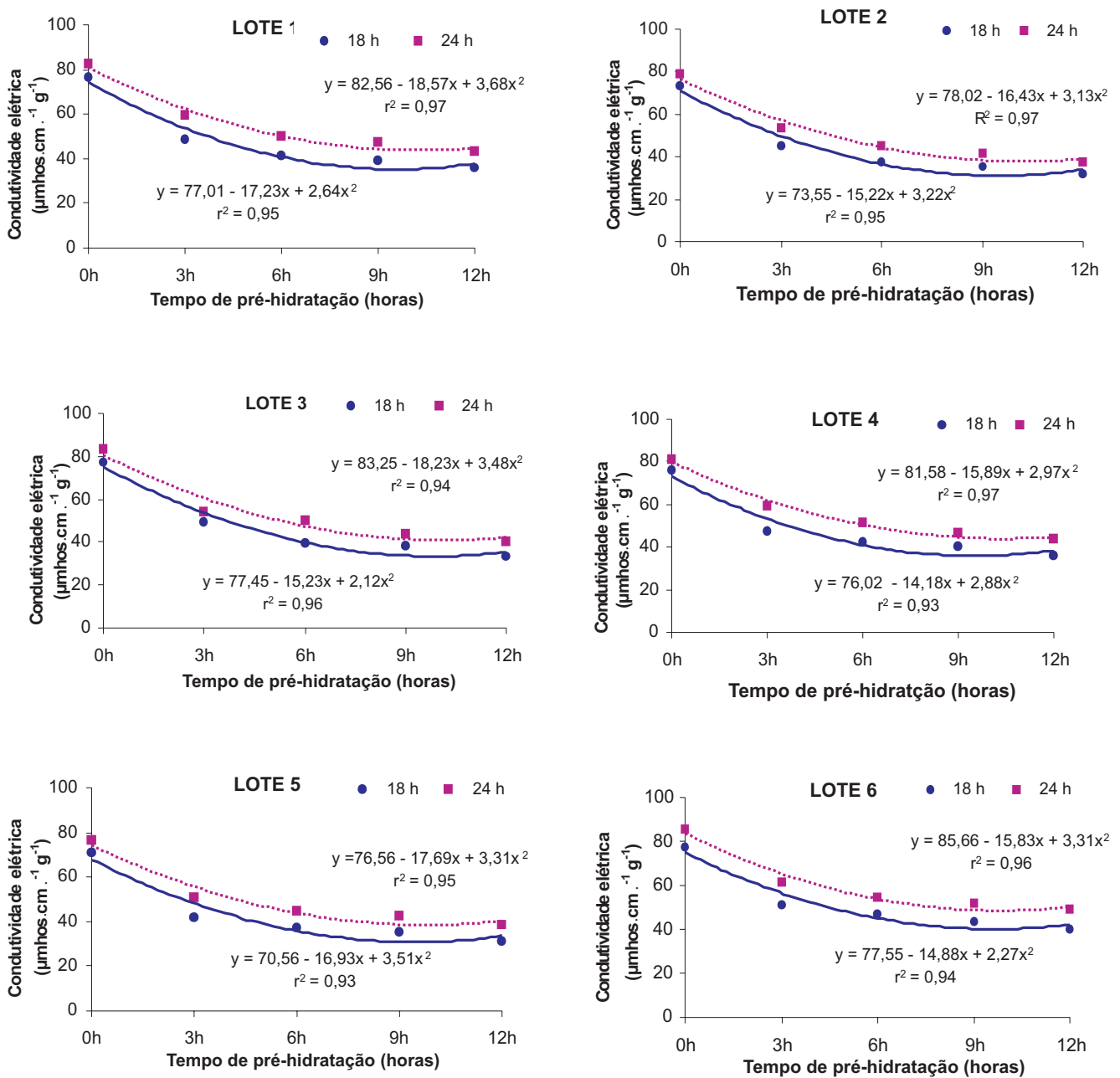


FIGURA 1. Comportamento da condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de semente) da água de embebição de seis lotes de soja da cultivar BRS 231, após 18 e 24 horas em função do tempo de pré-hidratação em atmosfera saturada (AS).

circundante, não permitindo em tempo hábil que os sistemas de membranas recuperem sua característica semipermeável. Armstrong e Mc Donald (1992) também observaram um menor vazamento de eletrólitos de sementes de soja, condicionadas osmoticamente em relação às sementes diretamente imersas em água. Porém, com o período de 24

horas, considerado padrão para o teste de condutividade elétrica, houve novamente a concentração das médias dos lotes de qualidade intermediária.

Da mesma forma que a partir das seis horas de pré-hidratação manteve-se o mesmo comportamento para as leituras de condutividade (Tabelas 2 e 3), pesquisas realizadas

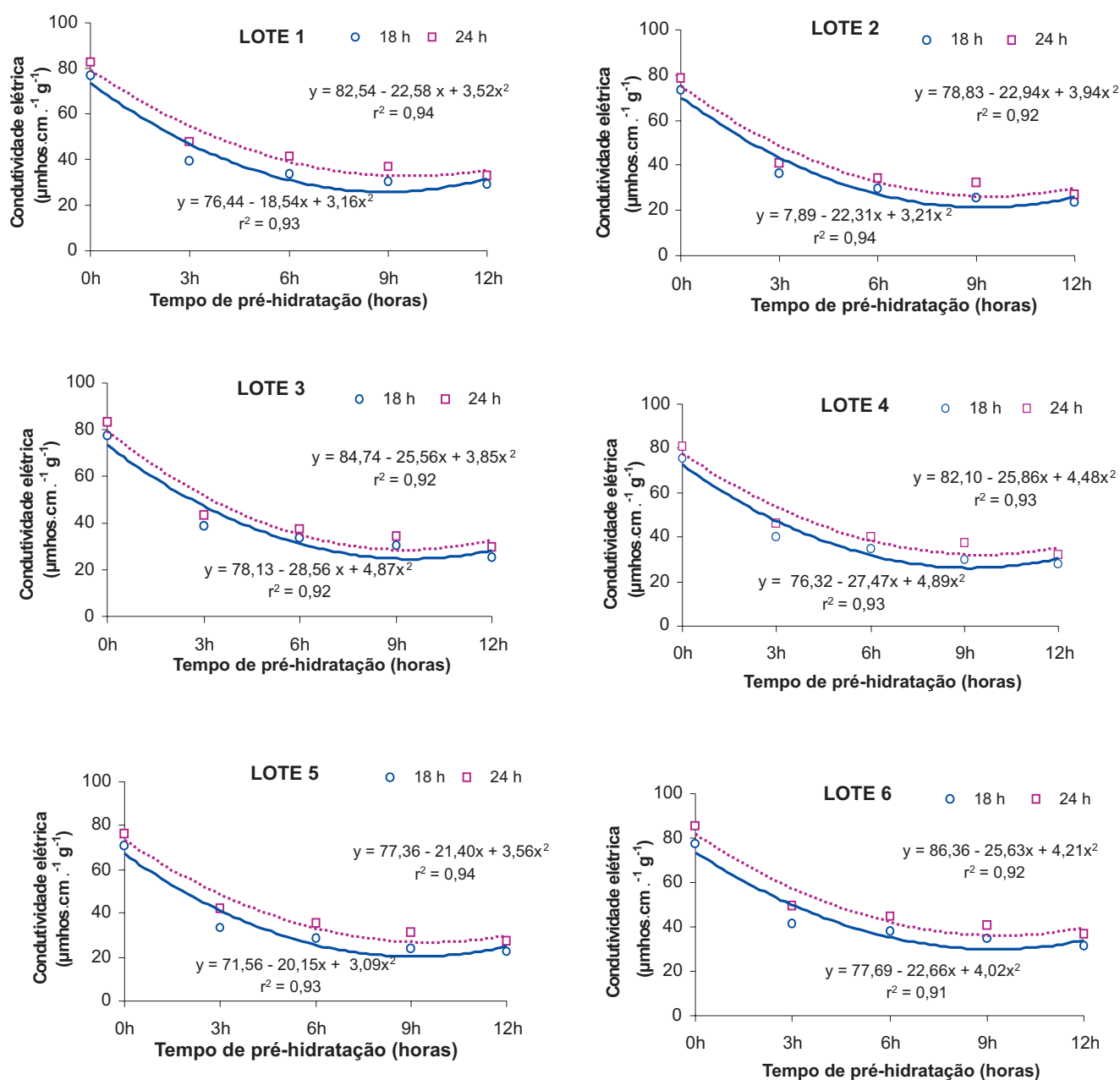


FIGURA 2. Comportamento da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de semente da água de embebição de seis lotes de soja da cultivar BRS 231, após 18 e 24 horas em função do tempo de pré-hidratação em substrato umedecido (SU).

por Marcos Filho et al. (1990) e Dias e Marcos Filho (1995) apontaram distinção entre lotes de sementes de soja, quando a diferença de vigor era grande, com o uso de quatro ou oito horas de hidratação, porém, quando a diferença entre lotes era pequena, o período de hidratação por 16 e 20 horas mostrou-se mais sensível às variações do vigor das sementes de soja. Ainda nesse contexto, Vanzolini e Nakagawa (1998,

1999a e b), realizando trabalhos com sementes de amendoim, observaram que o tempo de embebição de 3 horas foi suficiente para distinguir a qualidade de diferentes lotes. Dias et al. (1998), conduzindo testes de condutividade elétrica com sementes de feijão-de-vagem e quiabo, verificaram para feijão-de-vagem um aumento dos valores de condutividade elétrica com o decorrer do período de hidratação. Observaram

ainda que, somente nas leituras de condutividade elétrica feitas a partir de 20 horas, foi possível detectar diferenças entre os lotes mais vigorosos. Para o quiabo, com quatro horas de hidratação foi possível detectar o lote de maior qualidade fisiológica. Rodo et al. (1998) obtiveram resultados viáveis para sementes de tomate com redução do tempo de hidratação de 24 para quatro horas. Trabalhando com outras cultivares de tomate, Sá (1999), verificou a possibilidade de redução do período para seis horas. Ribeiro et al. (1997) verificaram para sementes de milho que com o período de 12 horas foi possível detectar diferenças na qualidade fisiológica dos lotes. Pelos resultados obtidos pode-se sugerir a possibilidade da redução do tempo de leitura de condutividade elétrica a partir de 6h de pré-hidratação, para ambos os métodos.

Os resultados do presente trabalho mostraram a possibilidade de redução do tempo de 24 horas para 18 horas de embebição das sementes com a utilização dos métodos de pré-hidratação (Figuras 1 e 2). A análise dos dados indica que essa rapidez na obtenção dos resultados tem grande valia para a utilização destes testes em programas de controle interno de empresas de produção de sementes. Os resultados permitem, portanto, afirmar que ocorreram danos nos sistemas de membranas associados ao dano por rápida embebição de água pelas sementes, uma vez que os resultados de condutividade elétrica foram superiores quando as sementes foram diretamente imersas em água em relação às submetidas aos métodos de pré-hidratação, indicando que ocorreu dano associado ao próprio processo de imersão em água no teste de condutividade.

Os dados apresentados na Figura 3 mostram que a pré-hidratação proporcionou um aumento no teor de água nos diferentes tempos e métodos de hidratação para as sementes dos seis lotes de soja. Da mesma forma, os tratamentos de pré-hidratação empregados resultaram em sementes com diferentes graus de hidratação. As equações de terceiro grau, com coeficiente de determinação acima de 0,95 apresentaram melhor tendência para explicar os resultados de teores de água das sementes de soja.

As sementes submetidas aos tratamentos de pré-hidratação tiveram um acréscimo no teor de água bastante acentuado nas três primeiras horas, concordando com o modelo trifásico de hidratação já citado anteriormente, sendo mais evidente em substrato umedecido. A partir das seis horas, houve praticamente uma estabilização no acréscimo dos teores de água, o que provavelmente contribui para a manutenção da mesma tendência dos valores de condutividade elétrica a

partir das seis horas de pré-hidratação para ambos os métodos (Figuras 1 e 2).

No entanto, pelo método da atmosfera saturada as sementes atingiram teores de água em torno de 18%, antes da imersão em água, enquanto no método do substrato umedecido atingiram valores de teor de água de aproximadamente 32%. As sementes submetidas à pré-hidratação em substrato umedecido atingiram teores de água mais elevados, devido ao maior gradiente de potencial hídrico existente entre o interior das sementes com umidade inicial de 11,2% e água contida no papel umedecido, o que provocou maior entrada de água nas sementes comparativamente ao método da atmosfera saturada em que as sementes não foram colocadas em contato direto com o papel, o que proporcionou uma diferença de potencial hídrico menos acentuada e, conseqüentemente, uma menor absorção de água nesse método.

Com relação aos resultados referentes aos teores de água alcançados pelas sementes de soja dos seis lotes utilizados havia expectativa que as sementes do lote seis, de menor vigor, atingissem menor teor de água conforme relato de Vieira et al. (1983). Entretanto, como pode ser observado anteriormente na Figura 3, o teor de água antes da imersão assim como após diferentes tempos de pré-hidratação seguido de imersão em água até completar 18 e 24 horas (Figuras 4 e 5) apresentaram tendência similar para os métodos atmosfera saturada e substrato umedecido, estando os valores de teor de água ao redor de 56%, não diferindo de maneira geral entre lotes. De forma semelhante, essas constatações vão ao encontro às obtidas por Beckert (2001), ao realizar estudos avaliando a hidratação como parâmetro para estimar o desempenho de sementes de soja, ao constatar que lotes com vigor diferenciado apresentaram teores de água semelhante após diferentes períodos de embebição.

As diferenças nos teores de água alcançados com os métodos de hidratação em atmosfera saturada e substrato umedecido foram maiores para o método do substrato umedecido e resultaram em valores de condutividade elétrica, menores para esse método (Tabelas 2 e 3).

No entanto, manteve-se a mesma similaridade na separação dos lotes com potenciais fisiológicos diferentes (Tabela 1), ou seja, ambos os métodos empregados foram capazes de diminuir o dano por rápida embebição. Pelos dados obtidos pode-se afirmar que a pré-hidratação de certa forma reduz as diferenças de potencial hídrico existente entre as sementes e a solução de hidratação, principalmente após seis

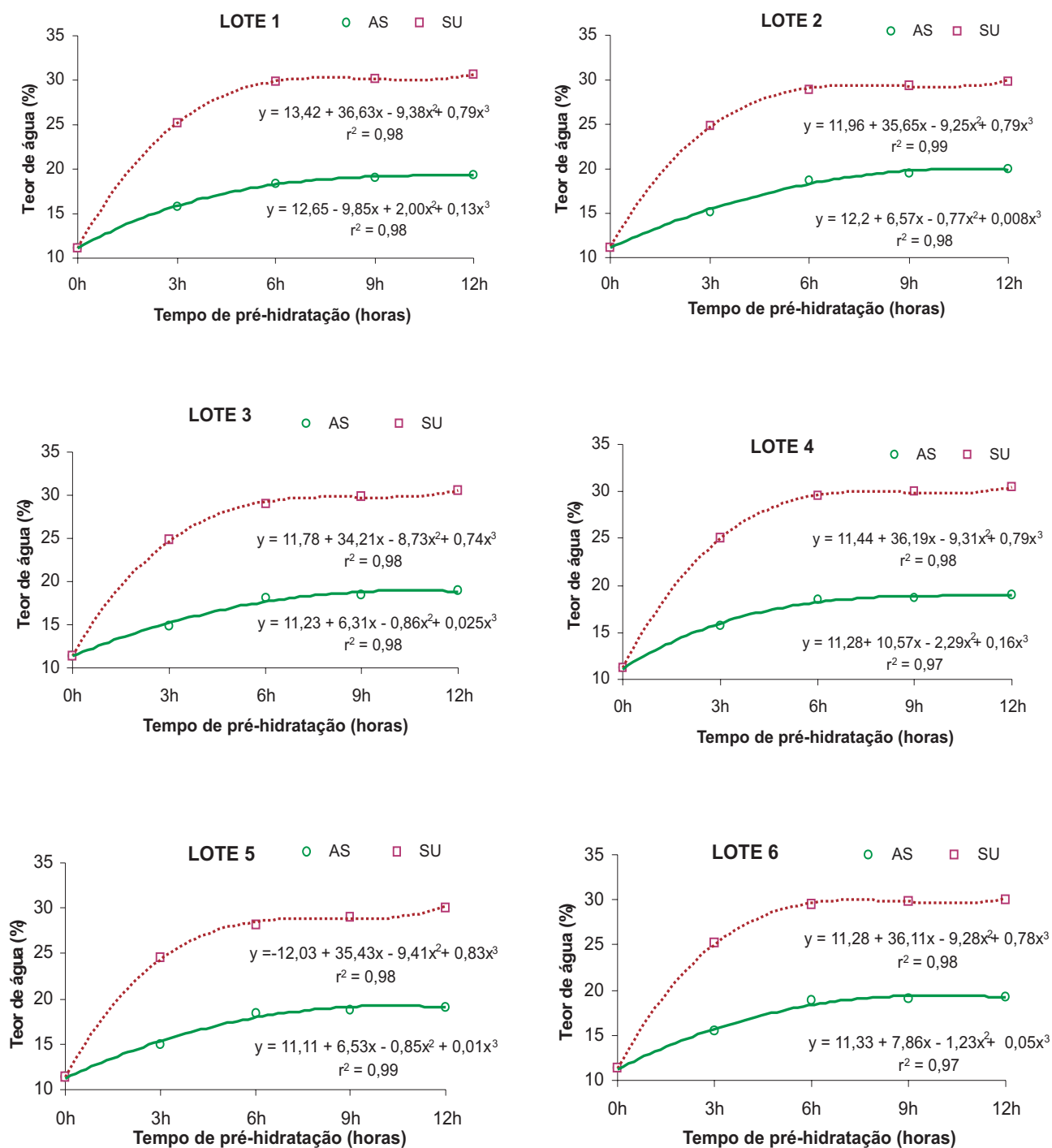


FIGURA 3. Comportamento do teor de água (%) de sementes de soja de seis lotes da cultivar BRS 231, após diferentes tempos de pré-hidratação em atmosfera saturada (AS) e substrato umedecido (SU).

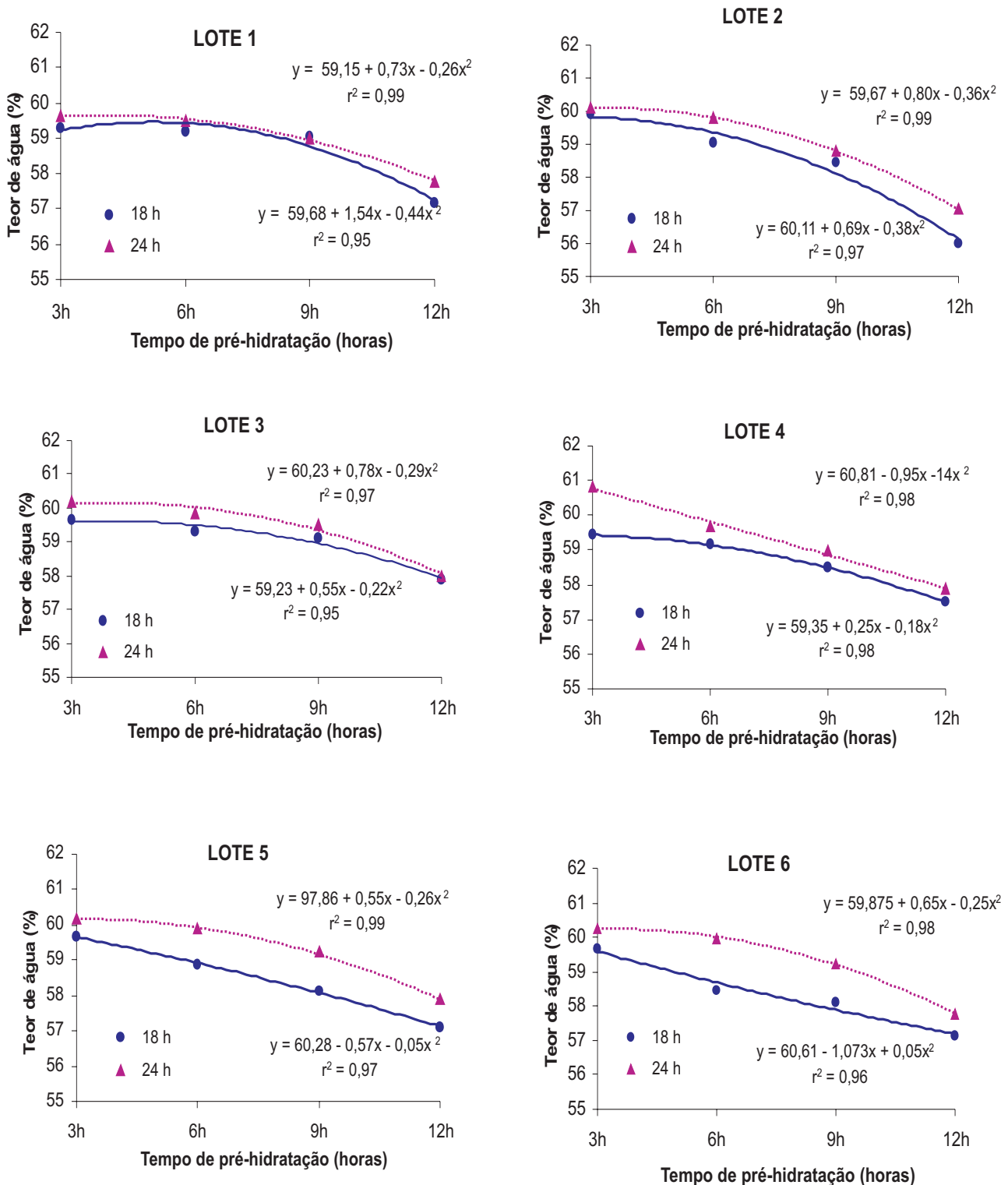


FIGURA 4. Comportamento do teor de água (%) de sementes de seis lotes de soja da cultivar BRS 231, após diferentes tempos de pré-hidratação em atmosfera saturada (AS) seguido de imersão em água até completar 18 e 24 horas de embebição.

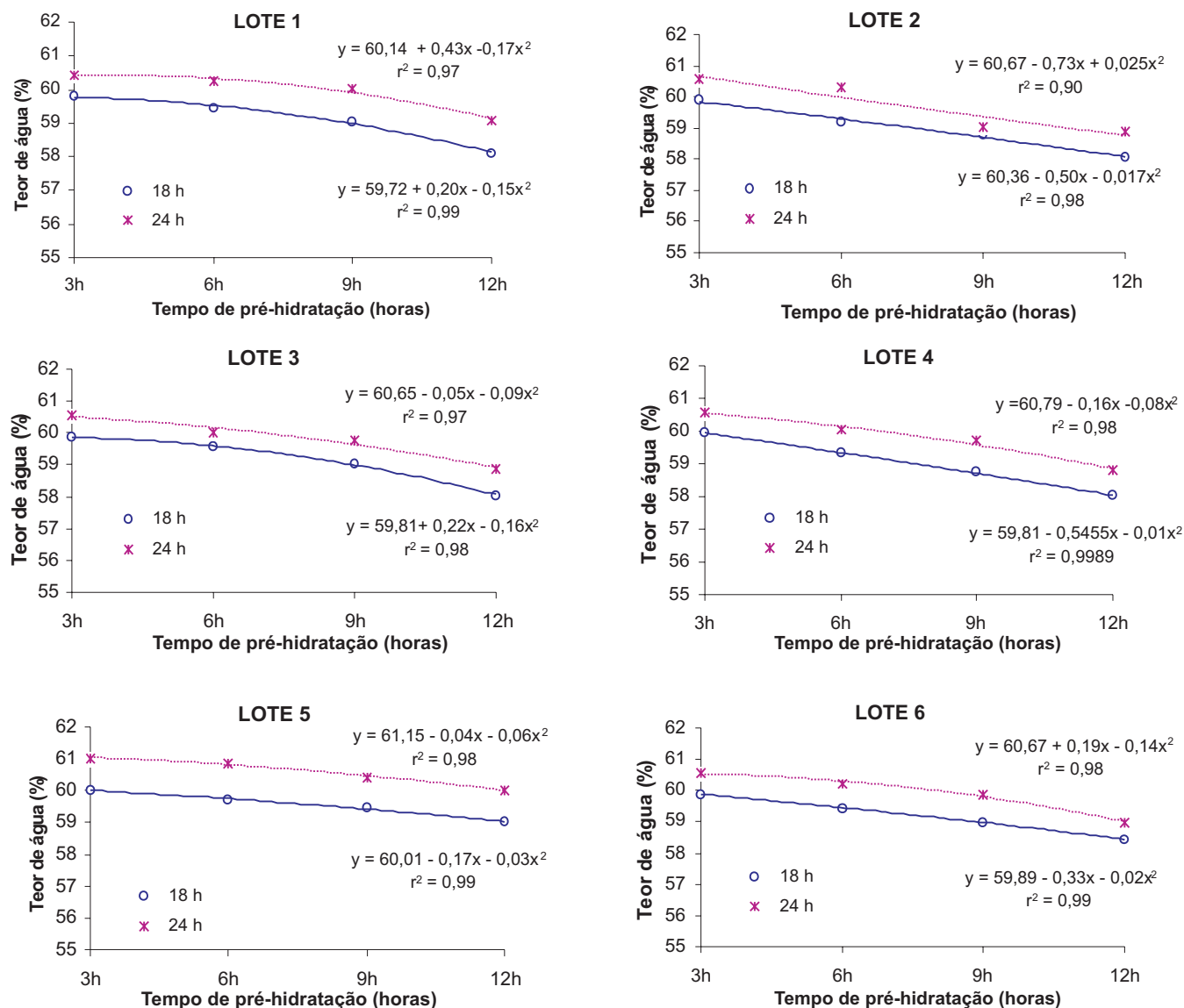


FIGURA 5. Comportamento do teor de água (%) de sementes de soja de seis lotes da cultivar BRS 231, após diferentes períodos de pré-hidratação em atmosfera substrato umedecido (SU) seguido de imersão em água até completar 18 e 24 horas de embebição.

horas, sendo possível então reduzir o efeito do dano por rápida embebição. Baseado nas avaliações já realizadas pode ser sugerido que sementes mantidas em câmara seca não devam ser submetidas, logo após a retirada desta, à avaliação de vigor pelo teste condutividade elétrica, pois segundo Pollock (1969), sementes com baixo teor de água, são particularmente susceptíveis a estresses durante a absorção de água.

CONCLUSÕES

Os métodos de pré-hidratação atmosfera saturada e substrato umedecido contribuem para melhorar a eficiência do teste de condutividade elétrica, quando comparados com a imersão das sementes diretamente em água.

Tempos de pré-hidratação, a partir das seis horas até 12

horas podem ser utilizados para identificação de diferenças menos acentuadas na qualidade fisiológica, de sementes de soja para leituras após 18 e 24 horas de embebição.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, H.; Mc DONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, p.391-400, 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BECKERT, O. P. **O uso da hidratação como parâmetro para estimar o desempenho de sementes de soja**. 2001. 31f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 443p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, N.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, p.427-452, 1973.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Teste de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, p.23-36, 1995.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.
- DIAS, D. C. F. S.; VIEIRA, A.N.; BHERING, M.C. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão-de-vagem e quiabo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.408-413, 1998.
- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, B.M. Conductivity teste. In: HAMPTON, J.G.; TEKRONY, B.M (Eds.) **Handbook of vigour methods**. 3. ed. Zürich: ISTA, 1995. p. 22-34.
- HOBBS, P.R.; OBENDORF, R.I. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, Madison, v.13, p.664-667, 1972.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Testes de vigor em sementes In: ENCONTRO SOBRE AVANÇOS EM TECNOLOGIA DE SEMENTES, 1991, Pelotas. **Anais...** Pelotas: FAEM-UFPeL, 1991. p.97-103.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVEMBRE, A.D.C.L.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p.1805-1815, 1990.
- MIGUEL, M.L.; CÍCERO, S.M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.35-42, 1999.
- POLLOCK, B.M. Imbibition temperature sensitivity of lima bean seeds controlled by initial seed moisture. **Plant Physiology**, Rockville, v.44, p.907-911, 1969.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing, **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.10, n.2, p.81-100, 1986.
- RIBEIRO, D.M.C.A.; CARVALHO, M.L.M.;SALGADO, K.C.C. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays*) através do teste de condutividade elétrica (bulk) **Informativo Abrates**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.187. 1997.
- RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; SAMPAIO, N.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.29-38, 1998.
- ROSSETO, C.A.V.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Comportamento da semente de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, n.1/2, p.106-115, 1997.
- SÁ, M.E. Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.) **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.13-19, 1999.
- SIMON, E.W.; RAJA HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.23, n.77, p.1076-1085, 1972.
- SIMON, E. W.; MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seeds different species. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.14, n.1, p. 9-13, 1986.
- TAO, K.L.J. Factors causing variation in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.3, n.1, p.10-18, 1978.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.178-183, 1998.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de temperatura e do período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília v.21, n.1, p.41-45, 1999a.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de teor de água inicial e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.46-52, 1999b.
- VERTUCCI, C.W.; LEOPOLD, A.C. Physiological activities associated with hydration levels in seeds In: LEOPOLD A.C. (Ed). **Membranes, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Cosmotock Publication, 1986. p.35-49.
- VIEIRA, R.D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.172, p. 408-18, 1983.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito do genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.220-224, 1996a.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMPS, L.B.; NASIERI-FILHO, D. Efeito de genótipos de soja sobre os resultados do teste de condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.220-224, 1996b.

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. p.4.1, 4-26.

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e o teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.19, p.1333-1338, 2002.

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

VILLELA, F.A.; MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Estado energético da água na semente de milho no processo de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.1, p.95-100, 2003.

