

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MAMONA¹

LUCIANA APARECIDA DE SOUZA², MARIA LAENE MOREIRA DE CARVALHO³, VERÔNICA YUMI KATAOKA⁴,
JOÃO ALMIR DE OLIVEIRA⁵

RESUMO - O aumento na demanda por sementes de alta qualidade de oleaginosas, como a mamona, vem desencadeando um grande interesse em testes rápidos que possibilitem a diferenciação de lotes superiores. Para investigar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona, foram utilizados dez lotes das cultivares AL Guarany 2002 e IAC 80. As sementes foram submetidas ao teste de condutividade elétrica de massa e individual em quatro períodos de embebição (6, 12, 18 e 24 horas). A caracterização dos lotes foi realizada pelos testes de germinação, primeira contagem, emergência, estande inicial, índice de velocidade de emergência e tetrazólio. Também foram determinados o teor de água e a curva de embebição das sementes. A condutividade elétrica de massa foi realizada em aparelho condutivímetro CD-21, utilizando-se copos plásticos contendo 25 sementes em 75 mL de água desionizada, acondicionados em BOD à temperatura de 25°C. A determinação da condutividade individual foi realizada com analisador automático de sementes SAD-9000S. Este método não foi eficiente em separar lotes com diferentes níveis de qualidade de acordo com os testes tradicionais de vigor. O teste de condutividade elétrica de massa foi eficiente na detecção de diferenças de qualidade fisiológica em lotes de sementes de mamona, sendo o período de 6 horas de embebição o indicado para a realização do teste.

Termos para indexação: *Ricinus communis*, lixiviação, vigor

ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST TO EVALUATE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF CASTOR BEAN SEEDS

ABSTRACT - The increasing demand for castor bean seeds in Brazil has promoted more interest in the development of tests to assess seed lots with superior quality. To investigate the possibility of using the electrical conductivity test for evaluation of the physiological quality of castor bean seed, ten seed lots from the cultivars AL Guarany 2002 and IAC 80 were used. The seeds were submitted to the bulk and individual conductivity test in four imbibition periods (6, 12, 18 and 24 hours). The lots were characterized by the germination test, first count, seedling emergency, initial emergency, emergence speed index and tetrazolium test. The moisture content of the seeds, the imbibition curve and seed health were also determined. The bulk conductivity test was carried out by using plastic cups with 25 seeds each in 75 ml deionized water, incubated in a BOD at a constant temperature of 25°C. The individual conductivity was determined by an SAD-9000S automatic seed analyzer. In contrast

¹ Submetido em 23/11/2008. Aceito para publicação em 24/05/2008 parte da Dissertação de Mestrado em Fitotecnia pelo primeiro autor.

² Eng. Agr., MSc., Doutoranda em Fitotecnia, UFLA, Cx. Postal 37, 37.200-000, Lavras, MG; E-mail: luapsouza2003@yahoo.com.br.

³ Eng. Agr., DSc., Prof. Titular do Departamento de Agricultura da UFLA;

E-mail: mlaenemc@ufla.br

⁴ Eng. Agr., MSc., Doutoranda em Ciências Exatas, UFLA; E-mail: veronicayumi@terra.com.br

⁵ Biólogo, DSc., Prof. Adjunto do Departamento de Agricultura da UFLA; E-mail: jalmir@ufla.br

to the determination of seed physiological quality using the individual conductivity test, the bulk conductivity test was efficient in the detection of differences in castor seed lot quality and the period of 6 hours was the imbibition time indicated for the test.

Index terms: *Ricinus communis*, leakage, vigour

INTRODUÇÃO

A demanda por sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) vem sofrendo aumento devido à importância econômica do óleo extraído de suas bagas, utilizado principalmente na indústria e também como fonte de matéria-prima para a fabricação do biodiesel. Entretanto, um dos desafios para a produção desse combustível alternativo proveniente da mamona tem sido o suprimento de sementes em quantidade e qualidade para atender o crescente mercado dessa cultura.

As pesquisas com a mamona, principalmente na área de controle de qualidade de sementes, são essenciais para o estabelecimento da cultura e se justificam pela potencialidade da espécie e pela escassez de informações referentes à tecnologia de produção de sementes. Dessa maneira, torna-se necessário adequar tecnologias que permitam avaliar com rapidez e eficiência as variações entre lotes e as possíveis causas da baixa qualidade dessas sementes, auxiliando nas tomadas de decisões em relação ao destino dos lotes.

O procedimento atualmente utilizado para a determinação da qualidade de sementes de mamona é o teste de germinação (Brasil, 1992), que apresenta limitações por não detectar variações entre os lotes em estágio inicial de deterioração (Krzyzanowski et al., 1999) e nem sempre revela diferenças de desempenho entre lotes durante o armazenamento ou em campo (Carvalho e Nakagawa, 2000). Por essa razão, vários métodos têm sido indicados para avaliar o vigor das sementes como complemento aos resultados obtidos no teste de germinação.

Dentre esses métodos, o teste de condutividade elétrica se destaca por ser um teste rápido e objetivo que tem sido utilizado com sucesso nos programas de avaliação da qualidade de sementes em muitas espécies. É um dos dois testes de vigor incluídos nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA, 2006) e sua utilização é atualmente recomendada apenas para sementes de ervilha e sugerida para as de soja (AOSA, 2002).

Objetiva-se, com o teste, avaliar indiretamente a intensidade dos danos causados às membranas celulares resultantes do processo de deterioração da semente. O método consiste na quantificação dos eletrólitos lixiviados pela semente na água de embebição. Essa liberação de eletrólitos das sementes para a água de embebição pode ser detectada avaliando-se a condutividade elétrica da solução (Powell, 1986), sendo que sementes com qualidade inferior liberam maior quantidade de eletrólitos em consequência de uma menor permeabilidade seletiva da membrana. A perda do potencial fisiológico da semente está ligada diretamente às maiores quantidades de solutos lixiviados, resultantes de uma perda da integridade da membrana (Hepburn et al., 1984; Loeffler et al., 1988; Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A avaliação da condutividade elétrica pode ser conduzida pelo método de massa, mais utilizado, e pela avaliação da condutividade de cada semente individualmente. Apesar de suas vantagens, o teste necessita de ajustes especiais para a sua utilização e obtenção de resultados confiáveis em diferentes espécies, já que os resultados dependem da morfologia e tamanho das sementes, da permeabilidade dos tecidos, qualidade e o volume de água (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988; Vieira, 1994; Hampton e Tekrony, 1995).

O período de embebição é outro fator de grande importância para a padronização do teste de condutividade, pois influencia de forma direta os resultados do teste, ou seja, tem efeito decisivo na capacidade do teste distinguir diferenças de qualidade entre lotes (Dias et al., 2006). O período de 24 horas de embebição tem sido recomendado para a avaliação da condutividade; entretanto, existem possibilidades de redução desse período para espécies oleaginosas como amendoim (Ferreira, 1995; Vanzolini e Nakagawa, 1999) e soja (Dias e Marcos Filho, 1996), visando agilizar a obtenção de informações. Loeffler et al. (1988) verificaram que períodos menores de embebição diferenciaram lotes de sementes de soja com níveis extremos de vigor; no entanto, para maior sensibilidade na avaliação do vigor, períodos mais longos foram os mais indicados.

Existem poucas pesquisas com teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade em sementes de mamona (Fonseca et al., 2004; Lima et al., 2005), mas, segundo Matthews e Powell (2006), um dos primeiros relatos do emprego da condutividade elétrica como teste de vigor foi realizado em sementes dessa espécie.

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de investigar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica, de massa e individual, para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizadas sementes de mamona das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002, cada uma representada por cinco lotes, produzidas em Nepomuceno, MG, safra 2005/2006. As sementes foram colhidas, secas naturalmente em terreiro e armazenadas em câmara fria e seca (10°C e 40%UR) até a realização das avaliações. Na caracterização dos lotes foram utilizados os testes e determinações descritos a seguir: **teor de água** - determinado pelo método de estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 horas, conforme Brasil (1992); **germinação** - realizado a 25°C com quatro repetições de 50 sementes por lote. As contagens foram efetuadas aos 7 e 14 dias após a semeadura (Brasil, 1992); **primeira contagem de germinação** - conduzida juntamente com o teste de germinação, consistindo no registro das porcentagens de plântulas normais no sétimo dia após a semeadura; **emergência de plântulas** - realizada com quatro repetições de 50 sementes por lote, em canteiros, sendo o resultado computado aos 21 dias após a semeadura, avaliando-se o número de plântulas emergidas; **estande inicial** - avaliação do número de plântulas emergidas aos 7 dias, após a semeadura; **índice de velocidade de emergência** - foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas. O cálculo do índice de velocidade de emergência foi realizado conforme Maguire (1962); **tetrazólio** - com embebição das sementes entre papel umedecido em água, a 30°C, por três horas, retirada do tegumento e cortes nas laterais dos embriões. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes imersas em solução de tetrazólio à 0,5% e mantidas no escuro em BOD a 30°C, por seis horas (Oliveira et al., 2006); **avaliação de danos mecânicos** - realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, avaliadas em relação à presença de rachaduras no tegumento, ausência de carúncula, do tegumento ou de parte do tegumento. A avaliação foi realizada individualmente, com auxílio de uma

lupa, adotando-se o critério de semente sem dano e sementes com dano no tegumento.

A **curva de embebição** foi realizada em três repetições de 10 sementes para cada lote que foram colocadas para embeber em copos plásticos contendo 150 mL de água destilada a 25°C. Após intervalos de tempo predeterminados (de hora em hora nas seis primeiras horas, de seis em seis horas até o final do primeiro dia, doze horas no segundo e a partir do terceiro dia em intervalos de vinte e quatro horas), as sementes eram retiradas da água, secas superficialmente com papel de filtro, pesadas e colocadas novamente para embeber. Esse procedimento foi realizado até que não fossem observadas alterações de peso das sementes. O período de 24 horas foi estipulado como sendo o valor de estabilidade da curva para as sementes de ambas as cultivares, ou seja, período em que foi caracterizada a fase I de embebição para sementes de mamona.

O **teste de condutividade elétrica de massa** foi realizado com quatro repetições de 25 sementes que foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos, contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em BOD, a 25°C, por diferentes períodos de embebição (6, 12, 18 e 24 horas). A leitura da condutividade elétrica da solução foi feita em aparelho condutivímetro marca Digimed, modelo CD-21. A solução de embebição, após 24 horas de imersão, foi submetida à determinação da **lixiviação de potássio**, empregando-se a fotometria de chama. Para o método de **condutividade elétrica individual** foi utilizado o analisador automático de sementes SAD 9000S, sendo analisadas quatro repetições de 50 sementes por lote. As sementes foram mantidas a temperatura constante de 25°C, por períodos de embebição de 6, 12, 18 e 24 horas.

Os resultados dos testes realizados foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (lotes), para cada cultivar. Os dados obtidos em porcentagem foram submetidos aos testes de Levene e Shapiro-Wilk, os quais indicaram ou não necessidade de transformação. Os dados de condutividade elétrica em massa e lixiviação de potássio da cultivar IAC 80 foram transformados em 1/y (transformação recíproca). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios referentes ao teor de água das sementes foram de 7,8% para a cultivar IAC 80 e 6,5% para

a cultivar AL Guarany 2002. A análise da germinação das sementes da cultivar IAC 80 evidenciou que todos os lotes apresentaram baixa germinação, mas com diferentes níveis de qualidade. Os lotes 1, 2 e 3 foram considerados como de inferior qualidade fisiológica de acordo com os resultados de

primeira contagem, estande inicial, emergência e IVE. Os resultados dos testes de primeira contagem de germinação, estande inicial, emergência, índice de velocidade de emergência e tetrazólio destacaram o lote 4 como sendo de qualidade fisiológica superior (Tabela 1).

TABELA 1. Valores médios (%) dos resultados de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), estande inicial de emergência (EI), emergência (E), tetrazólio (TZ), dano mecânico (DM) e o índice de velocidade de emergência (IVE), dos lotes de sementes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	Testes						
		G	PC	EI	E	IVE	TZ	DM
IAC 80		7 b	4 b	1 b	23 c	0,764 c	12 b	1 a
	2	55 a	10 b	0 b	52 b	1,737 b	36 a	0 a
	3	22 b	13 b	1 b	51 b	1,788 b	37 a	3 b
	4	59 a	27 a	7 a	81 a	2,988 a	45 a	4 b
	5	58 a	31 a	1 b	58 b	1,961 b	45 a	3 b
CV (%)		36,82	47,18	78,57	16,67	16,03	30,42	50,60
AL Guarany 2002	1	84 a	72 b	18 a	84 b	4,363 b	49 b	3 a
	2	94 a	87 a	16 a	87 b	4,479 b	60 b	3 a
	3	87 a	81 a	30 a	90 a	5,241 a	71 a	4 a
	4	90 a	82 a	33 a	91 a	5,342 a	71 a	5 a
	5	95 a	87 a	32 a	90 a	5,387 a	78 a	7 a
CV (%)		6,29	7,48	49,57	3,57	7,45	19,68	42,37

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os lotes da cultivar AL Guarany 2002 não diferiram entre si quanto à germinação; no entanto, a classificação do lote 1 como de qualidade inferior foi obtida pelos testes de primeira contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e tetrazólio. As diferenças entre lotes com germinação semelhante estão relacionadas à seqüência de eventos da deterioração das sementes, que ocorre antes da perda da capacidade germinativa (Delouche e Baskin, 1973). Os lotes 3, 4, 5 foram considerados de qualidade superior em todos os testes realizados. Também não houve diferença na classificação dos lotes em relação ao percentual de dano mecânico (Tabela 1).

As Figuras 1 e 2 ilustram a curva de embebição de cada um dos lotes das cultivares estudadas, que seguiu a mesma tendência para todos os lotes. As sementes atingiram a fase I da germinação após 24 horas, período em que a velocidade de embebição e o ganho de peso são acentuados. Após esse

período de embebição, observou-se a estabilidade das curvas para ambas cultivares de mamona. Tanto o lote 1 da cultivar IAC 80 quanto o lote 1 da cultivar AL Guarany 2002, considerados como de pior qualidade, se destacaram dos demais devido à elevada absorção de água, visto que sementes mais deterioradas absorvem maior quantidade e com maior velocidade que as sementes vigorosas; conseqüentemente, a perda de eletrólitos varia na mesma proporção devido ao elevado nível de deterioração e ao maior tempo requerido para reparação da capacidade seletiva do sistema de membranas (Desai et al., 1997; Krzyzanowski et al., 1999).

Para a cultivar IAC 80, verificou-se, com os resultados do teste de condutividade elétrica de massa (Tabela 2), intensa lixiviação de eletrólitos logo no início do teste, sendo mais evidente no lote 1 que foi classificado pelos demais testes como de qualidade inferior. O teste de condutividade elétrica de massa evidenciou a superioridade do lote 4 em relação aos

demais em todas as avaliações. Ocorreram algumas variações na classificação dos lotes de IAC 80 ao comparar os dados de condutividade elétrica de massa com a germinação e os

testes de vigor utilizados para caracterização do perfil dos lotes, porém todos destacaram com desempenho superior o lote 4 e inferior o lote 1.

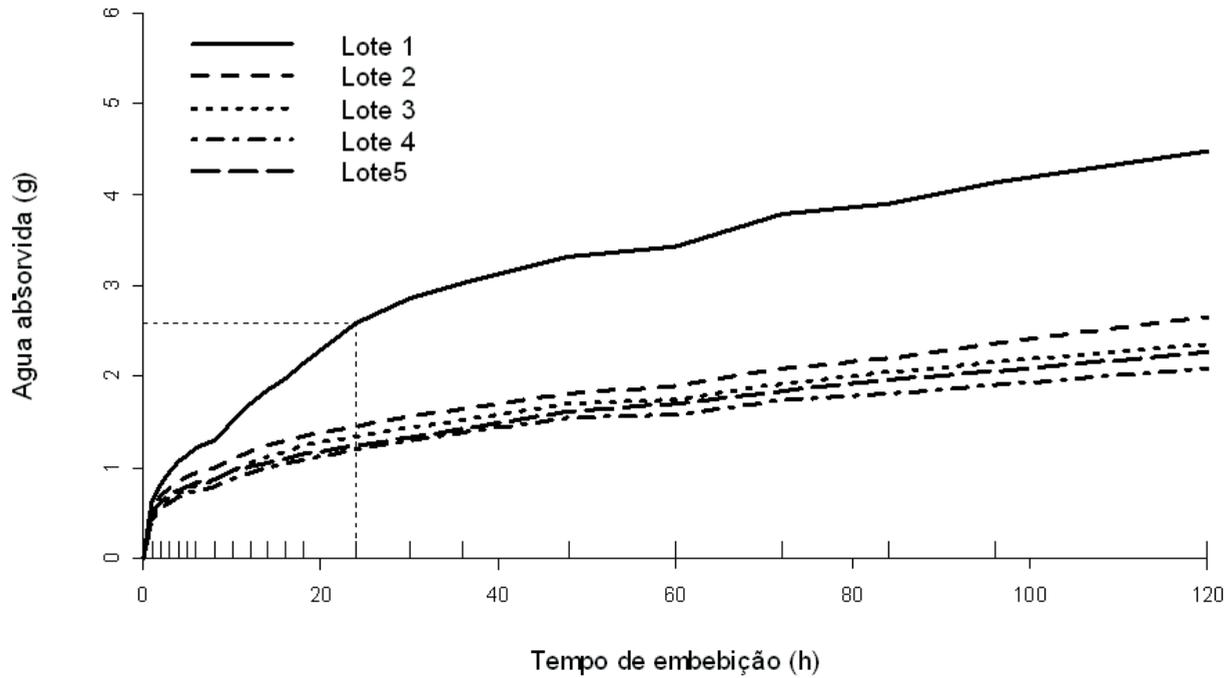


FIGURA 1. Curva de embebição das sementes de 5 lotes da cultivar IAC 80, baseada no ganho de peso (g) em água ao longo do tempo (h). UFLA, Lavras, MG, 2007.

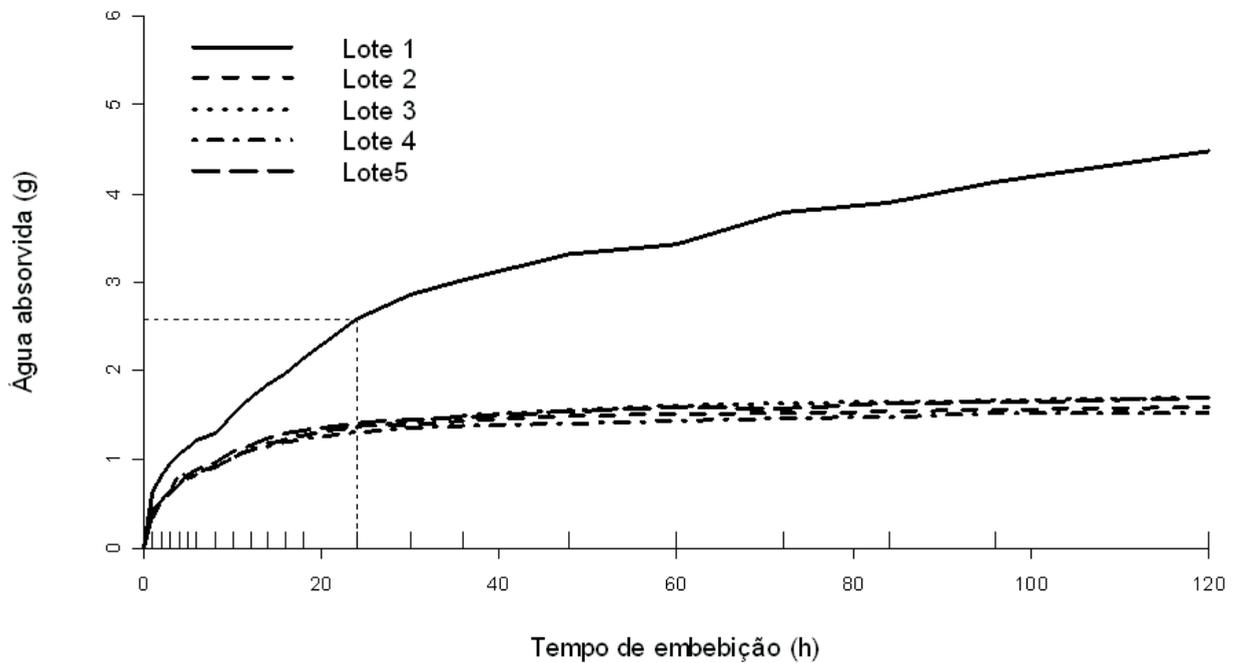


FIGURA 2. Curva de embebição das sementes de 5 lotes da cultivar AL Guarany 2002, baseada no ganho de peso (g) em água ao longo do tempo (h). UFLA, Lavras, MG, 2007.

TABELA 2. Valores médios ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) dos resultados da condutividade elétrica de massa e lixiviação de potássio - LP (ppm/g) para sementes de mamona dos lotes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002, em cada período de pré-condicionamento. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	Períodos de embebição (h)				
		6	12	18	24	LP
IAC 80	1	145,61 d	153,82 d	172,20 d	186,13 c	99,45 a
	2	85,60 c	100,08 c	116,52 c	128,18 b	179,42 b
	3	69,80 b	73,41 b	85,14 b	95,28 a	100,47 a
	4	62,64 a	67,26 a	75,29 a	83,85 a	93,90 a
	5	67,60 b	74,63 b	88,55 b	97,13 b	94,20 a
CV (%)		6,11	7,11	7,94	11,63	5,12
AL Guarany 2002	1	41,75 b	50,24 b	61,58 a	75,35 b	68,00 a
	2	31,56 a	42,10 a	53,93 a	62,66 a	56,70 a
	3	30,12 a	40,83 a	50,46 a	60,44 a	61,77 a
	4	33,44 a	42,70 a	55,10 a	62,81 a	60,00 a
	5	32,74 a	41,78 a	55,47 a	61,70 a	58,97 a
CV (%)		8,99	5,82	8,28	6,82	8,71

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Não houve alteração na classificação quanto aos níveis de qualidade dos lotes até 18 horas de embebição, entretanto, após esse período, houve uma pequena alteração nessa classificação. Segundo Loeffler et al. (1988), lotes que apresentam diferenças de vigor menos acentuadas, precisam de períodos mais longos de condicionamento para que a diferença de qualidade entre os lotes seja detectada. A lixiviação de íons K^+ foi avaliada após a medição da condutividade da solução e foi possível observar maior lixiviação das sementes do lote 2, o que indica que outros lixiviados e não apenas o potássio contribuíram para aumentar a condutividade elétrica da solução de embebição do lote 1.

Verificou-se para a cultivar AL Guarany 2002 que a maioria dos tratamentos, com exceção do período de 18 horas de embebição, proporcionou mesma tendência na separação dos lotes em dois níveis de qualidade. No período de 18 horas não houve distinção em relação ao potencial fisiológico dos lotes. Todas as avaliações identificaram o lote 1 como de inferior qualidade. Os demais lotes apresentaram baixos valores de condutividade elétrica, portanto foram considerados como mais vigorosos. Pelos resultados do teste de lixiviação de K^+ não foi possível detectar diferenças significativas entre os lotes desta cultivar, embora haja uma tendência dos dados em classificar o lote 1 como de inferior

qualidade por apresentar lixiviação de potássio maior em relação aos demais lotes.

Houve um aumento gradativo nos valores de condutividade elétrica com o decorrer do teste para ambas cultivares. A partir de seis horas de embebição já foi possível separar os lotes das duas cultivares em diferentes níveis de vigor, com redução significativa no período de embebição das sementes, em relação ao período padrão de 24 horas, adotado para testes de condutividade elétrica em algumas espécies, como soja e ervilha (Hampton e Tekrony, 1995; Krzyzanowski et al., 1999). Em sementes de amendoim, Vanzolini e Nakagawa (1999) observaram que o tempo de embebição de três horas foi suficiente para a separação dos lotes em relação à qualidade fisiológica. De modo geral, o método de condutividade elétrica de massa, para separação dos lotes de sementes de mamona em níveis de qualidade fisiológica, foi eficiente tanto para a cultivar IAC 80 quanto para AL Guarany 2002, pois os resultados foram semelhantes aos dos demais testes.

Os resultados do teste de condutividade elétrica individual relativos aos lotes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002 estão apresentados na Tabela 3. Foram observadas algumas variações na ordem de classificação dos lotes da cultivar IAC 80 em relação ao vigor, nos diferentes

períodos de embebição. Entretanto, a classificação dos lotes 1 e 2 como de inferior vigor e o lote 4 como o mais vigoroso,

já nas primeiras seis horas de condicionamento, corresponde aos resultados obtidos pelos demais testes.

TABELA 3. Valores médios ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de condutividade elétrica individual para as sementes dos lotes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002, em cada período de pré-condicionamento. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	Períodos de embebição (h)			
		6	12	18	24
IAC 80	1	344,92 d	357,92 e	367,51 d	382,36 d
	2	302,75 c	316,73 d	333,67 c	363,49 c
	3	258,98 b	271,50 b	294,77 b	314,49 a
	4	230,33 a	248,91 a	273,77 a	302,99 a
	5	266,27 b	285,54 c	301,23 b	326,22 b
CV (%)		2,89	2,72	4,76	2,51
AL Guarany 2002	1	191,91 d	206,83 c	250,13 c	308,22 c
	2	174,52 c	195,59 b	232,33 b	278,55 b
	3	144,15 a	171,75 a	211,50 a	259,56 a
	4	163,36 b	191,36 b	224,82 b	269,86 b
	5	188,07 d	213,53 c	255,77 c	306,20 c
CV (%)		4,17	2,80	3,21	3,08

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pelos resultados do teste de condutividade elétrica individual para a cultivar AL Guarany 2002, a separação dos lotes foi possível logo após 6 horas de embebição. Após este período, não houve alteração na classificação dos lotes nos demais tempos de avaliação. O lote 3 se destacou, pelo método individual, como o mais vigoroso entre os demais, fato não verificado com a condutividade elétrica de massa, na qual esse lote foi considerado de potencial fisiológico semelhante ao dos lotes 2, 4 e 5. Como nos demais resultados, a classificação do lote 1 como o de qualidade inferior prevaleceu, porém, o lote 5 também se destacou com altos valores de condutividade, ou seja, nesta avaliação, esse lote também foi considerado de qualidade inferior.

Apesar de ter sido mais sensível em agrupar os lotes de sementes de mamona em maior número de níveis diferentes de qualidade, o método de condutividade elétrica individual não possibilitou caracterizar de maneira eficiente os lotes, pois ocorreram muitas variações entre os resultados deste teste e os dos demais testes convencionais, principalmente para a cultivar AL Guarany 2002. A condutividade elétrica individual, segundo Dias e Marcos Filho (1996), não forneceu informações consistentes sobre o potencial relativo dos lotes, apresentando eficiência variável de acordo com a cultivar de soja estudada.

CONCLUSÕES

O teste de condutividade elétrica de massa é eficiente em detectar diferenças na qualidade fisiológica de lotes de sementes de mamona, sendo o período de seis horas de embebição indicado para a realização do teste.

O teste de condutividade elétrica individual, na metodologia adotada, não é consistente para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: AOSA, 2002. 105p. (Contribution, 32).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SND/CLAV, 1992, 365p.

- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-252, 1973.
- DESAI, B. B.; KOTTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds Handbook**. New York, 1997. 627 p.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, v.53, n.1, p.31-42, 1996.
- DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C.; TOKUHISA, D. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, no.1, p.154-162, 2006.
- FERREIRA, M. R. **Estudos de períodos de embebição no teste de condutividade elétrica e de exposição no envelhecimento acelerado para sementes de amendoim**. 1995. 38f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.
- FONSECA, N. R.; MYCZKOWSKI, M.L.; PRIOR, M.; SÁ, R.O.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; ZANOTTO, M. D. Testes de avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** 2004. v. 1, p. 52-57.
- HAMPTON, J.G. ; TEKRONY, B.M. (Ed.). **Handbook of vigor methods**. 3. ed. Zürich: ISTA, 1995. p.22-34.
- HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, v. 12, n. 2, p. 403-413, 1984.
- ISTA. International Seed Testing Association. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 403, 2006.
- KRYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.
- LIMA, C.B.; SANTOS FILHO, S. V.; SÁ, C. R. L.; MOURA, R. D.; RUFINO, M. S. M.; FILHA, M. E. C. S.; RIBEIRO, M. C. C. Condutividade elétrica e embebição de sementes de mamona de duas safras (2003 e 2004). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL 2., 2005, Varginha. **Anais...** Varginha, 2005. p. 123-127. 1 CD-ROM.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53, 1988.
- MAGUIRE, J.D. Speeds of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-7, 1962.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **ISTA News Bulletin**, n. 131, p. 32-35, 2006.
- OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; CALDEIRA, C.M.; SILVA, C.D.; SILVA, D.G. Teste de tetrazólio em sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** 2006. 1 CD-ROM.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed sowing. **Journal of Seed Technology**, v.10, n.2, p.81-100, 1986.
- TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: Efeitos de temperatura e períodos de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n.1, p. 41-45, 1999.
- VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-32.
- 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.1-26.
- VIEIRA, R.D.; PAIVA-AGUERO, J.A.; PERECIN, D.; BITTENCOURT, S.R.M. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, v.27, p.67-75, 1999.