



Teste de condutividade elétrica em sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.)

Dionei Schmidt Muraro¹, Luan Cutti², Stela Maris Kulczynski¹,
Claudir José Basso¹, Douglas Siqueira Pedroso¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Agronomia, Linha 7 de setembro, BR 386, km 40, Zona Rural, CEP 98400-000, Frederico Westphalen-RS, Brasil. E-mail: dioneimuraro@gmail.com; stelamk@terra.com.br; claudirbasso@gmail.com; doug-pedroso@hotmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Avenida Bento Gonçalves, 7712, São José, CEP 91540-000, Porto Alegre-RS, Brasil. E-mail: luancutti@hotmail.com

RESUMO

Entre os diversos testes de controle de qualidade de sementes, o de condutividade elétrica tem grande potencial para determinar a qualidade com rapidez e confiabilidade. Devido à escassez de informações na literatura referentes à metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de painço, neste trabalho o objetivo foi avaliar o teste de condutividade elétrica, considerando períodos de embebição, volumes de água e número de sementes, buscando estabelecer a metodologia mais adequada para a estratificação de lotes. O trabalho envolveu três experimentos: caracterização dos lotes; determinação do número de sementes x volumes de água a ser utilizado (25, 50, 75 e 100 sementes e 25, 50, 75 e 100 ml de água) e período de condicionamento (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 horas). Na caracterização, os lotes 1 e 4 foram definidos como os mais vigorosos entre todos avaliados. O teste de condutividade elétrica é eficiente para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de painço, sendo a estratificação possível utilizando-se 25 sementes, embebidas em 50 ml de água deionizada, por um período de 14 horas.

Palavras-chave: estratificação de lotes; potencial fisiológico; vigor

*Electrical conductivity test for proso millet seeds (*Panicum miliaceum* L.)*

ABSTRACT

Among the various quality control tests of seeds, the electrical conductivity test has great potential to determine seed quality quickly and reliably. Because of paucity of information in the literature regarding the methodology of the electrical conductivity test for proso millet seeds, this study aimed to evaluate the electrical conductivity test, with periods of imbibition, water volumes and number of seeds, seeking to establish the methodology more suitable for stratification of the lots. The work involves three experiments: characterization of the lots; determining the number of seeds x volumes of water to be used (25, 50, 75 and 100 seeds and 25, 50, 75, and 100 mL of water); and conditioning period (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 and 24 hours). The characterization of lots defined the Lot 1 and Lot 4 as the strongest among the lots evaluated. The electrical conductivity test was efficient to evaluate the physiological potential of lots of proso millet seeds. The stratification of the seed lots was possible using 25 seeds, imbibed in 50 mL of deionized water for a period of 14 hours.

Key words: stratification of the lots; physiological potential; vigor

Introdução

O painço (*Panicum miliaceum* L.) é uma gramínea que está entre as culturas mais antigas do mundo (Lu et al., 2009), o qual foi um dos alimentos básicos nas regiões semi-áridas do Leste da Ásia (China, Japão, Rússia, Índia e Coreia do Sul), até mesmo em todo o continente euro-asiático, antes da popularidade do arroz e trigo (Crawford, 2005), estando presente ainda como um importante alimento nestas regiões. No Brasil vem sendo cultivado com o principal objetivo na alimentação de pássaros (Abrantes et al., 2011), substrato para maltagem de cervejas (Zarnkow et al., 2010) e produção de etanol (Rose & Santra, 2013). Além disso, proporciona grande produção de biomassa na rotação de culturas (Basso et al., 2015) e baixo custo de implantação, o que tem despertado a atenção de muitos produtores, como uma alternativa de diversificação no sistema plantio direto.

O estabelecimento de lavouras de produção de painço está vinculado a diversos fatores, como o preparo adequado do solo, a época de semeadura, o local para cultivo, a temperatura, a disponibilidade hídrica, a sanidade das plantas e o emprego de sementes de alta qualidade, sendo um dos fatores preponderantes para o sucesso de qualquer cultura (Abrantes et al., 2011; Basso et al., 2015; Silva et al., 2016; Muraro et al., 2016).

Dentre os testes de vigor, o de condutividade elétrica, se constitui em um método rápido e eficiente de determinação do potencial fisiológico de sementes. Este visa avaliar indiretamente a intensidade dos danos causados às membranas celulares resultantes do processo de deterioração da semente. Nesse teste, aquelas com menor vigor liberam maior quantidade de lixiviados, como consequência da menor estruturação e seletividade das membranas (Vieira et al., 2002).

O teste de condutividade elétrica vem sendo trabalhado por alguns pesquisadores buscando a padronização para avaliação do vigor de sementes, conforme trabalhos realizados com milho (Gaspar & Nakagawa, 2002), sorgo (Soares et al., 2010), jiló (Lopes et al., 2012), aveia preta (Nogueira et al., 2013), gergelim (Kulczynski et al., 2014) e coentro (Torres et al., 2015). Estes estudos apontam que vários fatores podem afetar o resultado do teste de condutividade elétrica, como espécie, tamanho da semente, teor de umidade da semente, volume da água, tamanho da amostra e tempo de embebição. Assim, é necessário ajustar a metodologia para cada espécie individualmente, a fim de obter informações metodológicas confiáveis.

Devido à escassez de informações na literatura referentes à metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de painço, objetivou-se neste trabalho avaliar sua eficiência considerando diferentes lotes de sementes, períodos de embebição, volume de água e número de sementes, buscando estabelecer a metodologia mais adequada para a estratificação de lotes.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),

Campus de Frederico Westphalen - RS, durante o período de agosto/setembro de 2015, sendo composto por três experimentos. Os quatro lotes de sementes de *P. miliaceum* utilizados foram adquiridos junto a propriedades do Rio Grande do Sul, produzidas no ano agrícola de 2014/2015, cujas sementes foram recebidas em embalagens de papel Kraft multifoliado, em seguida armazenadas em ambiente controlado de temperatura e umidade por 72 horas, para as seguintes avaliações e determinações.

Experimento I (caracterização dos lotes)

Para a caracterização dos lotes foram realizadas determinações e testes descritos a seguir:

Determinação do teor de água: realizada utilizando-se o método da estufa, 105±3 °C, durante 24 horas, com duas subamostras de 50 sementes.

Peso de mil sementes: foram utilizadas oito subamostras de 100 sementes de cada tratamento, sendo estimado a massa de mil sementes, conforme recomendado por Brasil (2009).

Germinação: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolo de papel toalha (*germitest*), umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco e mantida em *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) a temperatura de 25°C, com fotoperíodo de 12 horas. As contagens foram realizadas aos três e sete dias após semeadura (Brasil, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem de plantas normais.

Primeira contagem de germinação: foi realizada juntamente com o teste de germinação, com avaliação da porcentagem de plântulas normais aos três dias após semeadura.

Envelhecimento acelerado: o teste foi conduzido conforme descrito por Marcos Filho (1999), utilizando-se caixas de acrílico, tipo gerbox, contendo uma lâmina de 40 mL de água destilada, cujas sementes foram dispostas sobre uma tela posicionada acima da lâmina de água, mantidas em estufa a 42°C por 36 horas; após esse período foi conduzido o teste de germinação, conforme descrição anterior.

Emergência de plântulas em campo: o teste foi realizado a partir da semeadura de quatro repetições de 100 sementes por tratamento, em mistura de solo e substrato comercial. Após 21 dias da semeadura foi realizada a avaliação, determinando-se a porcentagem de emergência de plântulas.

Índice de velocidade de emergência: foi conduzido conjuntamente com o teste de emergência, com contagens diárias, a partir do início da emergência até que o número de plântulas se estabilizasse. O cálculo do índice de velocidade de emergência foi realizado através da Eq. (1):

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (1)$$

em que:

IVE - índice de velocidade de emergência;

E_1 , E_2 e E_n - número de plântulas emergidas na primeira, segunda e última contagem; e,

N_1 , N_2 , ..., N_n - número de dias da semeadura a primeira, segunda e última contagem (Maguire, 1962).

Comprimento de parte aérea e Comprimento de raiz: Foram utilizadas quatro repetições de 12 plântulas normais escolhidas ao acaso, provenientes da última contagem do teste de germinação.

Massa verde de parte aérea e raiz: Foi realizado através de quatro repetições de 12 plântulas inteiras com parte aérea e raízes definidas. Após a coleta realizou-se a medição em uma balança analítica de precisão digital.

Massa seca de parte aérea e raiz: Foi realizado através de quatro repetições de 12 plântulas inteiras com parte aérea e raízes definidas. Após a coleta as plântulas foram colocadas em estufa a 105 ± 3 °C, durante 20 horas, aonde atingiram peso constante.

Experimento II (lotes x número de sementes x volumes de água)

As combinações estudadas foram as seguintes: lotes, número de sementes e volumes de água para embebição, utilizando-se cinco repetições de 25, 50, 75 e 100 sementes, com os volumes de 25, 50, 75 e 100 mL de água destilada colocados em copos descartáveis com capacidade para 200 mL, para os 4 lotes estudados. As sementes de painço foram pesadas, em seguida adicionou-se a água destilada e na sequência foram postas em câmaras BOD à 25°C pelo período de 24 horas. As medidas da condutividade elétrica (CE) foram determinadas com um condutivímetro Conductivity Meter, modelo CD-4303 e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes.

Experimento III (períodos de embebição)

No Experimento III foi avaliada a influência dos períodos de embebição: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 horas, para cada lote, com quatro repetições de 25 sementes, as quais foram previamente pesadas e colocadas em copos plásticos com capacidade para 200 mL, adicionando 50 mL de água destilada e acondicionadas em câmara BOD à 25 °C. O número de sementes e volume de água foram adotados baseados nos resultados dos experimentos I e II, e após cada período de embebição a CE da solução foi determinada por meio de leituras em condutivímetro de Conductivity Meter, modelo CD-4303, cujos valores obtidos foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$.

Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental empregado em todos os experimentos foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições. O Experimento II caracterizou-se como um fatorial $4 \times 4 \times 4$, sendo os fatores representados pelos lotes, números de sementes e volumes de água de embebição. No Experimento III, o fatorial foi 4×12 , sendo os lotes e 12 os períodos de

embebição. As médias obtidas das avaliações de cada lote foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, sendo que para essas análises utilizou-se o programa estatístico Assistat 7.7 beta.

Resultados e Discussão

Os dados referentes ao teor de água foram semelhantes entre as sementes dos quatro lotes estudados (Tabela 1), sendo a amplitude de variação entre 13,1 e 13,4%, demonstrando que não houve interferência do mesmo nos resultados obtidos nos testes de vigor, uma vez que essas variações estão situadas dentro do limite, que é de até 2% (Marcos Filho, 2005). Esse fator é importante para a confiabilidade das demais avaliações e o fornecimento de resultados consistentes.

Pelos resultados do teste de germinação (Tabela 1) foi possível separar os lotes em níveis distintos de viabilidade, identificando os lotes 1 e 4 como os de maior qualidade, devido aos percentuais de germinação superiores aos demais lotes estudados, chegando a 91 e 88%, respectivamente, enquanto os lotes 2 e 3 foram de qualidade inferior, com percentuais de germinação de 25 e 30%, respectivamente. O capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) pertencente ao mesmo gênero do painço, possui o padrão de germinação de 40% (Brasil, 1998). Considerando isso, os menores percentuais de germinação, verificados nos lotes 2 e 3 de painço, estão abaixo do padrão estabelecido para a espécie do mesmo gênero.

Os lotes de sementes não diferiram quanto ao peso de mil sementes, matéria verde e seca (Tabela 1). Porém os lotes 1 e 4 diferiram estatisticamente, mostrando-se mais vigorosos através dos parâmetros primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea e comprimento de raiz. A primeira contagem do teste de germinação, muitas vezes, expressa melhor as diferenças de velocidade de germinação entre lotes do que o teste de IVE (Medeiros et al., 2014).

Os resultados dos testes de emergência em campo corroboram com aqueles obtidos em laboratório, ficando evidenciada uma maior estratificação dos lotes em diferentes níveis de vigor. Os lotes 1 e 4 obtiveram 87 e 84% de plantas emergidas, enquanto que os lotes 2 e 3 alcançaram 24 e 20%, de forma que os testes utilizados conseguiram distinguir com segurança os lotes mais e menos vigorosos.

Através dos dados de condutividade elétrica obtidos na interação número de sementes x volumes de água (Tabela 2) pode-se observar que a combinação de 25 sementes de painço embebidas em 50 mL de água foi a que melhor representou os resultados obtidos na caracterização dos lotes (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos quatro lotes de sementes de *Panicum miliaceum* L. pelo teor de água (TA), peso de mil sementes (P 1000), germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR), matéria verde (MV) e seca (MS), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência a campo (EC). Frederico Westphalen - RS, 2015.

Lotes	P1000 (g)	TA	G	PC	EA	CPA	CR	MV	MS	IVE	EC (%)
		%		cm		g					
L1	1,95 a	13,4 a	91 a	91 a	73 a	79,25 a	85,40 a	1,13 a	0,12 a	9,69 a	87 a
L2	1,89 a	13,3 a	25 b	23 b	11 c	65,20 c	59,45 c	1,12 a	0,12 a	3,09 b	24 b
L3	1,89 a	13,1 a	30 b	27 b	26 b	73,00 b	70,35 b	1,12 a	0,12 a	3,48 b	20 b
L4	1,92 a	13,2 a	88 a	86 a	82 a	81,95 a	82,25 a	1,13 a	0,12 a	8,69 a	84 a
CV (%)	3,14	1,81	5,01	8,86	4,18	2,64	1,18	2,69	4,26	1,34	1,93

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

Tabela 2. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em função do número de sementes e do volume de água para quatro lotes de sementes de *Panicum miliaceum* L. Frederico Westphalen - RS, 2015.

Lotes	Número de sementes			
	25	50	75	100
	25mL			
L1	493,94 ab	189,81 b	172,75 a	177,18 a
L2	599,79 a	436,47 a	186,53 a	197,19 a
L3	330,52 bc	219,80 b	200,72 a	167,58 a
L4	184,16 c	120,97 b	133,98 a	109,67 a
CV(%)	7,43			
	50 mL			
L1	115,12 b	96,37 a	61,36 a	70,69 a
L2	490,99 a	138,61 a	103,64 a	91,87 a
L3	615,38 a	109,93 a	95,26 a	75,62 a
L4	91,67 b	43,49 a	46,45 a	52,44 a
CV(%)	12,32			
	75 mL			
L1	291,67 a	57,87 a	55,48 a	56,67 a
L2	127,52 a	64,69 a	75,55 a	62,88 a
L3	72,42 a	78,66 a	89,18 a	61,28 a
L4	85,03 a	44,98 a	40,36 a	33,58 a
CV(%)	9,43			
	100 mL			
L1	164,09 a	64,17 a	47,92 a	43,22 a
L2	180,70 a	59,52 a	63,26 a	48,70 a
L3	84,72 a	64,08 a	72,91 a	47,71 a
L4	105,44 a	57,10 a	35,47 a	33,69 a
CV(%)	13,43			

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

Os lotes 1 e 4 apresentaram menor quantidade de solutos lixiviados, no comparativo com os demais lotes, identificando ambos os lotes como sendo os de melhor qualidade fisiológica.

Com relação ao efeito do tempo de condicionamento das sementes nos valores de lixiviados da solução de embebição, observa-se que os valores de condutividade elétrica aumentaram à medida que o tempo em que as sementes ficam embebidas foi maior, em intensidade proporcional à integridade da membrana (Tabela 3), corroborando com os dados de Zuchi et al. (2012) e Pinto et al. (2016). Esse aumento é esperado, pois, quanto mais tempo as sementes ficam embebidas, mais solutos são liberados no meio de embebição, aumentando os valores de condutividade elétrica (Haesbaert et al., 2017).

Verificou-se que o período de embebição de 14 horas permitiu identificar os lotes 1 e 4 como os mais vigorosos, devido a menor liberação de lixiviados (Tabela 3). Este resultado é compatível com as informações obtidas nos testes de vigor realizados na identificação do potencial fisiológico dos lotes avaliados (Tabela 1). Durante o condicionamento das sementes para realização do teste, inicialmente ocorre uma intensa liberação dos lixiviados, tanto pelas sementes intactas e vigorosas, como pelas danificadas, tornando-se difícil a identificação de possíveis diferenças de qualidade entre os lotes, logo no início da imersão. No entanto, com o decorrer deste processo, a quantidade de lixiviados liberados pelas sementes vigorosas tende a estabilizar, em razão, principalmente, da reorganização das membranas, favorecendo a estratificação dos lotes de acordo com sua qualidade (Menezes et al., 2007).

A maioria dos trabalhos recomenda como padrão o período de 24 horas de embebição para proceder à leitura da condutividade elétrica (ISTA, 2004), entretanto para a indústria de sementes, a redução do período de embebição é vantajosa

Tabela 3. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em função de diferentes períodos de embebição, para os quatro lotes de sementes de *Panicum miliaceum* L. Frederico Westphalen - RS, 2015.

Períodos de embebição (horas)	Lotes			
	L1	L2	L3	L4
	$(\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1})$			
2	36,42 ab	57,86 a	42,58 ab	33,42 a
4	54,56 b	68,81 a	54,48 b	50,10 b
6	57,34 b	74,68 a	56,33 b	52,03 b
8	58,43 b	77,00 a	58,55 b	53,54 b
10	59,08 b	85,19 a	63,32 b	54,82 b
12	60,04 b	85,57 a	63,95 b	56,66 b
14	60,32 b	86,81 a	82,41 a	56,86 b
16	73,41 ab	86,86 a	82,95 a	60,11 b
18	73,77 ab	86,72 a	83,95 a	60,20 b
20	73,80 ab	87,34 a	84,02 a	61,77 b
22	79,98 a	88,72 a	86,22 a	62,20 b
24	86,90 a	94,14 a	92,20 a	78,78 b
CV(%)	12,4 %			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

porque obtém-se maior agilidade e rapidez na caracterização da qualidade fisiológicas de lotes de sementes. No entanto as condições para redução do tempo para realização do teste de condutividade elétrica devem ser estudadas e aplicadas para cada espécie individualmente. A redução no período de embebição das sementes também foi observada em sementes de milho (Gaspar & Nakagawa, 2002), gergelim (Torres et al., 2009), sorgo (Soares et al., 2010), canola (Milani et al., 2012), berinjela (Alves et al., 2012), jiló (Lopes et al., 2012), aveia preta (Nogueira et al., 2013) e coentro (Torres et al., 2015).

Através do teste de condutividade elétrica, Torres et al. (2009) também estratificaram a qualidade fisiológica de lotes de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) de forma eficiente. Os autores observaram que a separação foi mais representativa na combinação 50 sementes, 50 mL de água destilada, com período de embebição de oito horas, a 25°C. Da mesma forma, Milani et al. (2012) também obtiveram resultados eficientes com o teste de condutividade elétrica para diferenciação do potencial fisiológico de sementes de canola, sob a condição de 50 sementes imersas em 25 mL de água deionizada por 8 horas. Para sementes de *Panicum maximum* cv. Tanzânia este teste também foi adequado para estratificação da qualidade de sementes, utilizando 50 sementes em 25 mL de solução de embebição, independente do período de embebição (Pinto et al., 2016).

O teste de condutividade elétrica possui características desejáveis para uso de rotina em laboratório de análise de sementes, devido sua facilidade na execução, separação consistente dos lotes, objetividade, rapidez e um controle de qualidade mais dinâmico e efetivo. Os testes de vigor aplicados às sementes, principalmente o teste de condutividade elétrica, quando comparados com os testes de germinação proporcionam informações mais detalhadas sobre níveis de qualidade dos diferentes lotes de sementes.

Conclusões

O teste de condutividade elétrica é eficiente para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de *Panicum miliaceum* L.

A estratificação da qualidade dos lotes de sementes é possível utilizando-se 25 sementes, embebidas em 50 mL de água deionizada por um período de 14 horas.

Literatura Citada

- 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. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300012>.
- Alves, C.Z.; Godoy, A.R.; Candido, A.C.S.; Oliveira, N.C. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. Ciência Rural, v. 42, n. 6, p.975-980, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000600004>.
- Basso, C. J.; Somavilla, L.; Santi, A. L.; Lamego, F. P.; Caron, B. O.; Muraro D. S.; Pansera, E.; Silva, R. F. Rates and application times of nitrogen in proso millet crop. Bioscience Journal, v. 31, n. 4, p. 1030-1036, 2015. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26139>.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p. <https://goo.gl/Zhsf87>. 16 Jul. 2016.
- Brasil. Portaria n. 381, de 05 de agosto de 1998. Estabelece em todo o território nacional, os padrões de sementes de gramíneas e leguminosas forrageiras. Diário Oficial da União, n.149, seção 1, p.43, 1998. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/html/bra26403.htm>. 16 Jul. 2016.
- Crawford, G. East Asian plant domestication. In: Stark, M. T. (Ed.). Archaeology of Asia. Malden: Blackwell, 2005. p.77-95, http://www.academia.edu/826679/East_Asian_plant_domestication. 10 Dez. 2016.
- Gaspar, C.M.; Nakagawa, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milheto. Revista Brasileira de Sementes, v. 24, n. 2, p.70-76, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100012>.
- Haesbaert, F.M.; Lopes, S.J.; Mertz, L.M.; Lúcio, A.D.; Huth, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. Bragantia, v. 76, n. 1, p. 54-61, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.389>.
- International Seed Testing Association - ISTA. Seed vigour testing. In: ISTA (Ed.). International rules for seed testing. Bassersdorf: ISTA, 2004. 46p.
- Kulczynski, S.M.; Machado, E.C.; Bellé, C.; Sangiogo, M.; Kuhn, P.R.; Soratto, R.P. Teste de Condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.). Revista Agrarian, v.7, n.23, p.72-81, 2014. <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2556>. 07 Dez. 2016.
- Lopes, M.M.; Barbosa, R.M.; Vieira, R.D. Methods for evaluating the physiological potential of scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum*) seeds. Seed Science and Technology, v. 40, n. 1, p.86-94, 2012. <https://doi.org/10.15258/sst.2012.40.1.09>.
- Lu, H.; Zhanga, J.; Liub, K.B.; Wua, N.; Lic, Y.; Zhoua, K.; Yed, M.; Zhange, T.; Zhange, H.; Yangf, X.; Shene, L.; Xua, D.; Lia, Q. Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 106, n. 18, p.7367-7372, 2009. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900158106>.
- Maguire, L.D. Speed of germination-aid in selection and evolution for seedling emergence and vigor. Crop Science, v. 2, n. 2, p.176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- Marcos Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- Marcos Filho, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França-Neto, J.B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Brasília: ABRATES, 1999. p.1-24.
- Medeiros, M.A.D.; Torres, S.B.; Negreiros, M.Z.D.; Madalena, J.A.D.S. Testes de estresse térmico em sementes de melão. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 9, n. 1, p. 7-13, 2014. <https://10.5039/agraria.v9i1a2393>.
- Menezes, N.L.; Garcia, D.C.; Bahry, C.A.; Mattioni, N.M. Teste de condutividade elétrica em aveia preta. Revista Brasileira de Sementes, v. 29, n. 2, p. 138-1427, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200019>.
- Milani, M.; Menezes, N.L.; Lopes, S.J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de canola. Revista Ceres, v. 59, n. 3, p. 374-379, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300012>.
- Muraro, D.S.; Silva, A.N.; Basso, C.J.; Kulczynski, S.M.; Calderan, A.; Kirsch, V.G.; Silva, V.A. Proso millet seed physiological and sanitary quality with pig slurry composting doses. International Journal of Current Research, v.8, n. 09, p.37607-37612, 2016. <http://www.journalcra.com/article/proso-millet-seed-physiological-and-sanitary-quality-pig-slurry-composting-doses>. 17 Dez. 2016.
- Nogueira, J.L.; Silva, B.A.D.; Carvalho, T.C.D.; Panobianco, M. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de aveia preta. Revista Ceres, v.60, n. 6, p.896-901, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600019>.
- Pinto, A.H.; Binotti, F.F.S.; Souza, H.M.; Batista, T.B.; Gouveia, G.C. Teste de condutividade elétrica para diferenciação dos níveis de deterioração de sementes de forrageiras. Revista de Agricultura Neotropical, v. 3, n. 2, p. 9-15, 2016. <http://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1070/1071>. 12 Dez. 2016.
- Rose, D.J.; Santra, D.K.; Proso millet (*Panicummiliaceum* L.) fermentation for fuel ethanol production. Industrial Crops and Products, v. 43, n1., p.602-605. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.010>.
- Silva, A. N.; Basso, C.J.; Muraro, D.S.; Ortigara, C.; Pansera, E. Pig slurry composting as a nitrogen source in proso millet crop. Pesquisa Agropecuaria Tropical, v. 46, n. 1, p. 80-88, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4638457>.

- Soares, M.M.; Conceição, P.M.; Dias, D.C.F.S.; Alvarenga, E.M. Testes para avaliação do vigor de sementes de sorgo com ênfase à condutividade elétrica. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 2, p.391-397, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200017>.
- Torres, S.B.; Medeiros, M.A.; Tosta, M.S.; Costa, G.M.M. Teste de condutividade elétrica em sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 3, p. 70-77, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000300008>.
- Torres, S.B.; Paiva, E.P.; Almeida, J.P.N.; Benedito, C.; Carvalho, S.P., C.M. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, n. 3, p. 622-629, 2015. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150046>.
- Vieira, R.D.; Penariol, A.L.; Perecin, D.; Panobianco, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n.2, p.1333-1338, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900018>.
- Zarnkow, M.; Back, W.; Gastl, M.; Arendt, E.K. Impact of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties on malting quality. *Journal of the American Chemical Society*, v. 68, n.1, p.152-159, 2010. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2010-0625-01>.
- Zuchi, J.; Panozzo, L.E.; Heberle, E.; Araújo, E.F. Curva de embebição e condutividade elétrica de sementes de mamona classificadas por tamanho. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 3 p. 504-509, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000300019>.