

# Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico

## Electrical conductivity test in evaluating the physiological potential of chickpeas seeds

Itala Menegon Castilho<sup>2</sup>, Hugo César Rodrigues Moreira Catão<sup>1,\*</sup>, Franciele Caixeta<sup>3</sup>, Luana de Souza Marinke<sup>2</sup>, Gabriel Zanardo Martins<sup>4</sup> e João Batista de Campos Menezes<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, 17900-000, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup> Faculdades Integradas de Ourinhos, Departamento Agronomia, Rua Prefeito Jayme Monteiro, 791, CEP 19700-000, Paraguaçu Paulista, SP, Brasil

<sup>3</sup> General Mills Brasil Alimentos Ltda., R. Benjamin Constant, 17, CEP 86390-000, Cambará - PR, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Estadual Norte Paraná, CEP 86360-000, Bandeirantes, PR, Brasil

<sup>5</sup> Instituto Ciências Agrárias, Universidade Federal Minas Gerais, Avenida Universitária, 1000, CEP 39404-547 Montes Claros, MG, Brasil

(\*E-mail: hugo.catiao@unesp.br)

<https://doi.org/10.19084/rca.17449>

Recebido/received: 2019.03.15

Aceite/accepted: 2019.05.19

### RESUMO

Os testes de vigor foram desenvolvidos para compensar as deficiências do teste de germinação. Objetivou-se avaliar a utilização do teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico. Quatro lotes de sementes da cultivar BRS Aleppo, foram submetidos a testes de germinação e vigor (primeira contagem da germinação, emergência das plântulas, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado). Para o teste de condutividade elétrica, foram estudadas variações no volume de água (50 e 75mL), temperatura (25 e 30°C), número de sementes (25 e 50) e tempo de embebição (1, 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas). O teste de condutividade elétrica foi eficiente para a avaliação do vigor de sementes de grão-de-bico, com o tempo de embebição podendo ser reduzido para quatro horas, porém a utilização de 50 sementes não permitiu diferenciar os lotes. O volume de 25mL em temperatura de 30°C foi a condição mais favorável para a ordenação consistente dos lotes quanto ao vigor, de forma que a condição mais adequada para o teste de condutividade elétrica em sementes de grão-de-bico é a utilização de 25 sementes em 50mL de água por quatro horas a 30°C.

**Palavras-chave:** *Cicer arietinum*, vigor, lixiviação.

### ABSTRACT

The vigor tests were developed to compensate for deficiencies in the germination test. This study aimed to evaluate the use of electrical conductivity in the physiological potential of chickpeas seeds. Four seed lots of cultivar 'BRS Aleppo, were tested for germination, first count germination, seedling emergence, speed of emergence and accelerated aging. For the electrical conductivity were studied variations in the volume of water (50 and 75mL), temperature (25 and 30°C), number of seeds (25 and 50) and imbibed (1, 2, 4, 6, 12, 18 and 24 hours). The electrical conductivity test was efficient for the chickpeas seeds, and the soaking time can be reduced to four hours, but using 50 seeds failed to differentiate between batches. The volume of 25mL and 30°C was the most favorable condition for the consistent ordering of the lots on the force. The best conditions for the electrical conductivity in chickpeas seed are the use of 25 seeds in 50mL of water for four hours at 30°C.

**Keywords:** *Cicer arietinum*, vigor, leakage.

## INTRODUÇÃO

O grão-de-bico é uma leguminosa importante e altamente nutritiva. Seu cultivo foi pouco explorado no Brasil e, até 2010, não havia nenhuma área produtiva do país. Assim, importação de sementes pode aumentar o custo de produção (Avelar *et al.*, 2018). O uso de sementes de alta qualidade é um importante fator para aumentar o rendimento das lavouras e isso reflete diretamente no resultado final da cultura (Bittencourt *et al.*, 2012).

A qualidade das sementes pode ser afetada por inúmeros fatores que podem ocorrer em qualquer etapa da produção e da pós-colheita. Para garantir a qualidade é necessária a adoção de testes rápidos e eficientes para estimar a viabilidade das sementes (Mattioni *et al.*, 2015). Avaliações que permitam a obtenção de informações seguras sobre o potencial fisiológico das sementes são de importância fundamental para as decisões a serem tomadas durante o processo produtivo e de comercialização das mesmas.

Na tentativa de elucidar este fato, somente o teste de germinação, na maioria das vezes, não é suficiente para detectar diferenças no potencial fisiológico das sementes (Ohlson *et al.*, 2010). Dessa forma, têm sido utilizados, em conjunto com o teste de germinação, informações obtidas com os testes de vigor, sendo estes uma ferramenta importante nos laboratórios de análise de sementes, destacando-se o teste de condutividade elétrica. Esse teste baseia-se no princípio de que, com o processo de deterioração, ocorre aumento na lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água, devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares (Vieira & Krzyzanowski, 1999; Marcos Filho, 2015).

Diversos fatores podem influenciar os resultados do teste de condutividade elétrica, dentre os quais destacam-se o genótipo, a desestruturação das membranas, tamanho e número das sementes da amostra, temperatura e o tempo de embebição das sementes (Catão & Caixeta, 2019). Estes fatores são alvos de investigação para conseguir resultados mais consistentes, principalmente a temperatura e o período de embebição que são considerados fatores de extrema importância (Murphy & Noland, 1982; Carvalho *et al.*, 2009).

Em sementes pequenas de outras espécies, como as sementes de pimenta, Vidigal *et al.* (2008) relataram que a lixiviação ocorreu num período de duas horas e permitiu classificar os lotes quanto ao vigor das sementes. Outros estudos também têm indicado a redução do período para a leitura (6 horas) da condutividade elétrica de sementes de pimentão (Oliveira & Novembre, 2005). Em sementes de courgette, Dutra & Vieira (2006) observaram que esse teste pode ser avaliado após oito horas de embebição, enquanto o tempo de embebição para sementes de rúcula pode ser reduzido para quatro horas (Alves & Sá, 2009). No entanto, para sementes de cebola, Dias *et al.* (2006) constataram que esse teste foi pouco sensível na separação dos lotes de alto e baixo vigor.

Assim, a estimativa do vigor de sementes de leguminosas como o grão-de-bico é preponderante para a avaliação da qualidade das mesmas. Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo estudar a metodologia do teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Fundação Gammon de Ensino, localizada em Paraguaçu Paulista, São Paulo, utilizando-se quatro lotes de sementes de grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo. O teor de água das sementes foi determinado, assim como foram realizados também os testes de germinação, primeira contagem de germinação, emergência, envelhecimento acelerado e variações na condução do teste de condutividade elétrica.

*Teor de água:* foi realizado por meio do método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 24 horas, utilizando-se duas sub-amostras com aproximadamente 10g para cada lote (Brasil, 2009). *Teste de germinação:* realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel germitest, humedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e colocadas para germinar a  $20\text{-}30^\circ\text{C}$ , com 8 horas de escuro e 16 de luz, com contagens realizadas aos cinco e oito dias após a semeadura

(Brasil, 2009). A primeira contagem de germinação foi realizada em conjunto com o teste de germinação, determinando-se a porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a sua instalação (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação na primeira contagem e na contagem final.

*Teste de emergência:* a semeadura foi realizada em campo com quatro sub amostras de 50 sementes de cada lote, distribuídas em profundidade de 3,0 cm, espaçamento de 0,5 cm, em sulcos com 1,0 metro de comprimento. O solo foi umedecido até aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água. No décimo terceiro dia após a estabilização do estande, foi contado o número de plântulas emergidas e os resultados foram expressos em porcentagem.

*Índice de velocidade de emergência:* realizado simultaneamente ao teste de emergência, computando-se, diariamente e no mesmo horário, o número de plântulas normais emergidas. O cálculo do índice foi realizado de acordo com fórmula proposta por Maguire (1962).

*Teste de envelhecimento acelerado:* foram utilizadas caixas plásticas (gerbox) contendo, ao fundo, 40mL de água destilada, nas quais foram colocadas quatro repetições de 50 sementes, sobre tela de aço isolando as sementes da água. As caixas foram mantidas em estufa incubadora tipo BOD à temperatura de 41°C, durante 72h. (AOSA, 1983). Em seguida, instalou-se o teste de germinação, sendo a avaliação do número de plântulas normais feita aos cinco dias após a instalação do teste, expressando-se os resultados em porcentagem (%).

*Teste de condutividade elétrica:* foram estudadas variações no número de sementes (25 e 50), volume de água deionizada (50 e 75mL), temperatura (25 e 30°C) e período de embebição (1, 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas). Quatro sub-amostras de sementes fisicamente puras de cada lote foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g e colocadas para embeber em copos plásticos contendo água deionizada, sendo posteriormente mantidos em germinador durante cada período de embebição, dentro de cada temperatura estudada. Decorrido cada período de embebição, as sementes foram levemente agitadas para uniformização dos lixiviados e procedeu-se à leitura da condutividade elétrica

da solução. Para medir a condutividade elétrica adotou-se o método de massa, com sementes escolhidas ao acaso, conforme sugerido por Loeffler *et al.* (1988). As leituras da condutividade elétrica foram realizadas em condutivímetro Digimed DM-31 e os valores médios obtidos para cada lote expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de semente.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por lote. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste F e análise de variância a 5% da probabilidade, e na ocorrência de efeitos significativos as médias foram comparadas pelo teste Scott- Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 5.0 (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao teor de água das sementes foram semelhantes entre os lotes estudados (Quadro 1). Esse fato é importante para a execução dos testes, pois a uniformidade do teor de água inicial das sementes contribui para obtenção de resultados consistentes (Loeffler *et al.*, 1988). Guedes *et al.* (2011) ainda ressaltou que diferenças de 1 a 2% no teor de água entre amostras não são comprometedoras e os testes podem ser realizados. Verificou-se que o teor de água dos lotes estava entre 11 e 12%, ou seja, dentro da faixa que não influencia nos resultados do teste de condutividade elétrica (Hampton, 1995). Marcos Filho (2015) ainda relatou que variações de 4% a 5% entre as amostras são consideráveis toleráveis.

**Quadro 1** - Teor de água (TA), primeira contagem de germinação (P), germinação (G), emergência (E), envelhecimento acelerado (EA) e índice de velocidade de emergência (IVE) para a caracterização inicial da qualidade fisiológica de lotes de sementes de grão de bico

Lotes	TA (%)	P (%)	G (%)	EA (%)	E (%)	IVE
1	11,3	92 a	99 a	87 a	86 a	14,0 a
2	11,7	51 c	75 b	30 c	44 d	4,2 d
3	12,0	50 c	77 b	32 c	51 c	6,6 c
4	11,4	62 b	77 b	50 b	73 b	9,1 b
CV (%)		5,22	6,55	10,91	11,95	9,80

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pode ser observados pelos resultados do teste de germinação que o lote 1 foi estatisticamente superior aos demais (Quadro 1). Os lotes 2, 3 e 4 possuem germinação semelhante. Para Araujo *et al.* (2011) lotes com germinação semelhantes são fundamentais em trabalhos que tem por objetivo determinar metodologia para avaliar o vigor das sementes, pois o objetivo é separar lotes de sementes de germinação semelhante. Se o potencial germinativo das sementes apresentarem diferenças muito acentuadas, o próprio teste de germinação consegue detectar diferenças no potencial fisiológico das sementes (Marcos Filho & Novembre, 2009).

Os testes de primeira contagem de germinação e de envelhecimento acelerado também apontam o lote 1 como o mais vigoroso, e permite ainda identificar o lote 4 com vigor intermediário e os lotes 2 e 3 com menor vigor. Com os testes de emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas foi possível classificar e diferir estatisticamente todos os lotes entre si, sendo o lote 1 o mais vigoroso, 4 e 3 intermediários e o lote 2 como o de menor vigor. Os testes empregados para avaliar a qualidade fisiológica devem ser eficientes para acompanhar o processo de evolução da deterioração das sementes, principalmente quando estas, são submetidas a condições adversas (Carvalho *et al.*, 2009).

Na caracterização inicial dos lotes de sementes de grão-de-bico, com exceção do teste de germinação, verificou-se que, os demais testes tiveram a mesma classificação em relação ao vigor dos lotes.

Os testes de emergência e índice de velocidade de emergência foram mais sensíveis às diferenças de qualidade entre os lotes, estratificando-os em quatro níveis de potencial fisiológico. O teste de emergência é considerado o melhor indicativo para inferir sobre o vigor das sementes, pois na sua execução devem ser utilizadas condições que simulem aquelas que as sementes estarão sujeitas por ocasião da sementeira em campo (Guedes *et al.*, 2011).

O teste de condutividade elétrica conduzido a 25°C (Quadros 2 e 3), não foi eficiente na separação dos lotes 1 e 4 em diferentes níveis de qualidade fisiológica para sementes de grão-de-bico, independentemente da quantidade de sementes (25 ou 50) e de água (50 ou 75mL).

Na metodologia utilizando 25 sementes, 50 mL de água deionizada a 30°C, no período de duas horas de embebição, os lotes 2 e 3 apresentaram valores de condutividade superiores aos outros lotes. Portanto, esses lotes têm vigor inferior devido ao maior conteúdo de exsudatos lixiviados por consequência do maior grau de deterioração de suas membranas (Quadro 4). De acordo com Catão & Caixeta (2019) e Bewley & Black (1994), as altas temperaturas, acima de 30 °C promovem o aumento da quantidade de lixiviados e isso, é devido a desestruturação do sistema de membranas celulares, estando relacionado com a sua integridade, assim não haveria um processo de reorganização das membranas, aumentando a lixiviação na solução de embebição das sementes.

**Quadro 2** - Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de grão de bico nas combinações de 25 sementes 50mL<sup>-1</sup> e 25 sementes 75mL<sup>-1</sup> de água, a 25°C, em diferentes períodos de embebição

Lotes	Períodos de embebição (h)						
	1	2	4	6	12	18	24
-----50 mL-----							
1	14,86 a	19,54 a	25,49 a	29,20 a	33,89 a	32,78 a	31,63 a
2	113,01 c	145,96 c	179,05 c	198,80 c	232,66 c	204,65 c	189,96 c
3	33,81 b	43,96 b	56,41 b	63,76 b	100,33 b	86,21 b	68,78 b
4	12,11 a	17,63 a	24,74 a	30,05 a	35,49 a	22,76 a	16,91 a
CV (%)	18,07	16,87	16,83	15,49	33,61	18,30	20,20
-----75 mL-----							
1	13,90 a	14,90 a	19,72 a	21,25 a	24,55 a	21,63 a	14,97 a
2	70,73 c	88,56 c	113,67 c	125,99 c	144,68 c	118,79 c	70,85 c
3	27,81 b	32,94 b	41,64 b	45,23 b	53,70 b	50,23 b	44,04 b
4	14,13 a	16,40 a	22,12 a	25,10 a	30,60 a	24,66 a	18,64 a
CV (%)	10,52	12,57	12,58	14,75	19,31	21,55	32,46

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Quadro 3** - Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de grão de bico nas combinações de 50 sementes 50mL<sup>-1</sup> e 50 sementes 75mL<sup>-1</sup> de água, a 25°C, em diferentes períodos de embebição

Lotes	Períodos de embebição (h)						
	1	2	4	6	12	18	24
-----50 mL-----							
1	24,21 a	27,43 a	31,25 a	33,75 a	38,98 a	32,36 a	27,55 a
2	137,79 c	157,44 c	183,04 c	198,76 c	225,47 c	216,45 c	182,45 c
3	53,89 b	63,47 b	77,03 b	85,12 b	99,19 b	92,67 b	81,90 b
4	29,70 a	33,70 a	40,60 a	45,55 a	52,21 a	31,24 a	29,59 a
CV (%)	5,93	7,20	8,06	8,16	8,98	10,28	17,02
-----75 mL-----							
1	20,72 a	22,71 a	24,46 a	27,12 a	30,00 a	25,84 a	22,89 a
2	94,21 c	109,39 c	126,06 c	138,82 c	159,21 c	132,91 c	123,79 c
3	33,55 b	39,04 b	46,36 b	52,43 b	61,66 b	59,12 b	56,69 b
4	17,98 a	21,41 a	25,05 a	28,38 a	33,87 a	26,62 a	20,56 a
CV (%)	16,13	11,15	13,83	12,84	13,27	15,49	16,73

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A partir de quatro horas de embebição, verifica-se maior estratificação do vigor dos lotes das sementes de grão-de-bico. Vale ressaltar que essa estratificação dos lotes se manteve desde as quatro horas até vinte quatro horas de embebição, permitindo a realização do teste de condutividade elétrica em menor tempo e, conseqüentemente, a obtenção mais rápida dos resultados. Carvalho *et al.* (2009) ressaltaram que as altas temperaturas são responsáveis pela concentração e estabilização das médias de lixiviados durante a condução do teste de condutividade elétrica.

Resultados similares, foram observados por Dutra & Vieira (2006) avaliando a condutividade elétrica em

sementes de abobrinha, em que a classificação de lotes foi obtida a partir das oito até as 24 horas de embebição. Outros autores também reduziram o tempo de embebição em relação às 24 horas indicadas (Araujo *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2014; Catão & Caixeta, 2019).

Ainda no Quadro 4 observou-se que, para o volume de 75mL de água, não houve similaridade na ordenação dos lotes em comparação com as avaliações iniciais de qualidade das sementes, ou seja, este volume não permitiu a diferenciação entre os lotes 1 e 4. Em nenhum dos volumes de água testados (50 e 75mL), com 50 sementes a 30°C, foi possível diferenciar os lotes 1 e 4, sendo estes classificados em um mesmo nível de vigor (Quadro 5).

**Quadro 4** - Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de grão de bico nas combinações de 25 sementes 50mL<sup>-1</sup> e 25 sementes 75mL<sup>-1</sup> de água, a 30°C, em diferentes períodos de embebição

Lotes	Períodos de embebição (h)						
	1	2	4	6	12	18	24
-----50 mL-----							
1	29,29 a	33,83 a	36,62 a	42,91 a	39,61 a	34,58 a	29,26 a
2	221,85 b	217,38 c	250,73 d	284,99 d	273,61 d	220,47 d	125,32 d
3	66,27 a	79,15 b	98,05 c	105,43 c	114,84 c	104,22 c	98,16 c
4	41,82 a	48,59 a	68,38 b	72,68 b	78,30 b	66,33 b	51,54 b
CV (%)	20,03	19,28	15,61	12,16	12,89	15,44	30,06
-----75 mL-----							
1	18,07 a	22,15 a	25,73 a	28,29 a	29,56 a	24,43 a	20,10 a
2	138,45 b	161,21 b	191,41 c	213,36 c	220,88 c	162,48 c	93,86 b
3	46,89 a	57,64 a	73,19 b	85,07 b	97,29 b	90,21 b	82,68 b
4	26,93 a	30,67 a	36,76 a	41,23 a	44,98 a	32,96 a	18,77 a
CV (%)	36,88	30,69	26,03	23,59	21,87	24,56	30,13

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Quadro 5** - Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de grão de bico nas combinações de 50 sementes 50mL<sup>-1</sup> e 50 sementes 75mL<sup>-1</sup> de água, a 30°C, em diferentes períodos de embebição

Lotes	Períodos de embebição (h)						
	1	2	4	6	12	18	24
-----50 mL-----							
1	27,61 a	32,52 a	36,97 a	39,49 a	36,29 a	34,98 a	33,37 a
2	175,97 b	206,29 c	237,48 c	254,90 c	220,26 c	178,23 c	131,38 c
3	56,44 a	69,05 b	83,45 b	92,33 b	94,38 b	88,64 b	76,67 b
4	37,50 a	45,07 a	54,70 a	51,00 a	51,63 a	52,87 a	40,01 a
CV (%)	20,29	16,25	14,82	14,06	22,94	17,89	11,78
-----75 mL-----							
1	19,25 a	23,00 a	26,25 a	28,50 a	31,25 a	29,86 a	26,25 a
2	117,00 c	142,25 c	167,00 c	181,75 c	178,25 c	149,25 c	114,00 c
3	39,75 b	50,50 b	63,25 b	71,00 b	74,00 b	71,08 b	64,00 b
4	24,00 a	28,75 a	34,25 a	37,50 a	41,50 a	32,96 a	21,25 a
CV (%)	17,70	11,91	10,57	9,67	9,58	10,22	14,19

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Portanto, esses resultados não corroboram com os dados de emergência na caracterização inicial em que estratificam os lotes de sementes de grão-de-bico em quatro níveis de vigor. Em outras pesquisas, como, por exemplo, em sementes de soja, Catão & Caixeta (2019) indicam que o teste de condutividade elétrica deve ser conduzido utilizando 50 sementes a 30°C. Considerando a facilidade de execução, objetividade e rapidez do teste de condutividade elétrica, este é indicado como

rotina num laboratório para análise de sementes de grão-de-bico.

## CONCLUSÃO

O teste de condutividade elétrica para sementes de grão-de-bico deve ser conduzido com repetições de 25 sementes cada, utilizando-se 50 mL de água e período de embebição de quatro horas, a 30°C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOSA (1983) – *Seed vigor testing handbook*. [S.l.]: Association of Official Seed Analysts, 93 p. (Contribution, 32).
- Alves, C.Z. & Sá, M.E. (2009) – Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 1, p. 203-215. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100023>
- Araujo, R.F.; Zonta, J.B.; Araujo, E.F.; Heberle, E. & Zonta, F.M.G. (2011) – Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 1 p. 123-130. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000100014>
- Avelar, R.I.S.; Costa, C.A.; Brandão Junior, D.S.; Paraíso, H.A. & Nascimento, W.M. (2018) – Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. *Journal of Seed Science*, vol. 40, n. 2, p. 146-155. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n2185719>
- Bewley, J.D. & Black, M. (1994) – *Seeds: physiology of development and germination*. 2ª ed. New York: Plenum Press. 445p.
- Bittencourt, S.R.M.; Grzybowski, C.R.S.; Panobianco, M. & Vieira, R.D. (2012) – Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. *Ciência Rural*, vol. 42, n. 8, p. 1360-1365. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800005>
- Brasil (2009) – *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 399p. [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf)

- Carvalho, L.F.; Sedyama, C.S.; Reis, M.S.; Dias, D.C.F.S. & Moreira, M.A. (2009) – Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 1, p. 9-17. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100001>
- Catão, H.C.R.M. & Caixeta, F. (2019) – Electrical conductivity test in soybean seeds with reduced imbibition period. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 42, n. 2, p. 387-393. <https://doi.org/10.19084/rca.15833>
- Dias, D.C.F.S.; Bhering, M.C.; Tokuhisa, D. & Hilst, P.C. (2006) – Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 28, n. 1, p. 154-162. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000100022>
- Dutra, A.S. & Vieira, R.D. (2006) – Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de abobrinha. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 28, n. 2, p. 117-122. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200015>
- Ferreira, D.F. (2011) – Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 10391042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Guedes, R.S.; Alves, E.U.; Oliveira, L.S.B.; Andrade, L.A.; Gonçalves, E.P. & Melo, P.A.R.F. (2011) – Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 32, n. 2, p. 443-450. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p443>
- Hampton, J.G. (1995) – Conductivity test. In: Venter, H.A. van de (Ed.) – *Seed vigour testing seminar*. Copenhagen: ISTA. p.10-28.
- Loeffler, T.M.; Tekrony, D.M. & Egli, D.B. (1988) – The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, vol. 12, n. 1, p. 37-53.
- Maguire, J.D. (1962) – Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, vol. 2, n. 1, p. 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Marcos Filho, J. (2015) – *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 495p.
- Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.L.C. (2009) – Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: Nascimento, W.M. (Ed.) – *Tecnologia de sementes de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p.185-246.
- Mattioni, N.M.; Mertz, L.M.; Barbieri, A.P.P.; Haesbaert, F.M.; Giordani, W. & Lopes, S.J. (2015) – Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 1, p. 31-38. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p31>
- Murphy, J.B. & Noland, T.L. (1982) – Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiology*, vol. 69, n. 2, p. 428-431.
- Ohlson, O.C.; Krzyzanowski, F.C.; Caieiro, J.T. & Panobianco, M. (2010) – Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 32, n. 4, p. 118-124. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400013>
- Oliveira, S.R.S. & Novembre, A.D.L.C. (2005) – Teste de condutividade elétrica para as sementes de pimentão. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 27, n. 1, p. 31-36. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000100004>
- Silva, V.N.; Zambiasi, C.A.; Tillmann, M.A.A.; Menezes, N.L. & Villela, F.A. (2014) – Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 37, n. 2, p. 206-213. <https://doi.org/10.19084/rca.16816>
- Vidigal, D.S.; Lima, J.S.; Bhering, M.C. & Dias, D.C.F.S. (2008) – Teste de condutividade elétrica para semente de pimenta. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 30, n. 1, p. 168-174. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000100021>
- Vieira, R.D. & Krzyzanowski, F.C. (1999) – Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D. & França Neto, J.B. (Eds.) – *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. cap.3, p.1-24.