

PERÍODOS DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E SEUS EFEITOS NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE MILHO PIPOCA.

VIEIRA, Rafael Miguel Gonçalves^{1,2}; ZANETTI, Rossana Bertaglia¹; CARVALHO, Matheus Ferreira¹; FAGUNDES, Júlia Peixoto¹; FARIA, Gabriel Policarpo Tavares^{1,2}; NEVES, Flávia de Oliveira Borges Costa³; FERREIRA, Victoria Cristina^{1,2}; PELIZARO, Gabriel Berteli^{1,2}; PONTES, Brenda Santos^{1,2}; SANTOS, Thaís Farias¹; CATÃO, Hugo César Rodrigues Moreira⁴

¹Projeto de Pesquisa

¹Graduando (a) em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, E-mail: rafael.vieira@ufu.br; rossana_bertaglia_zanetti@hotmail.com; math.10.carvalho1912@gmail.com; juliap_11@hotmail.com; gabrielpolicarpo28@hotmail.com; victoriaferreira@ufu.br; gabriel_pelizaro@yahoo.com.br; brendinha_spontes@hotmail.com; thaisfarias.ufu@gmail.com

²Bolsista PET MEC

³Eng.a Agrônoma, Mestranda em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, E-mail: flavia.neves@ufu.br

⁴Prof. Dr. Produção e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, E-mail: hugo.catao@ufu.br

RESUMO

A produção do milho pipoca (*Zea mays everta*) tem um crescimento exponencial. Nesse sentido, são necessárias sementes vigorosas. Para avaliação dessas o teste de envelhecimento acelerado é utilizado para medir o vigor de sementes, com a desestruturação do sistema de membranas. Dessa forma, a desestruturação de membranas mensurada pelo teste de condutividade elétrica. Assim, os objetivos do trabalho foram constatar os efeitos causados por diferentes períodos de envelhecimento acelerado e íons no exsudato do teste de condutividade elétrica e suas relações com a qualidade fisiológica de sementes de milho pipoca. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito períodos de envelhecimento acelerado (zero, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas) e avaliações de teor de água (%), primeira contagem de germinação (%), germinação final (%), índice de velocidade de germinação, condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e comprimentos da parte aérea e da raiz primária das plântulas. A germinação e vigor de sementes de milho pipoca e a quantidade de lixiviados no teste da condutividade elétrica são influenciados pelo aumento do período de exposição ao envelhecimento acelerado. O período de exposição das sementes ao envelhecimento acelerado, a partir de 72 horas, reflete no potencial de vigor e lixiviados das sementes.

Palavras-Chave: *Zea mays everta*, qualidade fisiológica, vigor.

1. INTRODUÇÃO

A produção do milho pipoca (*Zea mays L. everta*) é crescente. Esse crescimento, se deve a fatores de seleção e adaptação de cultivares importados ao clima brasileiro (CATÃO e CAIXETA, 2017). Nesse sentido, para a maior efetividade da cultura, o uso sementes de alta qualidade fisiológica é importante para o estabelecimento da lavoura.

Em condições de estresse ambiental, a qualidade da semente é fundamental para a manutenção da produtividade. Assim, a tecnologia de sementes busca aprimorar os testes de

potenciais fisiológicos, associados a germinação e vigor, das mesmas, para constatar o desempenho do lote (DUTRA e VIEIRA, 2004) e reduzir o uso de sementes de baixa qualidade.

Na validação dos testes de germinação, normalmente conduzidos em condições ideais, é necessário a confirmação dos valores reais de emergência de plantas em campo por meio de testes de vigor (BERTOLIN et. al., 2011). Por isso, os testes de vigor possuem maior acurácia do que os testes padrão de germinação (COPELAND e MCDONALD, 2001).

Dentre os testes de vigor, o envelhecimento acelerado é um dos mais utilizados. Esse tem como o aumento considerável na taxa de deterioração das sementes quando da sua exposição em níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração (BINOTTI et al, 2008). Assim, ocorre a desestruturação do sistema de membranas e as sementes deterioram mais rapidamente.

O teste de condutividade elétrica é um método de avaliação da integridade do sistema de membranas. Desse modo, é um método rápido para avaliação do vigor de sementes. O valor da condutividade elétrica da solução de embebição da semente é em função direta da quantidade de lixiviados no exsudato do teste, a qual está diretamente relacionada com a integridade das membranas celulares. Quando maior a condutividade elétrica, menor o vigor de sementes, pois a maior quantidade de lixiviados no exsudato do teste de condutividade elétrica ocorre em função das perdas da integridade das membranas celulares, células danificadas, membranas mal estruturadas, perda de constituintes, entre outros, além de uma lentidão na reestruturação das membranas durante a embebição (BINOTTI et al., 2008).

Nesse contexto, a condutividade elétrica da água de embebição das sementes é um dos testes mais usados, por oferecer vantagens na detecção dos sintomas iniciais de deterioração de sementes, ou seja, danos a integridade das membranas celulares (SILVA et al, 2014). Logo, esse teste pode ser usado para avaliação do nível de deterioração das sementes em testes de envelhecimento acelerado. Diante dessa perspectiva o objetivo do trabalho é avaliar os efeitos causados por diferentes períodos de envelhecimento acelerado e íons no exsudato do teste de condutividade elétrica e suas relações com a qualidade fisiológica de sementes de milho pipoca.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia. O experimento utilizou sementes híbrido AP8203 produzidos em Indiana nos EUA pela AG Alumini Seeds. Essas sementes foram doadas pela General Mills Brasil Alimentos Ltda (Cambará-PR). A qualidade inicial das sementes foi avaliada pelo teor de água (%), primeira contagem de germinação (%), germinação final (%), índice de velocidade de germinação e condutividade elétrica.

Para o teste de envelhecimento acelerado utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado. As sementes foram submetidas a oito período de envelhecimento (0, 24, 48,72, 96, 120, 144, 168 horas) depois foram repetidos os testes usados para avaliar qualidade inicial mais comprimentos da parte aérea e da raiz primárias das plântulas. O teste foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes por tratamento pelo método de gerbox (Filho, 1999). As sementes foram colocadas sobre tela de inox em caixa plástica de gerbox, com 40 ml de água destilada no fundo.

Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas ao geminador à $42\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, onde permaneceram de acordo com o período de envelhecimento de cada tratamento. Transcorrido isso foram submetidos aos seguintes testes: **i. Teor de água (%)**: determinado pelo método da estufa, a $105 (+ 3^{\circ}\text{C})$ durante 24 horas, com utilização de 2 amostras para cada tratamento (Brasil, 2009); **ii. Teste de germinação**: realizado nas 4 sub-amostras em rolos de papel Germitest, com geminador à 25°C . O papel foi umedecido com água destilada para atingir 2,5 vezes do seu peso seco, de forma a uniformizar o teste. Foram realizadas duas contagens uma

aos 4 dias e outra aos 7 dias pós semeadura (BRASIL, 2009); **iii. Índice de velocidade de germinação:** realizado em conjunto ao teste de germinação, no qual avalia diariamente o número de sementes germinadas, com avaliação a partir da protrusão da radícula. Os cálculos do índice foram feitos pela fórmula de MAGUIRE (1962); **iv. Condutividade elétrica:** pesa-se as quatro sub-amostras de 50 sementes com alta precisão e, depois, colocadas em um copo de 200 ml com 75 ml de água deionizada, em seguida, levada à incubadora BOD a 25° C por 24 horas. Após isso, foi realizada a leitura da condutividade elétrica da solução com uso de condutivímetro (TECNAL Tec-4MP) com eletrodo constante 1 em ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$); **v. Teste de Lixiviação de K, Ca e Mg:** após o teste de condutividade, fez-se uma amostra das quatro subamostras, por repetição, retirando-se uma alíquota e colocando-a em vidro tipo âmbar, com capacidade de 75 mL, para as leituras das quantidades de nutrientes lixiviados. Os teores dos nutrientes foram feitos por meio de absorção atômica, com espectrofômetro de chama, com resultados em $\mu\text{g. g}^{-1}$.

Para a análise estatística 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). As médias quantitativas foram submetidas à regressão polinomial ($p < 0,05$) e plotadas em gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o período de envelhecimento é possível verificar que o teor de água das sementes é altamente influenciado pela umidade relativa e alta temperatura na Figura 1, em relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por teor de água (%). À medida que houve aumento do período de envelhecimento pode ser verificada que houve elevação do teor de água das sementes, sendo estaticamente diferentes até 120 horas de envelhecimento. Isso pode ter proporcionado uma maior deterioração das sementes provocando uma menor integridade de membranas e/ou menor seletividade, permitindo maior entrada de água nas células.

As sementes avaliadas pelo teste de germinação apresentaram redução no número de plântulas normais com a maior exposição ao envelhecimento acelerado na Figura 1, em relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por germinação (%). Esse fato já era esperado, pois quanto maior a exposição ao envelhecimento acelerado, maior é a taxa de deterioração (Binotti et al., 2008). Esse processo é consequência da exposição das mesmas às condições adversas de alta temperatura e umidade relativa, fatores ambientais que são considerados os mais relacionados com a deterioração das sementes. É possível verificar pela Figura 1, na relação período de envelhecimento acelerado (horas) por germinação (%), que após 72 horas de envelhecimento houve redução drástica da germinação das sementes indicando o efeito final da deterioração. O envelhecimento artificial está baseado no fato da taxa de deterioração das sementes acelerar conforme a exposição aos níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, justificando desta forma o maior decréscimo da porcentagem de plântulas normais.

O envelhecimento acelerado também teve influência negativa no índice de velocidade de germinação de acordo com a Figura 2, na relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por índice de velocidade de germinação. Esse fato se deve as sementes sofrerem degeneração, pois quanto maior a exposição das mesmas ao envelhecimento maior será a perda do vigor e consequentemente, menor será a capacidade das sementes em estabelecer uma população de plântulas rapidamente, uniformemente e adequadamente.

Na Figura 2, relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$), pode-se observar que houve um aumento de liberação de eletrólitos com o aumento do período de exposição das sementes ao envelhecimento. Essa liberação de eletrólitos está diretamente relacionada ao vigor das sementes, pois quanto maior o valor da

condutividade elétrica, menor será o vigor das sementes. Pode ser observado que houve diferença significativa para todos os períodos de envelhecimento, sendo o período de 168 horas o que mais reduziu o vigor das sementes. Esse aumento de lixiviados indica que as condições adversas de umidade e temperatura que as sementes foram expostas levam a perda da integridade de membranas e de constituintes celulares e menor capacidade de reparação aos danos causados a sementes (BINOTTI et al., 2008). Vale ressaltar que até o período de 72 horas as sementes ainda podiam apresentar capacidade de regenerar e reorganizar suas membranas.

Segundo COPELAND e MCDONALD (2001), o grau de deterioração das sementes está associado com a concentração de exsudatos das sementes na solução, e estes são o reflexo da degradação das membranas. É válido ressaltar que, os danos nas membranas são os eventos iniciais das alterações degenerativas nas sementes. Os períodos mais curtos de exposição das sementes milho pipoca, podem ser utilizados para a identificação de diferenças mais acentuadas entre lotes, e períodos mais longos mostraram-se mais adequados para diferenciar lotes de qualidade fisiológica menos contrastantes. Porém, essa capacidade se reduz a partir de 72 horas, como pode ser evidenciado pela diminuição da germinação e vigor como mostra as relações período de envelhecimento por germinação (Figura 1) e por índice de velocidade de germinação (Figura 2).

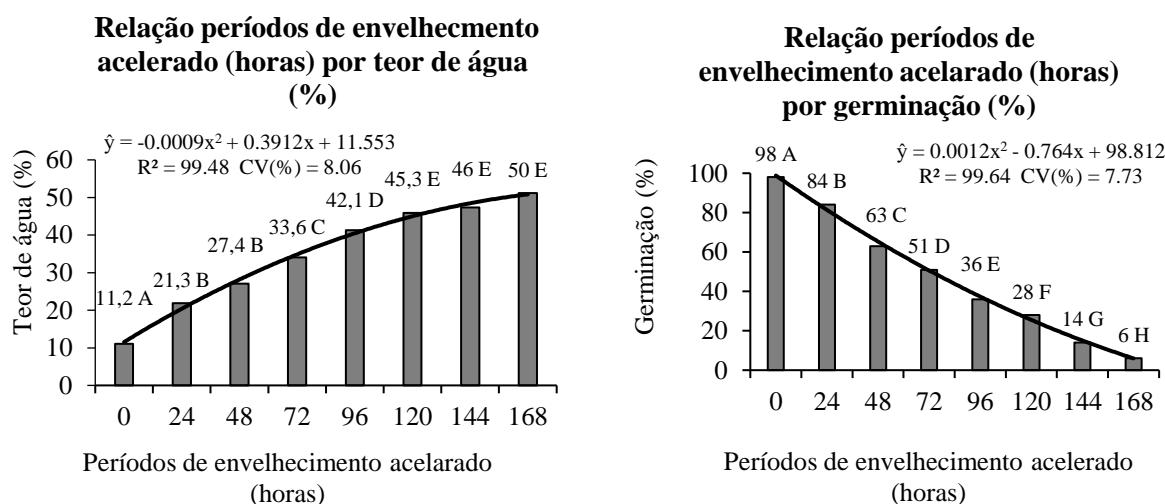


Figura 1. Relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por teor de água (%) e relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por germinação (%).

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

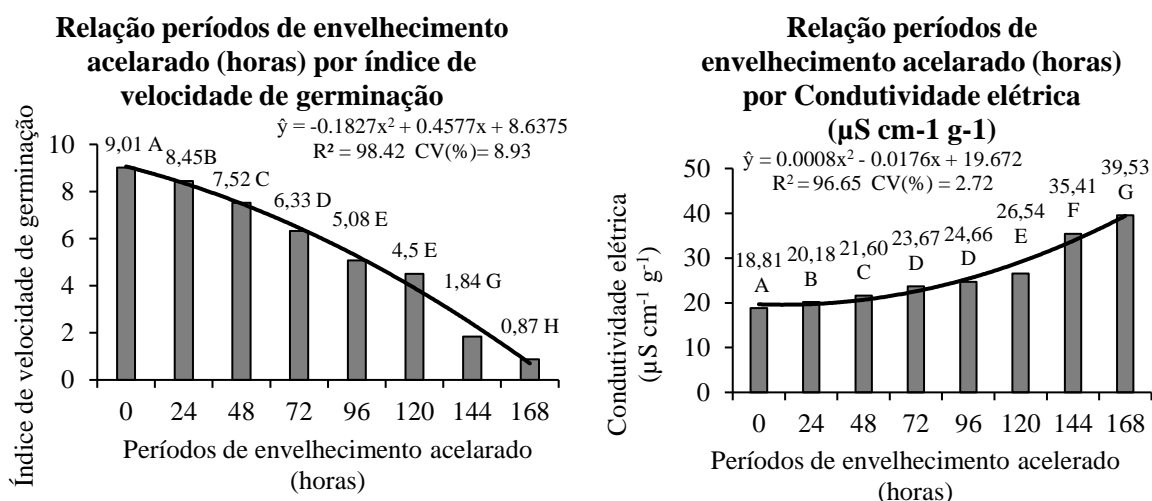


Figura 2. Relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por índice de velocidade de germinação e relação períodos de envelhecimento acelerado (horas) por Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). *Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Conforme Tabela 1, as médias dos teores de Ca não diferiram em função do período de envelhecimento. Esses resultados corroboram com os dados obtidos por ZUCARELI et al. (2013) em sementes de milho doce. O teste de lixiviação do Mg apresentou resultados significativos em função do período de envelhecimento frente ao vigor. Vale destacar, que as 168 horas o envelhecimento se diferiu estatisticamente dos demais, com a maior quantidade de lixiviados e, conseqüentemente, menor vigor. Esses resultados corroboram aos apresentados por BINOTTI et al. (2008), demonstrando que o aumento dos períodos de envelhecimento resulta em menor qualidade fisiológica e maiores teores de lixiviados no exsudato do teste de condutividade elétrica.

Tabela 1. Teores de lixiviação de potássio ($\mu\text{g K}^+\text{g}^{-1}$ semente), de cálcio ($\mu\text{g Ca}^{++}\text{g}^{-1}$ semente) e de magnésio ($\mu\text{g Mg}^{++}\text{g}^{-1}$ semente) na solução de condutividade elétrica, em diferentes períodos de envelhecimento acelerado de sementes de milho pipoca.

Períodos de envelhecimento (horas)	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
Zero	317,2 a	5,960 a	0,201 a
24	352,8 a	6,981 a	0,247 a
48	411,8 a	6,656 a	0,259 a
72	483,2 b	7,747 a	0,140 a
96	466,5 b	6,394 a	0,275 a
120	487,9 b	7,997 a	0,355 b
144	551,3 c	8,162 a	0,416 b
168	556,0 c	8,099 a	1,317 c
CV (%)	10,54	14,67	28,63

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

Quanto ao teste de lixiviação de potássio (Tabela 1) foi possível verificar que houve a separação dos períodos de envelhecimento quanto ao vigor das sementes. É mostrado que a partir de 72 horas de envelhecimento ocorre aumento de íons de potássio, corroborando com o

decréscimo da germinação e do vigor das sementes. Contudo, períodos de 144 e 168 horas apresentaram a maior quantidade de lixiviados na solução, com isso demonstrando menor vigor.

Isto é explicado pelo fato de que esse teste tem princípio semelhante ao de condutividade elétrica, baseando-se na integridade das membranas celulares das sementes, com a diferença de que na condutividade elétrica, determina-se a quantidade total de íons liberados durante a embebição e, na lixiviação de potássio, quantifica-se somente o íon potássio lixiviado na solução, visto que este é o principal íon inorgânico lixiviado pelas sementes durante a embebição (KIKUTI et al., 2008).

4 CONCLUSÕES

A germinação e vigor de sementes de milho pipoca e a quantidade de lixiviados no teste da condutividade elétrica são influenciados pelo aumento do período de exposição ao envelhecimento acelerado. O período de exposição das sementes ao envelhecimento acelerado, a partir de 72 horas, produz resultados que refletem no potencial de vigor e lixiviados das sementes.

REFERÊNCIAS

BERTOLIN, D.C.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; MOREIRA, E.R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 1, p. 104 - 112, 2011. <https://url.gratis/4cbcvs>

BINOTTI, F.F.S.; HAGA, K.I.; CARDOSO, E.D.; ALVES, C.Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008. <https://url.gratis/ZfW6SD>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p. <https://url.gratis/FiIpoj>

CATÃO, H. C.R.M.; CAIXETA, F. Physiological, isozyme changes and image analysis of popcorn seeds submitted to low temperatures. *Journal of Seed Science*, v.39, n.3, p.000-000, 2017. <https://url.gratis/tYscsq>

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. Principles of seed science and technology. **4. ed. New York: Chapman and Hall**, 2001. 467 p. <https://url.gratis/GYakWv>.

DUTRA, A.S.; VIEIRA, R.D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. *Ciência Rural*, v.34, n.3, p.715-721, 2004. <https://url.gratis/j5ym4j>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <https://url.gratis/otxoVW>

FILHO, M. J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Teste de envelhecimento acelerado**. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 1 - 24.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and avaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962. <https://url.gratis/ya4xjH>



SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. *Revista de Ciências Agrárias*, v.37, n. 2, p. 206-213, 2014. <https://url.gratis/OVO1J1>

KIKUTI, H.; MEDINA, P.F.; KIKUTI, A.L.P.; RAMOS, N.P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, p.10-18, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000100002>

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; RAMOS JUNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de íons potássio, cálcio e magnésio para determinação do vigor em sementes de milho doce. *Informativo Abrates*, v.23, n.3, p. 56-60, 2013. <https://url.gratis/fUo28T>