

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**JÚLIO AMÉRICO SELLANI JÚNIOR**

**TOLERÂNCIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE MILHO PIPOCA AO  
ESTRESSE HÍDRICO**

**UBERLÂNDIA-MG**

**2021**

**JÚLIO AMÉRICO SELLANI JÚNIOR**

**TOLERÂNCIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE MILHO PIPOCA AO  
ESTRESSE HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Agronomia da Universidade Federal de  
Uberlândia, como requisito necessário para  
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão.

**UBERLÂNDIA-MG**

**2021**

**JÚLIO AMÉRICO SELLANI JÚNIOR**

**TOLERÂNCIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE MILHO PIPOCA AO  
ESTRESSE HÍDRICO**

Banca de avaliação:

---

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão  
(Orientador)

---

Dr. Adílio de Sá Junior

---

Me. Flávia de Oliveira Borges Costa Neves

**UBERLANDIA-MG  
2021**

## RESUMO

A disponibilidade hídrica bem como o movimento da água para as sementes são fatores importantes para a germinação e emergência de plântulas. A redução na disponibilidade de água reduz e retarda a germinação de sementes causando emergência desigual. Objetivou-se verificar a tolerância de sementes e plântulas de híbridos de milho pipoca ao estresse hídrico. Foram semeadas em papel de germinação sementes híbridas de milho pipoca embebidas em solução de polietilenoglicol utilizando-se cinco níveis de potencial osmótico: 0.0 (controle); -0.3; -0.6; -0.9 e -1.2 MPa. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia. O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro híbridos de sementes de milho pipoca e cinco potenciais osmóticos com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: germinação, comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), comprimento total de plântulas (CTP) e índice de vigor do crescimento (SLVI). O híbrido AP2510 apresenta a maior germinação, enquanto, pelo índice de vigor (SLVI) o híbrido AP4001 apresenta sementes e plântulas com maior tolerância ao estresse hídrico. Os efeitos desse estresse comprometem o desempenho fisiológico das sementes e o desenvolvimento de plântulas de milho pipoca.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, potenciais osmóticos, polietilenoglicol, água, germinação.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	7
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	9
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	13
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	13

## 1. INTRODUÇÃO

A origem do milho pipoca pode ser ainda uma incógnita, porém dentro das descobertas realizadas sabe-se que sua utilização era realizada pelos índios americanos precedendo a chegada de Colombo à América. Segundo Hosney et al. (1983) o milho pipoca possui características principais e marcantes da variedade como: grãos duros e pequenos com capacidade de estourar sob uma pressão interna no grão de 135 psi associada ao aquecimento em torno de 177°C. No geral as plantas de milho pipoca apresentam agronomicamente serem mais prolíferas, suscetíveis a pragas e doenças, com um sistema radicular menos desenvolvido e com maiores chances de sofrerem acamamento e a seca devido ao maior dano causado por nematoides e larvas de diabrótica (SAWAZAKI, 2000).

A oferta brasileira de híbridos de milho pipoca (*Zea mays* L. var. *evarta* (Sturtev) L.H. Bailey) é pequena, fazendo com que ocorra muitas importações de sementes (CATÃO; CAIXETA, 2020). No entanto, a produção é crescente e apresenta fonte de renda vantajosa, devido ao valor agregado do produto (ROCHA et al., 2018; KAVAN et al., 2019). Esse crescimento se deve, em parte, à seleção, ao desenvolvimento e adaptação de cultivares importadas as condições climáticas do país (CATÃO; CAIXETA, 2017).

Com 500 mil toneladas/ano os EUA é o maior produtor mundial de milho pipoca com 68% da produção destinada ao segmento de microondas. Logo em seguida, o Brasil é ranqueado como o segundo maior produtor, 80 mil toneladas/ano e uma movimentação de US\$ 130 milhões. Apesar de sua posição de produção mundial, o milho pipoca ainda apresenta um perfil de cultivo comercial modesto, onde apenas 13% da produção é destinada para o processamento em microondas (MIRANDA et al., 2011).

Farias et al. (2001) determinaram que a deficiência hídrica é um fator limitante na sobrevivência e no crescimento inicial das plantas. A água é essencialmente um fator decisivo e de alto impacto na grande maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos resultantes na protrusão de raiz primária.

Os eventos germinativos que ocorrem durante a absorção de água pela semente podem ser retardados e até em alguns casos inviabilizado a depender do potencial osmótico, sendo esse efeito observado desde o começo da embebição (MORTELE et al., 2008). Segundo Pereira et al. (2012) a água é removida, por consequência de seca ou presença de sais em níveis abaixo do suportado pela célula. O resultado pode promover

aumento da concentração dos solutos, alteração do pH da solução intracelular, aceleração de reações degenerativas, desnaturação das proteínas, perda da integridade das membranas e aumento da ocorrência de plântulas danificadas e anormais.

Em condições de laboratório são realizados estudos com soluções aquosas de diferentes potenciais osmóticos para umedecer o substrato de germinação, procurando simular as condições de estresse hídrico no solo (TAIZ; ZEIGER, 2013), que geralmente atuam diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes. Para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre, sendo verificado também, a existência de grande variação de resposta ao estresse entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais tolerantes (BEWLEY; BLACK, 1994).

O Polietilenoglicol (PEG) é um composto químico utilizado com a finalidade de simular o estresse hídrico na semente. Quimicamente o PEG é um agente osmótico inerte, não tóxico, não eletrolítico, não havendo penetração nas células, resultado de seu elevado peso molecular (MARCOS FILHO, 2015). Algumas pesquisas simulando o efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de diferentes espécies foram desenvolvidas, a exemplo daquelas com sementes de soja (*Glycine max* L.) (SOARES et al., 2015) e sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) (CARNEIRO et al., 2011), cujos potenciais abaixo de -0.6 e -0.9 MPa foram considerados críticos à germinação.

Entretanto, poucas pesquisas realizaram essa simulação em sementes e plântulas de milho pipoca. Especialmente não foi verificado relatos do comportamento de híbridos advindos de outros países e que atualmente são cultivados em território brasileiro. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a tolerância de sementes e plântulas de híbridos de milho pipoca ao estresse hídrico.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes, na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Foram utilizadas sementes de híbridos de milho pipoca da empresa AG ALUMNI SEED produzidas na safra de 2020 cedidas pela empresa General Mills Alimentos LTDA.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4 x 5 (quatro híbridos de milho x cinco potenciais osmóticos) com quatro repetições. As sementes foram submetidas à germinação em diferentes potenciais

osmóticos, simulando situações de estresse hídrico, e posteriormente foi avaliado o desempenho inicial das plântulas nessas condições. Para a simulação do estresse hídrico foram preparadas soluções com polietilenoglicol (PEG 6000) nas concentrações 0.0 (testemunha, utilizando apenas água destilada sem a adição de condicionador osmótico); -0.3; -0.6; -0.9; -1.2 MPa, seguindo especificações contidas na tabela citada por Villela, Doni Filho e Siqueira (1991).

No teste de germinação, para cada tratamento, foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes que foram distribuídas em folhas de papel germitest e posteriormente organizadas em forma de rolo. O papel toalha foi umedecido com as soluções de PEG 6000 supracitadas na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, sem adição posterior da solução, além do tratamento com água deionizada, representando a testemunha (controle).

Os rolos foram acondicionados e mantidos em sacos de plástico durante todo o período de teste para evitar evaporação da água e para garantir o potencial osmótico desejado. Posteriormente, os rolos com as sementes foram colocadas para germinar em câmara tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.) previamente regulado na temperatura de 20°C, mantendo-se a temperatura constante e com fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas aos 4 e 7 dias. A primeira contagem foi realizada determinando-se a porcentagem de sementes com protrusão radicular no quarto dia após a instalação do teste. No sétimo dia foi realizada a contagem final de germinação e a avaliação de plântulas normais obedecendo aos critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Após o teste de germinação, realizou-se análise de crescimento de plântulas. Para a avaliação do comprimento do epicótilo e da raiz primária foram colocadas para germinar 20 sementes de milho pipoca em papel de germinação pré-umedecido nos mesmos potenciais usados no teste de germinação. As sementes foram dispostas em duas linhas traçadas longitudinalmente contendo 10 sementes e espaçadas uniformemente para possibilitar o livre desenvolvimento das plântulas. Cada tratamento foi composto por 4 repetições. Os rolos também foram envolvidos em sacos plásticos e colocados em germinador nas mesmas condições do teste de germinação. No quarto dia, foram mensurados o comprimento do epicótilo, da raiz primária e comprimento total das plântulas, com auxílio de régua graduada.

O índice de vigor do comprimento (SLVi) foi determinados para cada tratamento empregando as equação proposta por Abdul-Baki & Anderson (1973):



$$SLVi = comprimento\ da\ plântula(cm) \times germinação(\%)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode ser observada interação significativa entre os híbridos e os potenciais osmóticos. As variáveis germinação (GERM), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total de plântula (CTP) foram significativas a 1% de probabilidade, enquanto a variável índice de vigor do comprimento (SLVI) foi significativa a 5% de probabilidade.

**Tabela 1.** Quadrado médio das variáveis germinação (GERM), índice de vigor do comprimento (SLVI), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total de plântula (CTP).

FV	GL	GERM	SLVI	CPA	CR	CTP
Híbrido (H)	3	140.05**	6402.48 <sup>ns</sup>	3.00*	31.59*	17.17*
Potencial (P)	4	19999.43*	1618002.26*	414.94*	1331.58*	3420.01*
H X P	12	869.26*	16450.88**	2.66*	16.21*	20.01*
ERRO	60	50.82	6108.18	0.46	2.51	4.13
CV (%)		12.03	36.03	17.03	27.09	29.41

\*Significativo a 1% de probabilidade; \*\* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>NS</sup> Não significativo

A qualidade fisiológica das sementes de milho pipoca foi afetada pelos potenciais hídricos testados, tendo-se constatado no tratamento controle (0.0) os maiores percentuais de germinação (Tabela 2). É possível verificar ainda que, as sementes dos híbridos AP6008 e AP4002 não diferiram entre si e foram superiores aos demais nesse potencial osmótico (0.0 MPa -controle). Vale ressaltar que ocorreu decréscimo da germinação para os híbridos AP6008 e AP4002 na medida que houve a redução do potencial osmótico. O híbrido AP4001 reduziu a germinação a partir do potencial -0.6 MPa, enquanto, para o P2510, a partir de -0.9 MPa. Entretanto, no potencial -0.9 MPa os híbridos que apresentaram maior tolerância ao estresse híbrido foram AP4002 e AP4001. No potencial -1.2 MPa não houve germinação das sementes de nenhum dos híbridos.

**Tabela 2.** Germinação (%) sementes híbridas de milho pipoca submetidos ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos.

Híbridos	Potencial osmótico ( $\Psi_o$ -MPa)				
	0.0	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
AP6008	92 Aa	84 Ab	80 Bb	40 Bc	0 Ad
AP4002	97 Aa	69 Bb	57 Cc	56 Ac	0 Ad
AP4001	84 Ba	80 Aa	61 Cb	56 Ab	0 Ac
AP2510	87 Ba	85 Aa	91 Aa	38 Bb	0 Ac

CV (%) 12.03

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

Resultados semelhantes também foram relatados por outros autores que verificaram que potenciais osmóticos de até -0,9 MPa de PEG causaram redução na germinação de sementes de milho (ABREU et al., 2014). O decréscimo da viabilidade e do vigor de sementes de feijão caupi, também foi relatado por Ferreira et al. (2017), em que potenciais osmóticos menores que -0.6 MPa comprometeram a qualidade das sementes.

Este comportamento de redução na porcentagem de germinação quando o potencial osmótico se torna mais negativo, ocorre em razão do aumento no tempo correspondente a fase III do processo de embebição, pois, de acordo com o padrão trifásico proposto por Bewley e Black (1994), nesta fase ocorre a intensa absorção de água e a protrusão da raiz primária pelas sementes.

Outro fator que também pode explicar esta redução na germinação é o alto peso molecular do polietilenoglicol, que não é absorvido devido à alta viscosidade, que somada à baixa taxa de difusão de  $O_2$  pode comprometer a disponibilidade de oxigênio para as sementes, durante o processo germinativo (BRACCINI et al., 1996).

Quanto ao comprimento da parte aérea das plântulas (Tabela 3), os híbridos AP4002 e AP2510 se diferiram estatisticamente se mostrando superiores aos demais no potencial zero. Isso pode ter acontecido em detrimento do próprio vigor híbrido dos materiais ou por causa do vigor das sementes. Nos demais potenciais não foram observadas diferença entre os híbridos possivelmente devido a sensibilidade ao estresse hídrico. A partir do potencial -0.3 MPa não se verificou crescimento da parte aérea, possivelmente devido o teste de comprimento de plântulas ter sido realizado aos quatro dias após a semeadura. Entretanto, foi verificado no quarto dia o crescimento da raiz principal.

**Tabela 3.** Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas híbridas de milho pipoca provenientes de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos.

Híbridos	Potencial osmótico ( $\Psi_o$ -MPa)				
	0.0	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
AP6008	2.75 Ba	0.15 Ab	0.00 Ac	0.00 Ac	0.00 Ac
AP4002	3.07 Aa	0.17 Ab	0.00 Ab	0.00 Ab	0.00 Ab
AP4001	2.21 Ca	0.13 Ab	0.00 Ab	0.00 Ab	0.00 Ab
AP2510	3.23 Aa	0.18 Ab	0.00 Ab	0.00 Ab	0.00 Ab

CV (%) 17.03

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

No comprimento de raiz foi possível observar que os híbridos se comportaram de maneira semelhante ao estresse (Tabela 4). É possível notar que o híbrido AP4001 apresentou maior tolerância nos potenciais -0.3 MPa, -0.6 MPa e -0.9 MPa. Entretanto, na medida que se reduziu os potenciais, todos os híbridos reduziram o comprimento de raiz. Provavelmente, essa diferença se deve ao fato de que as sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior capacidade de transformação do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e incorporação destes pelo eixo embrionário (NAKAGAWA, 1999).

**Tabela 4.** Comprimento de raízes (cm) de plântulas híbridas de milho pipoca provenientes de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos.

Híbridos	Potencial osmótico ( $\Psi_o$ -MPa)				
	0.0	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
AP6008	6.80 Aa	1.86 Cb	1.15 Bc	0.42 Bd	0.03 Ad
AP4002	5.83 Ba	2.65 Bb	1.25 Bc	0.30 Bd	0.00 Ad
AP4001	5.37 Ba	3.07 Ab	1.88 Ac	0.85 Ad	0.34 Ae
AP2510	4.79 Ca	2.47 Bb	0.55 Cc	0.09 Bd	0.00 Ad

CV (%) 27.09

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

Quanto ao comprimento total de plântula (Tabela 5) o híbrido AP6008 apresentou maior sensibilidade ao estresse hídrico já no potencial de -0.3 MPa, diferindo estatisticamente dos outros híbridos. Porém, no potencial -0.6 MPa o híbrido AP4001 apresentou maior tolerância. Vale ressaltar que na medida que reduziu o potencial osmótico houve redução do comprimento total de plântulas.

**Tabela 5.** Comprimento total (cm) de plântulas híbridas de milho pipoca provenientes de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos.

Híbridos	Potencial osmótico ( $\Psi_o$ -MPa)				
	0.0	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
AP6008	9.55 Aa	2.01 Bb	1.15 Bc	0.42 Ad	0.03 Ad
AP4002	8.90 Ba	2.83 Ab	1.25 Bc	0.30 Ad	0.00 Ad
AP4001	7.58 Ca	3.20 Ab	1.88 Ac	0.85 Ad	0.34 Ad
AP2510	8.02 Ca	2.66 Ab	0.55 Cc	0.09 Ac	0.00 Ac

CV (%) 29.41

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

Taiz e Zeiger (2013) afirmaram que o estresse hídrico além de afetar a embebição, a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes, provocam redução no crescimento das plântulas, causada pela diminuição da expansão celular. Segundo Medeiros et al. (2015) a redução no comprimento das plântulas se deve às mudanças na turgescência celular, em função da diminuição da síntese de proteína nas condições de estresse hídrico. Taiz e Zeiger (2013) ainda relataram que o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento causada pela redução da expansão celular. Adicionalmente, vale ressaltar que o crescimento inicial das plântulas de milho está diretamente relacionado com o vigor das sementes e consequentemente isso refletirá no desempenho das plântulas (MONDO et al., 2013).

O índice de vigor do comprimento (SLVI) das plântulas de milho pipoca submetidas a diferentes potenciais hídricos está apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6.** Índice de vigor do comprimento (SLVI) de plântulas híbridas de milho pipoca provenientes de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos.

Híbridos	Potencial osmótico ( $\Psi_o$ -MPa)				
	0.0	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
AP6008	881.85 Aa	169.25 Bb	91.66 Bb	17.79 Bc	0.00 Ac
AP4002	861.07 Aa	195.68 Ab	71.01 Bc	27.00 Bc	0.00 Ac
AP4001	628.23 Ba	254.62 Ab	116.50 Ac	47.45 Ac	0.00 Ac
AP2510	694.73 Ba	227.86 Ab	49.69 Cc	3.28 Cc	0.00 Ac

CV (%) 36.03

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

É possível verificar que no potencial zero (controle) os híbridos AP4001 e AP2510 apresentaram o menor índice de vigor do comprimento. No potencial -0.3 MPa o híbrido AP6008 apresentou menor vigor. Nos potenciais -0.6 e -0.9 MPa o híbrido AP4001

apresentou o maior índice de vigor. No potencial -1.2 MPa o índice de vigor do comprimento foi zero para todos os híbridos. O menor índice de vigor das plântulas em condições de estresse hídrico ocorreu porque a redução do potencial osmótico do meio externo inibiu a germinação e o crescimento inicial das plântulas (STEINER et al., 2019).

O índice de vigor de plântulas tem sido usado como um índice de tolerância para avaliar o efeito da salinidade e da seca no crescimento das plântulas (ASHKAN; JALAL 2013; OLIVEIRA; STEINER 2017). O vigor da plântula é uma medida da extensão do dano que se acumula à medida que a viabilidade diminui, e o dano se acumula nas sementes até que sejam incapazes de germinar e, eventualmente, morrer (BEWLEY et al. 2013).

#### 4. CONCLUSÃO

O híbrido AP2510 apresenta a maior germinação, enquanto, pelo índice de vigor (SLVI) o híbrido AP4001 apresenta sementes e plântulas com maior tolerância ao estresse hídrico. Os efeitos desse estresse comprometem o desempenho fisiológico das sementes e o desenvolvimento de plântulas de milho pipoca.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. **Crop Science**, v. 13, n. 6, p. 630-633, 1973.

ABREU, V. M.; VON PINHO, É. V. R.; VON PINHO, R. G.; NAVES, G. M. F.; SILVA NETA, I. C.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. R. Physiological performance and expression of isozymes in maize seeds subjected to water stress. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 1, p. 40-47, 2014.

ASHKAN, A. ; JALAL, M. Efeitos do estresse salino na germinação de sementes e índices de vigor de plântulas de duas espécies de plantas halofíticas ( *Agropyron elongatum* e *A. pectiniforme*). **Jornal Internacional de Agricultura e Ciências das Culturas**, v. 5, n. 22, pág. 2669-2676, 2013.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 1, p. 10 - 16, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P. V.; TEIXEIRA, S. B.; SOUZA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 752-761, 2011.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F. Physiological, isozyme changes and image analysis of popcorn seeds submitted to low temperatures. **Journal of Seed Science**, 39(3):234-243, 2017.

CATÃO, H. C. R. M. et al. Antioxidant activity and physiological performance of popcorn seed after saline stress and analysis of seedling images. **Ciência e Agrotecnologia**. 2020, v. 44, e005020.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 415-421, dez. 2001.

FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Water and salt stresses on germination of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1009–1016, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039 - 1042, 2011.

HOSENEY, R.C.; ZELEZNAK, K. ; ABDELRAHMAN, A. Mechanism of Popcorn popping. **Journal of Cereal Science I**, 43-52, 1983.

KAVAN, H. C. et al. Accelerated aging periods and its effects on electric conductivity of popcorn seeds. **Revista de Ciências Agrárias**, 42(1):40-48, 2019.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 425 p.

MIRANDA, D.S; SILVA, R.R; TANAMATI, A.A.C; CESTARI, L.A; MADRONA, G.S; SCAPIM, M.R; Avaliação da qualidade do milho-pipoca, **Revista Tecnológica**, Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, pp. 13-20, 2011.

MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T.L.; DIAS, M.A.N. Seed vigor and initial growth of corn crop. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.64-69, 2013

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R.; Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1810-1817, 2008.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 2 - 24.

OLIVEIRA, CES; STEINER, F. Priming com nitrato de potássio para mitigar o estresse salino em mudas de pepino. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 4, pág. 454-462, 2017.

PEREIRA, M. R.; MARTINS, C. M.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 537-545, 2012.

ROCHA, C. S. et al. Physiological quality of popcorn seeds assessed by the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, 40(4):428-434, 2018.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; GALVÃO, J. C. C.; SAES, L. A. Potencial de linhagens locais de milho pipoca para síntese de híbridos. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 143-151, 2000.

SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2015, v. 45, n. 4, pp. 370-378.

STEINER, F. et al. O tamanho da semente afeta a taxa de germinação e o crescimento das plântulas de amendoim sob salinidade e estresse hídrico?. **Pesquisa Agropecuária Tropical** [online]. 2019, v. 49.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L. D.; SIQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 1957-1968, 1991.