



GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO SUJEITAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO E SÓDIO

Emanuel Rodrigues Moura

Wagner Nunes Rodrigues

Curso: Agronomia Período: 10º

Área de Pesquisa: Fisiologia de Plantas Cultivadas

Resumo: Na germinação de sementes, podem ocorrer obstáculos que podem ser prejudiciais para o crescimento da planta, tal como a presença ou o excesso de alumínio e sódio na solução do solo. O objetivo deste trabalho foi quantificar possíveis perdas de germinação de sementes de milho causadas por diferentes concentrações e tipos de soluto no meio, empregando teste de germinação sob condições controladas e estudo do efeito do sódio e do alumínio como solutos sobre a germinação. O experimento seguiu esquema fatorial 4 x 2, contendo 4 concentrações de solutos (0,00; 1,23; 2,45 e 3,68 cmol/L) e 2 tipos de solutos (Na^+ e Al^{3+}). Foi usado delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições formadas por amostras de sementes de milho. Foram avaliados parâmetros de germinação e do crescimento inicial das raízes e coleótilos. Verificou-se que a germinação das sementes do milho pode ser influenciada pelos tipos solutos presentes na água. As concentrações dos solutos também influenciaram na germinação das sementes de milho. Ambos os fatores citados anteriormente interagem para determinar o crescimento de raízes e coleótilos, e acúmulo de massa seca. Para ambos os solutos estudados, alumínio e sódio, o aumento das concentrações interferiu negativamente na germinação das sementes, porém as sementes que entram em contato com alumínio apresentam uma perda mais expressiva do que o que foi observado com o sódio para maioria dos parâmetros de germinação.

Palavras-chave: Acidez. Potencial hídrico. Salinidade. Solutos. *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma gramínea cultivada a milhares de anos e tem sido, historicamente, o cultivo principal para diversas civilizações. Devido à grande variabilidade genética, o milho pode ser cultivado desde o nível do mar até 3.800 m de altitude (Môro; Fritsche-Neto, 2017).

No Brasil, o milho é cultivado em todo o país e ao longo de todo o ano, em diferentes estações, por ser uma cultura de ciclo rápido. O milho (*Zea mays*) é da família Poaceae, tendo seu ciclo normalmente compreendido de 120 a 150 dias, essa diferença de tempo ocorre em função do híbrido que está sendo cultivado e de fatores como clima, solo, espaçamento, ataques de pragas e disputa com plantas daninhas (Borém; Galvão; Pimentel, 2017).

O milho, como a maioria das gramíneas, tem como característica a germinação de natureza hipógea (sementes permanecem sob a superfície do solo durante a germinação). A germinação das sementes acontece após sua embebição, em função da ocorrência de diferentes potenciais osmóticos entre as sementes e o seu ambiente. A temperatura tem grande influência na germinação, temperaturas abaixo de 10 °C e acima de 42 °C prejudicam a germinação das sementes, as temperaturas ideais para proporcionar melhores condições para germinação são de 25 e 30 °C (Fancelli, 2017).

Diversos fatores podem impactar a germinação do milho. Entre os principais fatores exógenos, destacam-se a temperatura, a disponibilidade de oxigênio, luz e água. A água, em particular, é o fator ambiental que mais influencia a germinação, pois sua absorção hidrata os tecidos da semente, criando condições ideais para as atividades metabólicas, como a respiração, que geram a energia necessária para o crescimento do eixo embrionário e, conseqüentemente, para a germinação (Pinto *et al.*, 2012; Villa *et al.*, 2019).

Outro fator importante é a salinidade do solo, que pode interferir na germinação ao criar um ambiente desfavorável para a absorção de água pelas sementes, devido a diminuição do potencial osmótico. Concentrações elevadas de sais podem provocar estresse hídrico, dificultar a hidratação dos tecidos e inibir processos metabólicos essenciais, resultando em taxas de germinação mais baixas (Villa *et al.*, 2019).

Uma boa germinação de sementes depende de condições favoráveis de potencial osmótico. Em alguns solos, podem-se encontrar altas concentrações de solutos, um deles é o sódio, que pode diminuir o potencial osmótico, interferir na absorção de água pelas sementes e prejudicar a germinação e o desenvolvimento do processo (Andréo-Souza *et al.*, 2010). As condições de altas concentrações de sódio (Na^+) na água impedem a ação dos íons sobre o protoplasma, com o aumento dos sais a água fica menos acessível às sementes e afeta sua germinação (Ribeiro; Marques; Amarro Filho, 2001).

O alumínio presente na água em níveis considerados tóxicos pode limitar a germinação das sementes, a absorção do alumínio tóxico pode causar a má formação das raízes, o seu atrofiamento, além de reduzir a disponibilidade de nutrientes para planta (Machado, 1997; Milane *et al.*, 2014).

O objetivo deste trabalho foi quantificar possíveis perdas de germinação como, índice de velocidade de germinação, comprimentos de raízes e coleóptilos, massa seca e umidade, razão entre raiz e coleóptilo de sementes de milho causadas por diferentes concentrações e tipos de soluto no meio, empregando teste de germinação sob condições controladas e estudo do efeito do sódio e do alumínio como solutos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Metodologia

O experimento foi realizado nos laboratórios de Microscopia e de Bioquímica do Centro Universitário Unifacig, no município de Manhuaçu-MG, envolvendo a germinação do milho sob condições controladas.

O experimento seguiu esquema fatorial 4 x 2, contendo 4 concentrações de solutos (0,00; 1,23; 2,45 e 3,68 cmol/L) e 2 tipos de solutos (Na^+ e Al^{3+}). Foi usado delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições e cada parcela experimental foi composta por amostras de 15 sementes de milho.

Sementes de milho do híbrido GNZ7720VIP3, registrada sob nº 41152 no Cadastro Nacional de Cultivares Registradas (MAPA, 2019), foram separadas em amostras para compor cada parcela experimental. Esse híbrido foi geneticamente modificado, sendo resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato. Apresenta grão semiduro e alaranjado, sendo indicado para produção de grãos e silagem, para semeadura de safra e safrinha (Geneze Sementes, 2024).

Para compor os níveis de concentração de alumínio, foram preparadas soluções com diferentes concentrações de alumínio, pela solubilização de sal de cloreto de alumínio – $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (p. a., peso molecular de 241,43 g/mol) – em água destilada.

Para compor os níveis de concentração de sódio, foram preparadas soluções com diferentes concentrações de sódio, pela solubilização de sal de cloreto de sódio – NaCl (p. a., peso molecular de 58,44 g/mol) – em água destilada.

As massas dos solutos necessárias para preparar as soluções-estoque, de maior concentração, foram pesadas em balança eletrônica laboratorial (precisão de 0,01 g). Essas soluções-estoque foram diluídas até os níveis de concentração necessários para compor os tratamentos, conforme descrito na Tabela 1. O pH das soluções usadas no trabalho foi verificado com pHmetro digital portátil logo após a dissolução dos solutos.

TABELA 1 – Concentrações e fatores de diluição usadas para o preparo das soluções que compuseram os níveis de alumínio e sódio avaliados.

Concentração do soluto (cmol/L)	Concentração de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (g/L)	Concentração de NaCl (g/L)	Fator de diluição
3,68	8,89	2,15	solução-estoque
2,45	5,93	1,43	0,66
1,23	2,96	0,72	0,33
0,00	0,00	0,00	0,00

As concentrações de soluto estudadas foram escolhidas de modo a amostrar níveis considerados: baixo, médios e alto pelo manual de interpretação de análise de solo do Estado do Espírito Santo (Prezotti *et al.*, 2007); e muito baixo, baixo, médio e alto pelo manual de interpretação de análise de solo de Minas Gerais (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999).

Placas de petri (diâmetro de 11 cm) foram forradas com duas camadas de papel *germitest*, o qual foi umedecido com 40 mL das soluções de alumínio ou de sódio, de acordo com o tratamento para garantir que as camadas de papel fossem completamente embebidas. Essas placas receberam as amostras de 15 sementes de milho e foram incubadas em uma câmara de germinação, tipo *B.O.D.* (*Biochemical*

Oxygen Demand), visando criar e manter um ambiente mais homogêneo para a germinação. A temperatura foi ajustada a 25 °C e o fotoperíodo estabelecido com 8 horas de luz (Pinto *et al.*, 2012; Sena; Alves; Medeiros, 2017).

As parcelas foram monitoradas diariamente para reposição da umidade perdida e verificação do início do processo de germinação das sementes. Após o início da germinação, realizou-se a contagem diária das sementes germinadas, considerando-se como padrão a contagem apenas daquelas que apresentavam pelo menos 2 mm de comprimento de radículas.

Após o quinto dia, o total de sementes germinadas foi empregado para estimar a porcentagem de germinação (PGE). As contagens diárias foram empregadas para estimar o índice de velocidade de germinação (IVG), considerando a soma do número de sementes germinadas diariamente em relação ao respectivo número de dias transcorridos (Brasil, 2009; Maguire, 1962).

Foram amostradas três sementes germinadas de cada parcela para determinação do comprimento médio de radículas (CRA) e de coleóptilo (CCO). Foi mensurado o comprimento total entre a protusão da estrutura a partir da semente até o ápice da radícula ou do coleóptilo, com auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,1 mm). Empregando-se esses parâmetros, estabeleceu-se a razão entre o comprimento da radícula e do coleóptilo (R/C).

As sementes germinadas foram pesadas em balança eletrônica (precisão de 0,01 g) para determinação da matéria fresca por plântula. Após a pesagem, as sementes germinadas foram acondicionadas em sacolas de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a aproximadamente 65 °C, até que o material atingisse peso constante para determinação da matéria seca por plântula. A diferença entre as matérias fresca e seca foram empregadas para determinação do teor de umidade (UMI), expresso em base úmida (b. u.), das sementes germinadas (Guimarães; Stone, 2008).

Os dados foram sujeitos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, de acordo com a significância dos fatores ou da interação. Considerou-se o nível de 5% de probabilidade para as análises e as mesmas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

2.2. Resultados

Ao final do período de avaliação, percebeu-se uma notável diferença no aspecto visual da germinação das sementes de milho de acordo com o aumento das concentrações de sódio e alumínio, sendo observado efeito negativo, tal como a diminuição das radículas e dos coleóptilos com o aumento das concentrações de solutos, sendo essa diminuição mais notável para os tratamentos com alumínio do que com o sódio, conforme apresentado nas imagens da Figura 1.

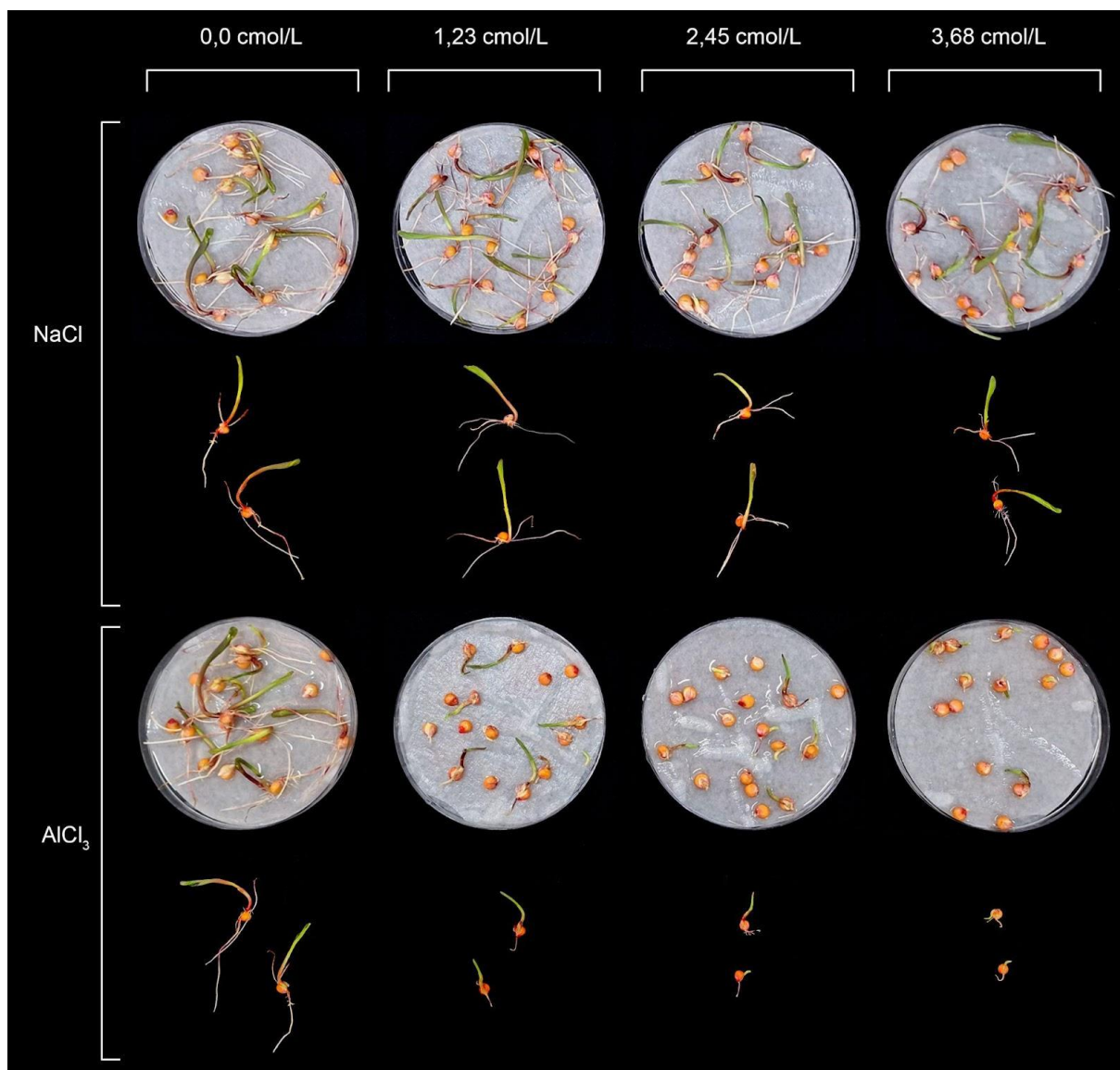


FIGURA 1 – Germinação das sementes de milho submetidos a diferentes concentrações de sódio (Na^+) e alumínio (Al^{3+}) (Laboratório de microscopia do Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024).

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância do trabalho desenvolvido, onde se notou significância estatística do efeito dos solutos para a maioria das variáveis, apenas não sendo significativo para a razão radícula/coleóptilo. De modo semelhante, as concentrações também apresentaram efeito significativo para a maioria das variáveis, sendo a matéria seca a única exceção. Houve interação significativa entre o tipo de soluto e a concentração para os comprimentos de radículas e coleóptilos, assim como para a matéria seca.

TABELA 2 – Resumo da análise de variância para parâmetros da germinação das sementes de milho submetidas a diferentes tipos e concentrações de solutos.

Fonte de variação	GL ¹	PGE ²	IVG ³	CRA ⁴	CCO ⁵
Soluto (S)	1	586,70*	20,96*	3.478,40*	3.605,07*
Concentração (C)	3	974,76*	70,66*	3.146,78*	1.023,29*
Interação SxC	3	177,99 ^{ns}	6,55 ^{ns}	434,13*	438,15*
Resíduo	24	74,96	3,085	60,01	70,34
Total	31				
CV ⁶ (%)		11,01	13,14	21,40	23,45
Fonte de variação	GL ¹		R/C ⁷	MSG ⁹	UMI ¹⁰
Soluto (S)	1		0,0797 ^{ns}	0,0034*	804,38*
Concentração (C)	3		0,3715*	0,0002 ^{ns}	267,95*
Interação SxC	3		0,0283 ^{ns}	0,0006*	199,39 ^{ns}
Resíduo	24		0,0415	0,0001	68,51
Total	31				
CV (%)			21,05	5,97	12,65

¹Grau de liberdade; ²Porcentagem de germinação; ³Índice de velocidade de germinação; ⁴Comprimento de radículas; ⁵Comprimento de coleótilo; ⁶Coefficiente de variação; ⁷Razão de comprimento entre radícula e coleótilo; ⁸Massa seca de sementes germinadas; ⁹Umidade; *Significativo e ^{ns}não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na Figura 2, apresentou-se a comparação das médias de PGE, notou-se que o Na⁺ permitiu uma maior porcentagem de germinação do que o Al³⁺ (Figura 2A). O estudo do efeito da concentração demonstrou que o aumento das concentrações, para ambos os solutos, dentro dos níveis de concentração avaliados, causou a diminuição da quantidade de sementes germinadas, havendo ajuste a um modelo de regressão linear de primeiro grau (Figura 2B).

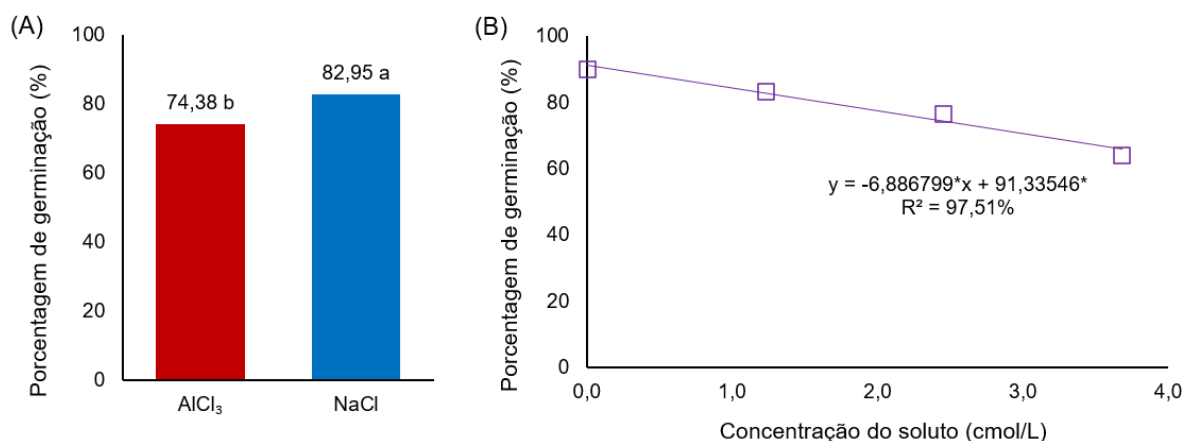


FIGURA 2 – Médias de porcentagem de germinação de sementes de milho, considerando o efeito dos solutos (A) e das concentrações (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

Na Figura 3, apresenta-se a comparação do efeito causado pelos solutos e concentrações sobre o IVG. No primeiro gráfico (Figura 3A), notou-se que houve diferença significativa entre os solutos, com o Al³⁺ causando uma limitação maior do que o Na⁺. Na análise de regressão (Figura 3B), mostrou-se que, para ambos os solutos, o aumento da concentração causou perda no IVG, demonstrando que as

sementes demoraram mais para germinar, apresentando ajuste a um modelo de regressão linear de primeiro grau.

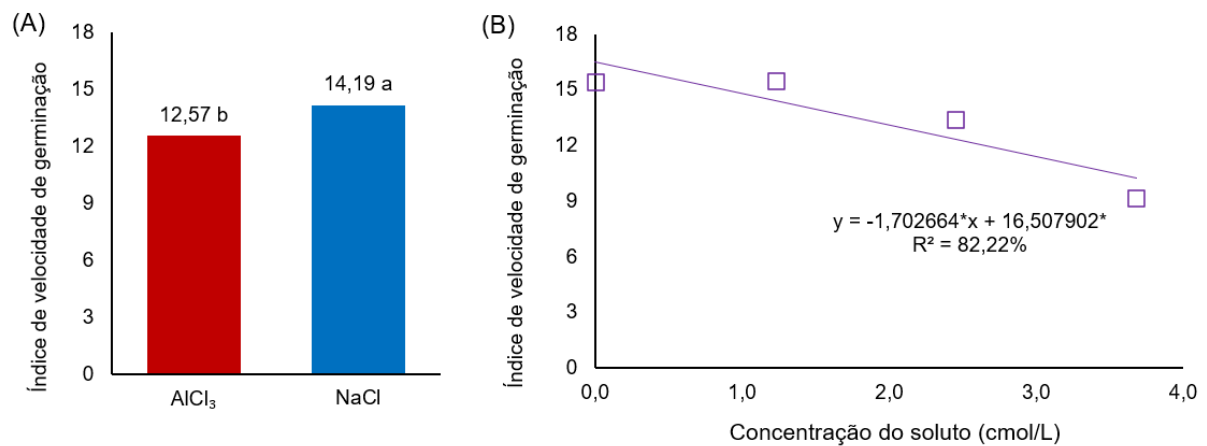


FIGURA 3 – Médias de índice de velocidade de germinação de sementes de milho, considerando o efeito dos solutos (A) e das concentrações (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

No desdobramento da interação para o comprimento de radícula, houve diferença significativa entre os tipos de solutos para as concentrações de 1,23; 2,45 e 3,68 cmol/L; para todas essas concentrações, o Na^+ permitiu o desenvolvimento de raízes mais longas do que aquelas obtido com o Al^{3+} (Figura 4A). Nas análises de regressão, observou-se que, com o aumento das concentrações de Na^+ , houve uma diminuição do comprimento de raízes, a qual foi mais expressiva para Al^{3+} , como pode ser notado pelo menor coeficiente angular da regressão para o alumínio ($-14,099476 < -8,977443$) (Figura 4B).

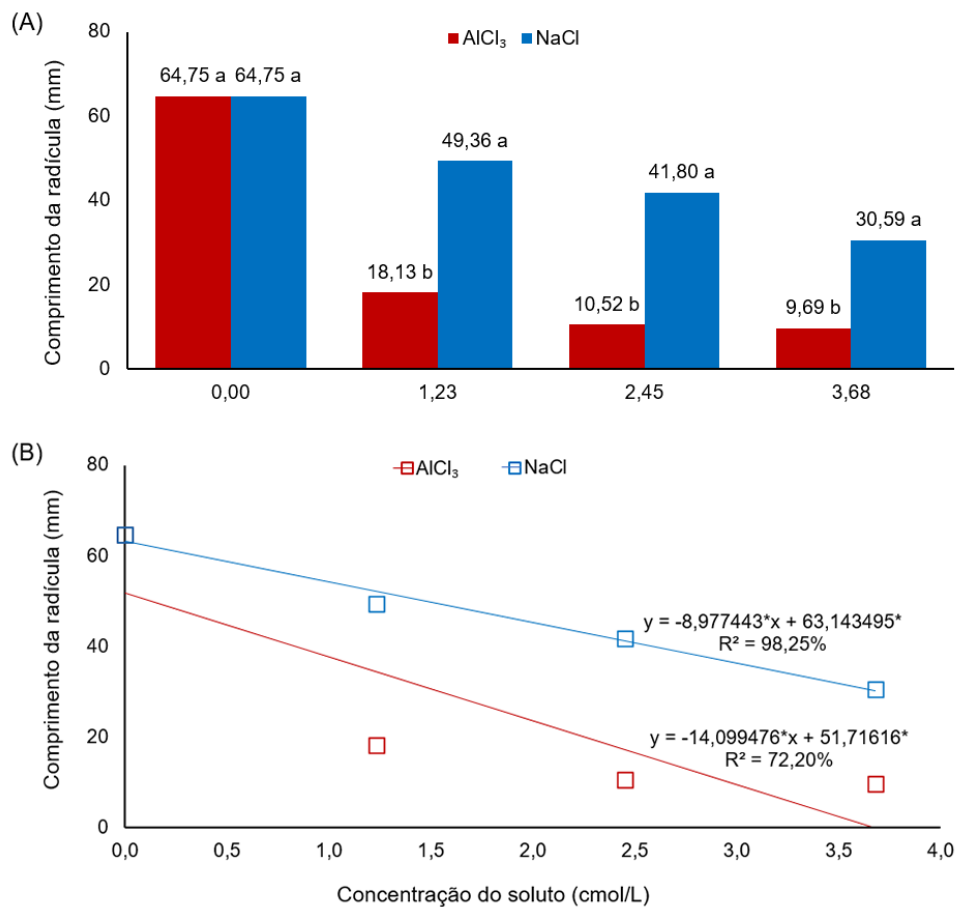


FIGURA 4 – Médias de comprimento de radícula de sementes germinadas de milho considerando a comparação entre solutos para cada concentração (A) e efeito da concentração para cada soluto (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

Para o comprimento de coleóptilo, o desdobramento da interação indicou a presença de diferença significativa entre os solutos para as concentrações de 1,23; 2,45 e 3,68 com/L; para os quais o Na⁺ permitiu com que as sementes germinadas tivessem comprimento de coleóptilo maior do que o Al³⁺ (Figura 5A). Nas análises de regressão, observou-se que houve uma diminuição no comprimento de coleóptilo para ambos os solutos, porém essa queda com o aumento das concentrações é mais expressiva no Al³⁺ do que no Na⁺, como pode ser observado pelo coeficiente angular da regressão de -3,345254 para Na⁺ contra -10,513402 para Al³⁺ (Figura 5B).

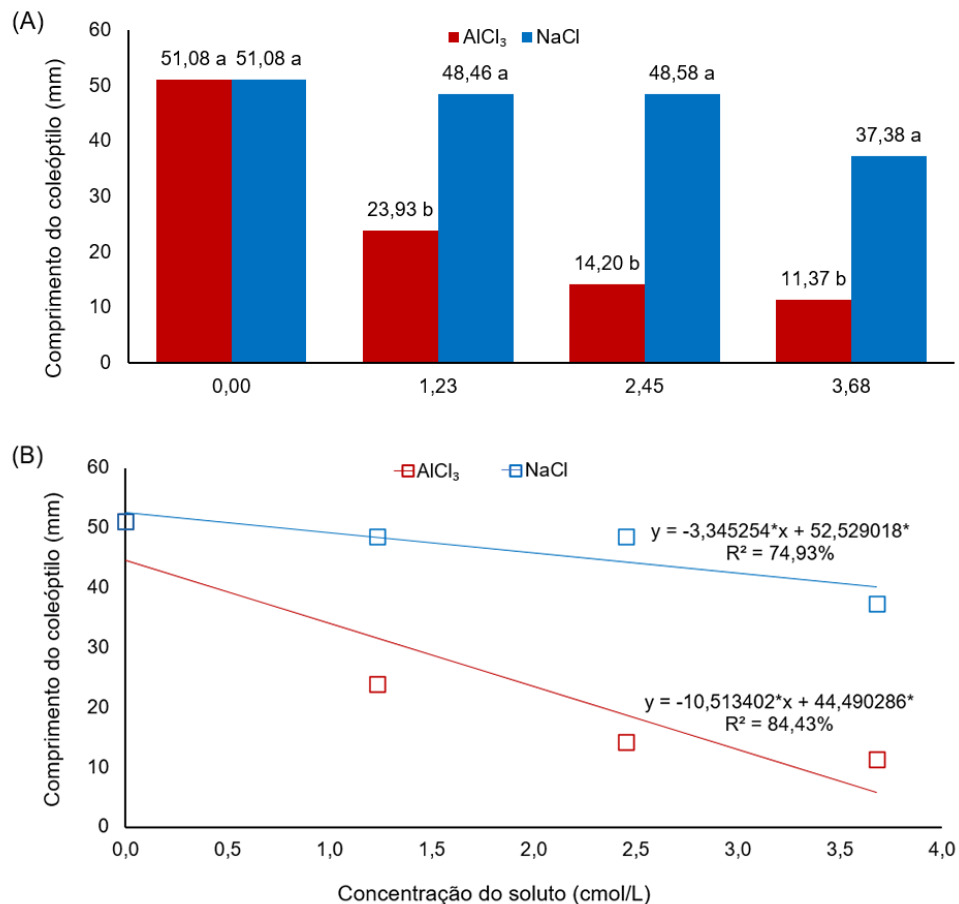


FIGURA 5 – Médias de comprimento de coleóptilo de sementes germinadas de milho considerando a comparação entre solutos para cada concentração (A) e efeito da concentração para cada soluto (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

A razão entre radícula e coleóptilo não foi influenciada pelo tipo de soluto (Figura 6A), mas sim pelo efeito das concentrações, onde o aumento das concentrações causou uma diminuição do R/C (Figura 6B), havendo ajuste a um modelo de regressão linear de primeiro grau. Esse fato mostra que o aumento da concentração limitou mais o crescimento radicular das sementes germinadas do que o crescimento do coleóptilo, fato que é confirmado pelos resultados apresentados anteriormente (Figuras 4B e 5B).

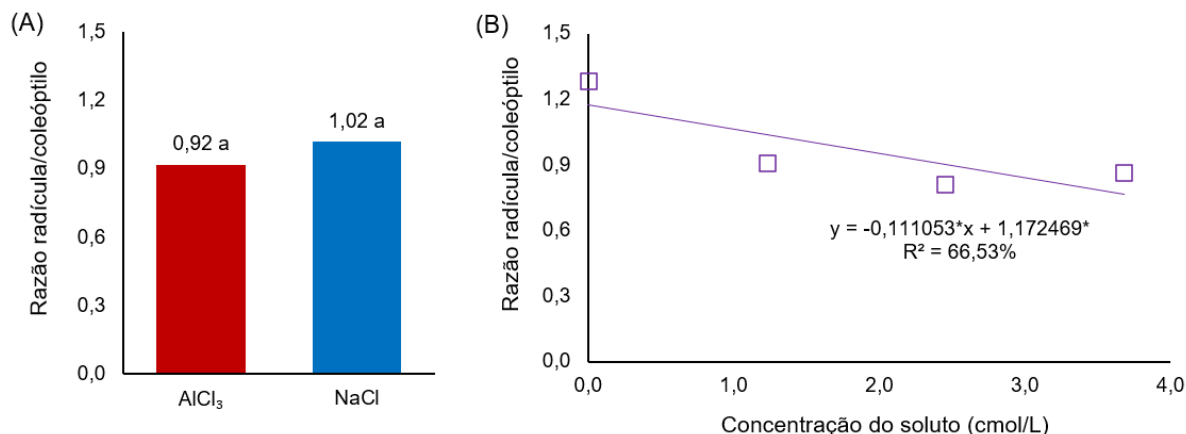


FIGURA 6 – Médias de razão radícula/coleóptilo de sementes germinadas de milho, considerando o efeito dos solutos (A) e das concentrações (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

No estudo do desdobramento da interação para a massa seca, notou-se diferença significativa entre solutos para as concentrações de 2,45 e 3,68 cmol/L, onde o Al^{3+} permitiu médias ligeiramente maiores de MSG do que Na^+ em ambas as concentrações (Figura 7A). Não foi observado efeito significativo da alteração da concentração com o uso para o Al^{3+} . Para o Na^+ , houve ajuste a um modelo de regressão linear de primeiro grau, com decréscimo direto da matéria seca em função do aumento da concentração dentro dos níveis estudados (Figura 7B).

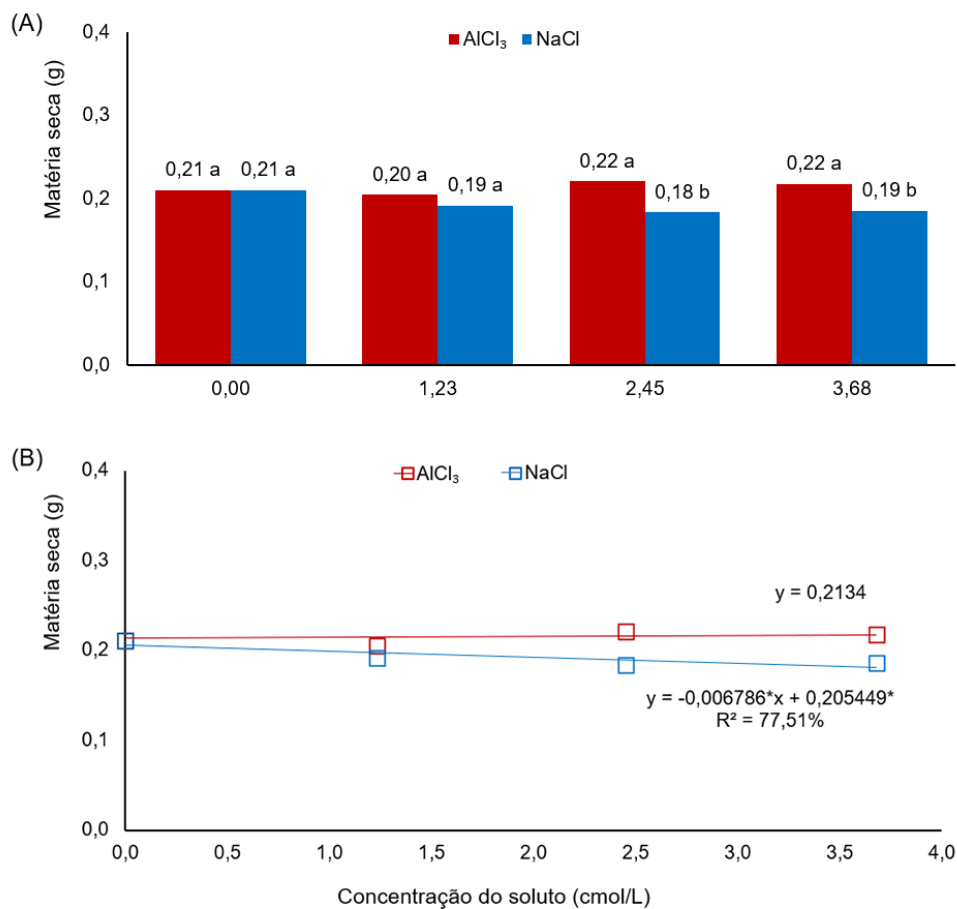


FIGURA 7 – Médias de matéria seca de sementes germinadas de milho considerando a comparação entre solutos para cada concentração (A) e efeito da concentração para cada soluto (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

Para a umidade, observou-se diferença significativa entre os tipos de soluto, onde as plântulas germinadas com o Na⁺ apresentaram médias maiores de umidade do que aquelas obtidas com o Al³⁺ (Figura 8A). A umidade sofreu influência da concentração dos solutos, com queda linear em função do aumento da concentração, dentro dos níveis testados (Figura 8B).

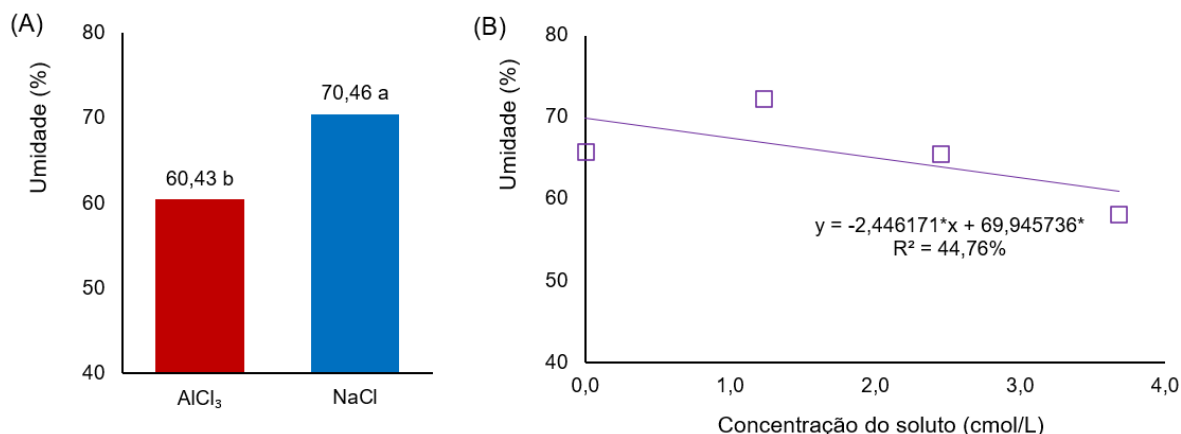


FIGURA 8 – Médias de umidade de sementes germinadas de milho, considerando o efeito dos solutos (A) e das concentrações (B) (Laboratório de microscopia da Unifacig, Manhuaçu-MG, 2024) (médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey; *coeficiente significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade).

2.3. Discussão

Através da análise dos resultados anteriores, notou-se que o Na^+ provocou uma limitação que não foi tão severa quanto a do Al^{3+} para a maioria das variáveis analisadas, como no PGE, IGV, CRA, CCO e UMI. A única observação que mostra um efeito s menos severo do Al^{3+} foi para a análise de MSG nas concentrações de 2,45 e 3,68 cmol/L. Outro ponto importante é que para ambos os solutos, ao aumentar as concentrações houve perdas diretas nos parâmetros de germinação.

Observou-se que a concentração salina influenciou negativamente o crescimento inicial das plântulas germinadas. O milho é considerado sensível a salinidade, a presença de excesso de sais na solução causa efeito negativo na germinação, na velocidade de germinação e de emergência, na produção de matéria seca e fresca das plântulas (Mancuso; Santos, 2003; Villa *et al.*, 2019). As altas concentrações de sais fazem com que a água fique cada vez menos disponível à planta, por diminuir o potencial osmótico, como resultado, há trabalhos na literatura que descrevem que o crescimento de parte aérea e radicular foram menores sob condições de maiores concentrações de Na^+ (Ribeiro; Marques; Amarro Filho, 2001; Lima *et al.*, 2005).

No presente trabalho, o aumento das concentrações prejudicou a germinação, a velocidade da germinação, o crescimento de radículas e dos coleóptilos, a razão entre radículas e coleóptilos, a matéria seca e a umidade. Esses resultados corroboram os descritos por Villa *et al.* (2019), que avaliaram o efeito do Na^+ no desenvolvimento inicial do milho. Os resultados do presente trabalho demonstram que o aumento da concentração do soluto foi prejudicial à germinação mesmo com alteração do tipo de soluto, neste caso, o alumínio prejudicou a germinação mais do que o sódio. Garcia *et al.* (2007) também descrevem o aumento da ocorrência de sementes deterioradas e o desenvolvimento anormal de plântulas de milho sujeitas a condições de maior salinidade (Na^+).

A porcentagem de germinação das sementes foi mais prejudicada pelo efeito do alumínio. A presença do alumínio pode ser prejudicial à germinação, o pH ideal para o sucesso de uma germinação de milho é de aproximadamente 6,0 (Fageria; Zimmermann, 1998; Milane *et al.*, 2014). O pH das soluções usadas no trabalho

atingiu cerca de 4,5 para as soluções com alumínio e se mantendo praticamente inalterado para as soluções com sódio.

Alves *et al.* (2022), estudando a toxidez por alumínio em milho sujeito a diferentes temperaturas e concentrações, observou que o aumento da concentração de alumínio no meio causou prejuízos no crescimento da parte aérea e da raiz, assim como no acúmulo de biomassa e outras variáveis fisiológicas. Esse relato corrobora os resultados do presente trabalho, mas diferentemente dos resultados de Alves *et al.* (2022), também se verificou efeito negativo da concentração de alumínio sobre a porcentagem de germinação, o que pode estar relacionado aos níveis de concentração testados. Esses autores descrevem que mesmo quando a porcentagem de germinação não se altera, o aumento da concentração de alumínio pode causar estresses oxidativos nos tecidos vegetais, tal como a limitação nos teores de pigmentos (clorofilas e carotenóides) e a peroxidação lipídica.

A redução do crescimento da parte aérea e das raízes em plantas de milho é uma característica marcante dos sintomas de toxicidade por alumínio (Furlani *et al.*, 1986; Mazzocato *et al.*, 2002). No presente trabalho, notou-se que o alumínio casou diferenças significativas na germinação. O alumínio é um elemento de pouca mobilidade dentro da planta, mas que é tóxico quando em excesso. Um modo de avaliar o teor de alumínio solúvel na solução do solo é analisar a acidez deste solo, (Epstein, 1974). Segundo Milane *et al.* (2017), baixas concentrações de alumínio na solução do solo já podem ser suficientes para prejudicar a germinação das sementes e causar atrofiamento das raízes, corroborando os resultados do presente trabalho (Figura 1). Além de prejudicar a germinação, o alumínio atrapalha a precipitação do fósforo e pode interferir indiretamente na absorção de nutrientes devido a limitação do crescimento das raízes (Machado, 1997).

Sabe-se que a toxicidade do alumínio interfere no processo de germinação, isso ocorre devido às modificações causadas no metabolismo celular, relacionado com a síntese proteica, permeabilidade à água, mobilização de lipídeos, divisão celular mitótica e síntese de parede celular (Miguel *et al.*, 2010).

Mazzocato *et al.* (2002) observaram que as raízes principais do milho crescem mais na ausência do alumínio, com prejuízos sendo observados até a maior concentração testada (0,022 cmol/L), o mesmo ocorreu no presente trabalho (Figura 4), onde o efeito prejudicial do alumínio foi notado até a concentração de 3,68 cmol dm⁻³. Milane *et al.* (2017) não observaram diferença estatística no comprimento de raiz em diferentes concentrações de alumínio. A maioria das cultivares comerciais de milho são suscetíveis ao alumínio, entretanto já existem variabilidade genética dentro desta espécie para tolerância ao alumínio, mas, segundo Vilela *et al.* (2011), esse tema ainda precisa ser melhor estudado.

O alumínio e o sódio encontrados no solo ou na água podem ser prejudiciais à germinação de sementes de milho. O alumínio teve maior representatividade nesse prejuízo e, por ser um elemento tóxico para a planta, como observado para as sementes do híbrido testado, é necessário que seja feito o estudo da presença de alumínio no solo que será cultivado. Para tal, reforça-se a importância de se realizar a amostragem do solo, a análise laboratorial das características do solo e a correta recomendação de correção da acidez (e.g., calagem) para que o Al³⁺ não assuma formas disponíveis para causar problemas às plantas.

3. CONCLUSÃO

A germinação das sementes do milho pode ser influenciada por tipos solutos presentes na água. As concentrações dos solutos também influenciam na germinação das sementes de milho. Ambos os fatores citados anteriormente interagem para determinar o crescimento de raízes e coleótilos, e acúmulo de massa seca das plântulas germinadas.

Para ambos os solutos estudados, alumínio e sódio, o aumento das concentrações interfere negativamente nos parâmetros de germinação das sementes, porém, as sementes que entram em contato com alumínio apresentam uma perda mais expressiva do que o que foi observado com o sódio para maioria dos parâmetros de germinação.

4. REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M. *et al.* Aluminium toxicity: oxidative stress during germination and early development in purple maize. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 53, p. e20207676, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/9w3FyVCkvt7M5GVwTnC6qmp/abstract/?lang=en>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- ANDRÉO-SOUZA, Y. *et al.* Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/dFMvnJ9W4mrWcyjzrpZdDYL/?lang=pt#>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 29, n. 17, p. 2675-2682, 1998.
- FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. *In*: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (org.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2017. p. 50-76.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FURLANI, P. R. *et al.* Avaliação de linhagens, materiais comerciais e duas populações de milho para tolerância a alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 21, p. 655-660, 1986.
- GARCIA, G. O. *et al.* Índice fisiológico, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, v.12, n. 3, p. 307-325, 2007.

GENEZE SEMENTES. **GNZ 7720**: produtividade com alta qualidade de grãos. Goianésia: Limagrain Sementes, 2024. Disponível em: <https://genezesementes.com.br/produtos/gnz-7720>. Acesso em: 19 nov. 2024.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. **Métodos de avaliação das condições hídricas das plantas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2008.

LIMA, M. G. S. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2005.

MACHADO, P. L. O. A. **Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Lubbock, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Registro nacional de cultivares**: GNZ7720VIP3. Brasília-DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/detalhe_cultivar.php?codsr=41113&codverif=0. Acesso em: 19 nov. 2024.

MAZZOCATO, A. C. *et al.* Tolerância ao alumínio em plântulas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 19-24, 2002.

MIGUEL, P. S. B. *et al.* Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 24, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/884394/1/Efeitos-toxicos-do-aluminio-no-crescimento-das-plantas.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2024.

MILANE, L. V. *et al.* Acidez e alumínio na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. 1, p. 188-198, 2014.

MÔRO, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho do Brasil. *In*: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (org.). **Milho**: do plantio à colheita. Viçosa-MG: Editora UFV, 2017. p. 9-25.

PINTO, A. S. R. *et al.* Test germination of corn seeds in different environments. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 5, n. 3, p. 17-26, 2012.

PREZOTTI, L. C. *et al.* **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**: 5 aproximação. Vitória-ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa-MG: CFSEMG, 1999.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 281-284, 2001.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. Vigor test to evaluate the physiological quality of corn seeds cv. 'Sertanejo'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 3, p. e201550705, 2017.

VILELA, L. A. **Influência de alumínio na taxa de respiração de sementes de Zea mays (milho)**. 2011. Dissertação de mestrado (Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2011.

VILLA, B. *et al.* Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial do milho. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 42-47, 2019.