



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL)



WENDERSON ANDREY AGUIAR DA SILVA

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES ESCURAS E CLARAS DE *Euphorbia*
hyssopifolia Lam. EM FUNÇÃO DOS ESTRESSES HÍDRICO E SALINO E DE
CONDIÇÕES QUÍMICAS DO SUBSTRATO.**

Rio Largo – AL

2024

WENDERSON ANDREY AGUIAR DA SILVA

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES ESCURAS E CLARAS DE *Euphorbia*
hyssoipifolia Lam. EM FUNÇÃO DOS ESTRESSES HÍDRICO E SALINO E DE
CONDIÇÕES QUÍMICAS DO SUBSTRATO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. João Correia de Araújo
Neto

Rio Largo – AL

2024

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586p Silva, Wenderson Andrey Aguiar da
Potencial fisiológico de sementes escuras e claras de *Euphorbia hyssopifolia* Lam. Em função dos estresses hídricos e salinos e de condições químicas do substrato. / Wenderson Andrey Aguiar da Silva – 2024.
69 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. João Correia de Araújo Neto

Inclui bibliografia

1. Planta daninha. 2. Estresse hídrico. 3. *Euphorbiaceae*. I. Título

CDU: 632.5

TERMO DE APROVAÇÃO

WENDERSON ANDREY AGUIAR DA SILVA (MATRÍCULA 2021102427)

“POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES ESCURAS E CLARAS DE *Euphorbia hyssopifolia* Lam. EM FUNÇÃO DOS ESTRESSES HÍDRICOS E SALINO E DE CONDIÇÕES QUÍMICAS DO SUBSTRATO”.

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em 29 de fevereiro de 2024, como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA – Produção Vegetal), na unidade acadêmica do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL).

Documento assinado digitalmente
 JOAO CORREIA DE ARAUJO NETO
Data: 11/03/2024 13:52:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto
Presidente

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 LUAN DANILO FERREIRA DE ANDRADE MELO
Data: 11/03/2024 13:58:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo
Membro Interno

Documento assinado digitalmente
 LEILA DE PAULA REZENDE
Data: 11/03/2024 16:08:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Leila de Paula Rezende
Membro Externo

Rio Largo – AL

2024

DEDICO

Ao meu melhor amigo e irmão Fluke (IN MEMORIAN);

À minha tia Rozângela (IN MEMORIAN).

AGRADECIMENTOS

À Deus e a todo o universo pela proteção e força para enfrentar todas as adversidades que enfrentei desde o início da minha jornada acadêmica;

Ao meu irmaõzinho Fluke (*IN MEMORIAN*) que é o meu maior presente e companheiro nesse plano espiritual e terreno. Um pequenino que marcou cada pedacinho da minha vida nas boas e piores fases que enfrentei. Meu eterno grande irmão, amigo, meu protetor;

Aos meus pais por todo esforço, amor, dedicação em prol do meu desenvolvimento e em especial na minha educação;

A minha tia Rozangela (*IN MEMORIAN*) minha guerreira, minha segunda avó materna, a mulher suporte da família que nunca deixou de acreditar em mim e quão longe eu posso e quero ir;

Ao Rafael por acreditar em mim e tanto ter incentivado o meu crescimento pessoal e profissional; Por ter criado um mundo de possibilidades em pleno auge da pandemia da Covid-19 para a minha permanência em Maceió, e assim ter continuado na pós;

Ao Daniel e Zara pelas noites em claro me dando suporte emocional para concluir este mestrado;

Aos meus colegas do (LPP) Laboratório de Propagação de Plantas Antônio, Aristéia, Carlos Luiz, Cinthia Dantas, Cristian Bernardo, Júlia, Letícia, Sabrina, Tâmara Duarte, Wanda Wenceslau, o tecnico Alex; Emeson Araújo do Laboratório de Instrumentação em Química Analítica (Linqa) por todo o suporte e ajuda;

Aos meus grandes e queridos orientadores, Professor João Correia, Professora Vilma Marques e o Professor Renan Cantalice, por todos os ensinamentos e confiança;

A Universidade Federal de Alagoas, ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela oportunidade que me foi concedido;

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para que essa jornada tornasse mais leve.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Caracterização dos atributos morfológicos da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L. Rio Largo – AL, 2022	19
Tabela 2 - Volume de água (mL) utilizado para germinação de sementes de <i>E. hyssopifolia</i> de acordo com o peso do substrato. Rio Largo – AL, 2022.....	34
Tabela 3: Análise de variância da Porcentagem de germinação das sementes de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> Lam., sob o efeito de diferentes potenciais de estresse salino (NaCl). Rio Largo – AL, 2023.....	48
Tabela 4: Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação das sementes escuras e claras de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> Lam., sob o efeito de diferentes potenciais de estresse salino. Rio Largo – AL, 2023.....	48
Tabela 5: Porcentagem de germinação das sementes escuras e claras de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> Lam., sob o efeito de diferentes potenciais hídricos de PEG 6000. Rio Largo – AL, 2023.....	52

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Germinação em (%), IVG e TMG de sementes escuras e claras de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L. em função dos potenciais de pH. Rio Largo – AL, 2023	32
Figura 2 Influência nas medições em cm. da parte aérea e raiz das plântulas de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> em diferentes níveis de pH. Rio Largo – AL, 2023.....	35
Figura 3 Influência do alumínio (Al) na germinação das sementes de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> escuras e claras. Rio Largo – AL, 2023.....	38
Figura 4 Influência do alumínio (Al) sobre as medições da raiz e parte aérea, comprimento total e massa seca das plântulas de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> de sementes escuras e claras. Rio Largo – AL, 2023	40
Figura 5 Influência do Cálcio (CaCl ₂) sobre a germinação das sementes escuras e claras, comprimento de raiz e parte aérea e comprimento total de plântula e Massa Seca de Plântulas de <i>Euphorbia. hyssopifolia</i> . Rio Largo – AL, 2023.....	42
Figura 6 Influência de Cálcio (CaCl ₂) sobre as plântulas e massa seca das sementes escuras e claras de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> (B). Rio Largo – AL, 2023.....	45
Figura 7 Influência do Magnésio (MgCl ₂) sobre a germinação, IVT e TMG das sementes escuras e claras de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> . Rio Largo – AL, 2023.....	47
Figura 8 Influência do Magnésio (MgCl ₂) sobre as medições das plântulas e massa seca de plântulas das sementes escuras e claras de <i>Euphorbia. hyssopifolia</i> . Rio Largo – AL, 2023.....	49
Figura 9 Influência do NaCl na germinação, IVG e TMG das plântulas de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> em diferentes níveis de NaCl. Rio Largo – AL, 2023.	51
Figura 10 Influência do NaCl na Plântula e Massa seca de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> em diferentes níveis de NaCl. Rio Largo – AL, 2023.....	52
Figura 11 Análise das medições da Germinação %, TMG, IVG de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> em diferentes níveis de PEG600. Rio Largo – AL, 2023.....	55
Figura 12 Análise das medições plântula e Massa Seca da Plântula da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> em diferentes níveis de PEG600. Rio Largo – AL, 2023.....	57

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.” (Chico Xavier)

RESUMO

Euphorbia hyssopifolia é uma espécie daninha que ocorre em vários estados do Brasil, incluindo Alagoas, onde tem sido encontrada em áreas ocupadas com soja, milho, cana de açúcar e pastagens, ocasionando problemas diretos e indiretos. Dessa forma, há necessidade de estudos que possam gerar informações para uso no controle dessa planta daninha em campo. Assim, o presente trabalho foi conduzido no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA/UFAL) com o objetivo de estudar o potencial fisiológico das sementes de *E. hyssopifolia* em função da coloração e interação desta com os estresses hídrico e salino, pH, e de teores de alumínio e de cálcio no substrato. Assim, sementes de coloração escura e clara foram postas para germinar sob condições de estresse hídrico. Utilizando soluções de PEG 6000 em diferentes potenciais hídricos (-0,3; - 0,6; -0,9 e -1,2 MPa); estresse salino, utilizando o NaCl (potencial isotônico 1,8) para a obtenção dos potenciais 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e - 1,2 MPa., sob diferentes condições de pH (2.5 , 4.0 , 5.5 , 7.0 , 8.5 e 10); teores de alumínio preparadas a partir de sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$ nas concentrações de 0; 1,5; 3,0; 4,5; e 6,0 mmolc.dm⁻³ diferentes doses de cálcio (0,0; 1,5; 3,0; 4,5; e 6,0 meq 100 ml⁻¹) e doses de magnésio (0,0; 3,0; 6,0; 9,0; e 12,0 meq 100 ml⁻¹). Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os dados submetidos a análise de variância, cujas médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% e análise de regressão para as variáveis quantitativas. Para cada experimento, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, colocadas sobre papel mata-borrão umedecidas com as soluções de acordo com o experimento e tratamento, acondicionadas em câmara de germinação (B.O.D.), reguladas à temperatura de alternada de 20-30°C e constante de 20°C para os experimentos de estresse hídrico e salino, com fotoperíodo de oito horas em todos os testes. Os testes duraram 21º dias, considerando-se germinadas as sementes que apresentarem protrusão radicular com 2 mm de comprimento. Ao final dos experimentos, as plântulas obtidas foram medidas e em seguida secas em estufa para determinação da massa seca. A partir dos dados de contagem diária foram calculadas a porcentagem e velocidade de germinação (tempo médio e IVG). De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o comportamento das sementes sobre a influência dos níveis de salinidade apresentou um decréscimo na germinação com o aumento das pressões osmóticas. O pH ideal para o máximo de germinação foi de 7,0, independente da coloração. A germinabilidade foi afetada a partir de 1,5 mmolc.dm⁻³ de Al³⁺. Os níveis de PEG 6000 e NaCl estudados apresentaram influência na germinabilidade a partir de -0,3 Mpa. O processo de germinação foi totalmente inibido a partir da concentração de 9,0 (cmolc.dm⁻³) de Cloreto de Cálcio e 9,0 (cmolc.dm⁻³) de Cloreto de Magnésio em sementes de *E. hyssopifolia*.

Palavra-chave: Burra leiteira; Planta Daninha; Euphorbiaceae.

ABSTRACT

Euphorbia hyssopifolia is a weed species that occurs in several states in Brazil, including Alagoas, where it has been found in areas occupied by soybeans, corn, sugar cane and pastures, causing direct and indirect problems. Therefore, there is a need for studies that can generate information for use in controlling this weed in the field. Thus, the present work was conducted at the Campus of Agricultural Engineering and Sciences (CECA/UFAL) with the objective of studying the physiological potential of *E. hyssopifolia* seeds depending on their color and interaction with water and saline stress, pH, and of aluminum and calcium content in the substrate. Thus, dark and light colored seeds were allowed to germinate under water stress conditions. Using PEG 6000 solutions at different water potentials (-0.3; -0.6; -0.9 and -1.2 MPa); salt stress, using NaCl (isotonic potential 1.8) to obtain potentials 0.0; -0.3; -0.6; -0.9 and -1.2 MPa., under different pH conditions (2.5, 4.0, 5.5, 7.0, 8.5 and 10); aluminum content prepared from aluminum sulfate - $Al_2(SO_4)_3$ at concentrations of 0; 1.5; 3.0; 4.5; and 6.0 mmolc.dm⁻³ different doses of calcium (0.0; 1.5; 3.0; 4.5; and 6.0 meq 100 ml⁻¹) and doses of magnesium (0.0; 3.0; 6.0; 9.0; and 12.0 meq 100 ml⁻¹). The experiments were carried out in a completely randomized design (DIC), with the data subjected to analysis of variance, whose means were evaluated by the Tukey test at 5% and regression analysis for quantitative variables. For each experiment, four replications of 25 seeds were used, placed on blotting paper moistened with solutions according to the experiment and treatment, placed in a germination chamber (B.O.D.), regulated at an alternating temperature of 20-30°C and constant of 20°C for water and saline stress experiments, with a photoperiod of eight hours in all tests. The tests lasted 21 days, considering seeds with a 2 mm long root protrusion to be germinated. At the end of the experiments, the seedlings obtained were measured and then dried in an oven to determine the dry mass. From the daily count data, the percentage and speed of germination (average time and IVG) were calculated. According to the results obtained, it was found that the behavior of seeds under the influence of salinity levels showed a decrease in germination with increasing osmotic pressures. The ideal pH for maximum germination was 7.0, regardless of color. Germinability was affected from 1.5 mmolc.dm⁻³ of Al^{3+} . The levels of PEG 6000 and NaCl studied showed an influence on germinability from -0.3 Mpa. The germination process was completely inhibited from a concentration of 9.0 (cmolc.dm⁻³) of Calcium Chloride and 9.0 (cmolc.dm⁻³) of Magnesium Chloride in *E. hyssopifolia* seeds.

Keyword: Dairy donkey; Weed; Euphorbiaceae.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 <i>E. hyssopifolia</i>	17
2.2 Processos envolvidos na germinação	18
2.3 Importância da água para a germinação	20
2.4 O papel da Temperatura e Luminosidade nos processos germinativos	20
2.5 Potencial fisiológico de sementes em função de componentes químicos.....	21
2.6 pH	22
2.7 Cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl ₂), cloreto de magnésio (MgCl ₂) e alumínio (Al).....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Local de condução do experimento	26
3.2 Coleta, limpeza e armazenamento das sementes de <i>Euphorbia hyssopifolia</i>	27
3.3 Variáveis Analisadas	28
3.4 Influência do pH no potencial fisiológico de sementes de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.....	28
3.5 Influência do alumínio (Al ³⁺) na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.....	29
3.6 Influência do teor de cálcio (CaCl ₂) e de magnésio (MgCl ₂) na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	29
3.7 Influência do estresse salino na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	30
3.8 Influência do estresse hídrico na germinação das sementes da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.....	30
3.9 Análise estatística	31
4 RESULTADO E DISCUSSÕES	31
4.1 Influência do pH no comportamento germinativo de sementes de <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	31
4.2 Influência do alumínio (Al) na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	37
Influência do teor de cálcio (CaCl ₂) na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.....	42
4.4 .4 Influência do teor de magnésio (MgCl ₂) na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	47
4.5 Influência do estresse salino na germinação da <i>Euphorbia hyssopifolia</i>	50
4.6 Influência do estresse hídrico na germinação das sementes da <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.....	54
5 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO

Euphorbia hyssopifolia Lam., é uma planta daninha herbácea anual, dotadas de frutos trilocular que se reproduz exclusivamente por sementes, em todo território nacional, podendo causar danos diretos e indiretos em cultivos agrícolas (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). É considerada daninha por apresentar efeitos negativos na produção agrícola, podendo causar mais de 80% de perda na produtividade das lavouras devido à atividade alelopáticas e competitiva (TANVEER *et al.*, 2013). De acordo com Ferreira *et al.* (2017), em canaviais brasileiros esse gênero afeta cerca de 85% da produtividade, dependendo da densidade de infestação e do tipo de interferência.

Entre muitas espécies daninhas de ocorrência no Brasil, a *Euphorbia hyssopifolia* Lam., popularmente conhecida como burra leiteira, tem sido registrada em todas as regiões do Brasil, a exemplo de Alagoas, cuja ocorrência já foi relatada, causando danos diretos e indiretos em culturas agrícolas e áreas de pastagem (CORDEIRO *et al.*, 2022). Trata-se de uma espécie heliófita, anual, dotada de excelentes mecanismos de propagação, como produção abundante de sementes viáveis com alta capacidade de serem dispersas (devida a seu pequeno tamanho), germinação desuniforme, dentre outras características.

As sementes das espécies daninhas, ao serem liberadas para o meio ambiente vão formar o banco de sementes, constituindo-se em verdadeiro reservatório de suprimento constante de novos indivíduos ao longo do tempo. Esta flutuação na germinação das sementes pode ser regulada por diversos fatores que, em maior ou menor escala, influenciam a taxa de emergência e, conseqüentemente, a dinâmica populacional. Fatores como a dormência em graus distintos determinam a abundância da geminação/emergência das plântulas em campo e a sua distribuição ao longo do tempo. Além deste, fatores relacionados à disponibilidade hídrica e condições químicas do solo, podem também interferir no processo germinativo (BORGES *et al.* 2020). A diferença da coloração em muitas sementes também é considerada como mecanismo perpetuador da espécie, sendo este pouco estudados para espécies daninhas.

Com relação as plantas daninhas, o teste de germinação em suas sementes é crucial para fornecer informações sobre a biologia, função ecológica, capacidade de adaptação e potencial de infestação das espécies, com a finalidade de obter estratégias de controle mais assertivas (BASTIANI *et al.*, 2015). Mas, no entanto, a espécie estudada não apresenta informações aprofundadas na literatura sobre a ecologia e biologia de sua germinação, abrindo-se caminho para as investigações relacionadas a esse tema. Diante do exposto há uma necessidade de informações sobre os níveis de coloração e o controle de germinação da

Euphorbia hysopifolia L., em relação a fatores como pH, NaCl, Magnésio, PEG600, Cálcio e Alumínio, tornando-se ainda mais importante realizar estudos que visam a identificação de lacunas no conhecimento de como estes fatores afetam a germinação de espécies que há uma grande necessidade de controle. Isso leva a uma compreensão mais completa dos mecanismos envolvidos e das estratégias potenciais de controle. De modo que possa desenvolver mecanismos de controle personalizados e mais eficazes para diferentes condições de solo e ambientais e com isso, reduzir os impactos ambientais e os custos associados ao uso de químicos.

Com isso, o objetivo do trabalho foi estudar o potencial fisiológico de sementes de escuras e claras em função do estresse hídrico, salino, pH, alumínio e cálcio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *E. Hyssopifolia*

Euphorbia hyssopifolia L. também conhecida como Burra leiteira, Erva de santa luzia, Erva andorinha é uma planta invasora medianamente frequente em lavouras anuais. É bastante variável em seus caracteres vegetativos e nas características florais, cuja descrição encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos atributos morfológicos da *Euphorbia hyssopifolia* L.

DADOS OBSERVADOS	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS
<i>Hábito</i>	Anual, herbácea, procumbente, altura da planta 25,89 ± 2,75 cm, caule sólido cilíndrico com pigmentos vermelhos, sistema radicular principal.
<i>Folhas</i>	Margem serrilhada, forma obovada, comprimento 1,08 ± 0,17 cm, ápice agudo, base truncada, peciolada, estipulada.
<i>Inflorescência</i>	Cyanthium, monóica, hermafrodita, pedicelo verde, perianto verde, pistilo hipógino, ovário único, placentação axilar, estigma ramificado em quatro, estames numerosos e epipétalos.
<i>Fruto</i>	Esquizocárpico, trilobado, verde não maduro, verde amarelado maduro.
<i>Semente</i>	Forma elíptica, carunculada, não madura, cor branca, madura, marrom escuro/pardacento.
<i>Habitat</i>	Ao longo de estradas, quintais, campos cultivados e abertos.

O seu nível de controle é tido como difícil dado a sua resistência a uso de herbicidas, sendo frequente em todo o país em áreas de lavoura. Trata-se de uma espécie heliófita, anual, dotada de excelentes mecanismos de propagação, como produção abundante de sementes viáveis com alta capacidade de serem dispersas (devida a seu pequeno tamanho), germinação desuniforme, dentre outras características (SILVA, 2014).

As suas sementes, ao serem liberadas para o meio ambiente vão formar o banco de sementes, constituindo-se em verdadeiro reservatório de suprimento constante de novos indivíduos ao longo do tempo. As flutuações na germinação dessa população de sementes são reguladas por um conjunto de fatores que, em maior ou menor escala, influenciam a taxa de emergência e, conseqüentemente, a dinâmica populacional (MACDONALD *et al.*, 2002).

Sua capacidade de multiplicação é consideravelmente grande e a planta cresce com muita rapidez, característica essa que permite a competição por radiação solar e nutrientes

com plantas cultivadas. Cresce em quase todos os tipos de solo, porém, prefere os solos férteis e drenados. Devido ao seu elevado potencial de produção de sementes, essa espécie pode contribuir para a manutenção do banco de sementes, que, juntamente com outras espécies, irão constituir um reservatório de suprimento constante de plantas indesejáveis em áreas de cultivo, ao longo do tempo (JUDD et al., 2009).

As plantas desse gênero são exploradas pela indústria farmacêutica por apresentarem látex com atividades medicinais fitoterápicas, sendo os triterpenos um amplo grupo químico de princípios ativos, que estão presentes nos mecanismos de ação e efeitos farmacológicos de muitas plantas medicinais utilizadas na medicina popular contra doenças nas quais o sistema imunológico está envolvido (RÍOS, 2010). Estes têm sido descritos como agentes anti-inflamatórios, antivirais, antimicrobianos e antitumorais, bem como compostos imunomoduladores (HIROYUKI *et al.*, 2005). Vários deles estão envolvidos na resolução de doenças do sistema imunológico, embora seus efeitos nem sempre tenham sido claramente correlacionados. Lanostanos, cucurbitanos e oleananos são os grupos mais relevantes, no entanto, outros compostos químicos presentes na *Euphorbia hysopifolia* são de importância para a indústria farmacêutica (RÍOS, 2010).

Já na agricultura, são consideradas daninhas por terem efeitos negativos na produção, podendo causar mais de 80% de perda na produtividade das lavouras devido à atividade alelopática e competitiva (ÖZBILGIN; STAN; CITOĞLU, 2012; TANVEER *et al.*, 2013). Estando presente dentre as espécies predominantes no banco de sementes do sistema de cana crua na região de Ribeirão Preto – SP (KUVA *et al.*, 2008).

2.2 Processos envolvidos na germinação

O conhecimento dos principais processos envolvidos na germinação de sementes de espécies daninhas é de vital importância não apenas no que se refere à preservação das culturas agricultáveis, das inovações de técnicas de manejo, economia de recursos dentro das comunidades vegetais, mas no que tange as pesquisas relacionadas à conservação e aos estudos que visam à ecologia das espécies (SMIDERLE; SOUZA, 2003).

A germinação e o sucesso na infestação de novos ambientes também podem ser afetados, além da dormência, por outros fatores, como água, luz, temperatura, pH do solo, salinidade, saturação por base e por alumínio além do cálcio, afetando o comportamento germinativo das sementes no campo. Dessa forma, a capacidade de adaptação de plantas daninhas a essas variações, muda de acordo com a espécie, modificando também a dinâmica populacional e, conseqüentemente, a capacidade de competição (MONQUERO *et al.*, 2012).

Ao conhecer o comportamento ecológico das plantas invasoras quando aplicado os diversos fatores ambientais, torna-se possível o entendimento da ecologia destas espécies quando dispersas nos campos, contribuindo em técnicas que visem a redução do seu banco de sementes e conseqüentemente no surgimento de novos indivíduos (PETENON e PIVELLO, 2008).

Partindo dessa premissa, é necessário pesquisar a influência desses fatores conjuntamente para compreender o processo germinativo das espécies dos diferentes grupos funcionais dentro da sucessão secundária (FIGLIOLIA, 2005).

Para que ocorra a germinação é necessário que as sementes sejam reidratadas e colocadas em substrato adequadamente úmido. Com isso, as atividades metabólicas se intensificam e, como consequência, ocorre a retomada do crescimento do eixo embrionário. Como em todo processo biológico, também na germinação das sementes, há um gasto de energia na degradação das substâncias de reserva, consumindo oxigênio para quebra desses produtos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O teste de germinação de sementes deve ser conduzido seguindo as prescrições das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), que além da temperatura, água e oxigênio, devem ser considerados o tamanho das sementes e tipo de substrato onde serão mantidas para germinar. Dessa forma, a escolha do substrato tem fundamental importância para avaliar corretamente a capacidade germinativa das sementes. Para tanto, os substratos devem apresentar aeração, drenagem e retenção de água (ALMEIDA, 2003; TONIN, 2005).

A germinação de sementes envolve uma sequência ordenada de estágios metabólicos, que resulta no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula (MARCOS-FILHO, 1986). Já Copeland e McDonald (1995) conceituam como uma reativação do crescimento do embrião, resultando na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula. As Regras para Análise de Sementes (RAS), Brasil (2009) afirmam que a germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo.

2.3.1 Importância da água para a germinação

A água é o requisito mais importante para germinação de sementes (BEWLEY *et al.*, 2013), cujo os processos metabólicos, como atividade enzimática e respiração dão início a partir da absorção de água pela semente (BASKIN; BASKIN, 1998). Para que uma semente germine, é necessário que o meio forneça água suficiente, permitindo a ativação das reações

químicas relacionadas ao metabolismo e, com isto, a retomada do processo do desenvolvimento do embrião.

A água é um fator limitante da germinação, sua escassez pode provocar alterações no metabolismo e fisiologia de sementes, afetando a translocação de nutrientes (SILVA *et al.*, 2020). Já, quando em excesso, limita a absorção de oxigênio, afetando o metabolismo da semente e a deixa mais susceptível ao ataque de patógenos (LEÃO *et al.*, 2019). O volume de água também influencia no processo de embebição. Embora cada espécie possua características únicas, a embebição consiste no processo de absorção de água pela semente, composta por três fases, proporcionando o aumento da taxa respiratória e culminando no rompimento do tegumento pelo eixo radicular (FARIAS *et al.*, 2019).

Sob condições ideais de suprimento de água, a absorção pelas sementes obedece a um padrão trifásico. Na fase I, denominada embebição, ocorre uma rápida entrada de água, em função da grande diferença de potencial entre as sementes e o substrato, independentemente do estado fisiológico das sementes. Na fase II, a velocidade de absorção de água se torna mais lenta, tendendo para o equilíbrio entre os potenciais; ocorrem diversas reações metabólicas preparatórias à emergência da raiz primária. Na fase III, com o metabolismo ativado e em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, ocorre uma redução no potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção de água do meio (MARCOS FILHO, 2015).

Os principais componentes químicos das sementes, responsáveis pela embebição e aumento de tamanho, são as proteínas, e, em menor intensidade, a celulose e substâncias pécnicas; o amido e os lipídios apresentam interferência reduzida no processo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

2.3.2 O papel da temperatura e luminosidade nos processos germinativos

A temperatura e a luminosidade são dois fatores ambientais cruciais que influenciam os processos germinativos das sementes. A temperatura afeta diretamente a taxa e o sucesso da germinação das sementes. Cada espécie de planta tem sua faixa de temperatura ideal para germinação. Abaixo dessa faixa, a germinação pode ser atrasada ou até mesmo inibida. Acima dessa faixa, pode ocorrer danos às sementes. Exercendo influência no processo germinativo em condições de temperatura ideais, as enzimas responsáveis pela germinação são ativadas, dando início ao processo de crescimento da planta a partir da semente. Considerando-se a temperatura ótima aquela que permite a expressão do máximo potencial

de germinação das sementes no menor intervalo de tempo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A luz é necessária para a germinação de muitas espécies (COPELAND E MCDONALD, 2001). chamadas fotoblásticas positivas o que significa que requerem luz para germinar. Para as sementes que requerem luz para germinar, a luz desencadeia reações fotossintéticas que fornecem energia para o crescimento inicial da planta. Essa é uma adaptação comum em sementes de plantas que germinam na superfície do solo ou próximas a ela, onde a luz é facilmente acessível. Entretanto, algumas espécies necessitam de limitação luminosa para que haja o processo germinativo (fotoblásticas negativas) germinando melhor na escuridão, existindo ainda as indiferentes, ou seja, aquelas que não apresentam sensibilidade à luz (LOPES et al., 2005). A luz também é um requisito importante para germinação de sementes, podendo, dependendo da espécie, promover ou inibir o processo germinativo, servindo como um sinal de que as condições não são adequadas para o crescimento, como é o caso de sementes de plantas que germinam sob a cobertura da vegetação.

Agentes como a temperatura, a luz, a disponibilidade hídrica na germinação das sementes é amplamente estudada a décadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) mas pouca atenção tem sido dada às condições químicas do meio. Em resumo, a temperatura e a luminosidade são dois fatores ambientais importantes que afetam os processos germinativos das sementes, influenciando sua taxa, sucesso e padrões de crescimento. Esses fatores são essenciais para entender e manipular no cultivo de plantas.

2.4 Potencial fisiológico de sementes em função de componentes químicos .

As condições químicas do meio podem agir de duas formas sobre a germinação das sementes: ou seu efeito é benéfico e resulta na ativação das reações metabólicas requeridas para a conclusão do processo, ou seu efeito é nocivo e inibe ou reduz a germinação. A redução da germinação pode ser resultado de estresse ambiental (MARCOS FILHO, 2015).

O estresse pode ser definido como qualquer fator que exerça influência negativa sobre a planta (TAÍZ; ZEIGER, 2017). Em certos casos, a lixiviação do solo resulta em solos ácidos que a germinação e o crescimento de espécies se tornam impossíveis. Por esta razão, estudos fitotóxicos dependem da avaliação de respostas germinativas que estão relacionadas à taxa, velocidade e porcentagem de germinação (DIAS, 2000). O estado do solo frequentemente afeta a germinação de maneira expressiva (LANZA et al. 2004). A acidificação e a calagem do solo apresentam, de acordo com Olsson e Kellner (2002), efeito

relevante sobre a germinação de sementes. Isselin *et al.* (2004), baseado em suas pesquisas, afirmaram que a natureza química do solo afeta a germinação, agindo tanto na porcentagem final quanto na duração do processo.

2.4.1 pH

O valor do pH é definido como a atividade do íon hidrogênio, expresso com logaritmo negativo da sua concentração, determinando a acidez relativa de um meio.

Sabe-se que o pH do solo é de grande importância para o crescimento da planta, devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, em especial, de micronutrientes (BLANCHARD *et al.*, 2020). Dentre os estudos sobre a germinação, a influência do pH tem recebido pouca atenção.

O pH do solo é de grande importância para o desenvolvimento das plantas, devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, especialmente de micronutrientes (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011). Entretanto, a influência do pH sobre a germinação das sementes tem recebido pouca atenção. Valores de pH menores que 3,0 e superiores a 8,0 tem sido descrito como inibidores do processo germinativo (JUNIOR *et al.*, 2007). Por outro lado, algumas plantas daninhas não sofrem influência do pH em determinados intervalos (WANG *et al.*, 2016; ROSO *et al.*, 2020).

A elevação da acidez do solo libera alguns minerais para a solução do solo, podendo torná-los disponíveis para absorção pelas plantas. Um exemplo disso é o alumínio que é solubilizado em pH baixo e pode provocar fitointoxicação (EPSTEIN; BLOOM, 2006). O cátion de alumínio altera as características das membranas celulares, aumentando a sua permeabilidade e facilitando a perda de solutos (MENDONÇA *et al.*, 2003; VITORELLO *et al.*, 2005). Esse elemento pode favorecer a degradação de proteínas das membranas, que tem influência direta nas trocas iônicas, vindo a comprometer o estado nutricional da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Danos morfofisiológicos são facilmente observados em plantas expostas ao alumínio (KOCHIAN, 2004). Como consequência desses processos, entre outros, a divisão e o alongamento celular nas raízes das plantas são prejudicados (EPSTEIN; BLOOM, 2006; KOCHIAN, 2004; NOVAIS *et al.*, 2007).

2.4.2 Cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂), cloreto de magnésio (MgCl₂) e alumínio (Al).

Atualmente, o problema com salinidade dos solos é encontrado em todo o país, mas especialmente na região Nordeste, onde grandes áreas encontram-se salinizadas (SILVA *et al.*, 2011), sendo este um dos principais fatores para a existência de limitações de cultivos em várias regiões (CHINNUSAMY *et al.*, 2005; SÁ *et al.*, 2013). A salinidade do solo é resultado de processos naturais ou induzidos, associados ao manejo inadequado da terra ou causado pelo uso de água salina na irrigação. Esse problema aumenta, anualmente, devido às mudanças climáticas e à alta demanda por água e fertilizantes na agricultura moderna (LOPES; KLAR, 2009).

A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas econômicas. A ocorrência e a intensidade dos efeitos da salinidade dependem de diversos fatores como espécie e cultivar utilizados, estágio fenológico das mesmas, do tipo de sal presente na área, período e intensidade do estresse salino, manejo, irrigação e das condições climáticas (TESTER; DAVÉNPORT, 2003). De acordo com Wang *et al.* (2020), o ambiente salino impõe três tipos principais de estresse a germinabilidade das sementes: estresse osmótico, toxicidade específica de íons e deficiência, afetando uma série de processos fisiológicos que regulam o metabolismo celular.

As sementes também sofrem influência significativa da condição de salinidade dos solos. O alto teor de sais, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação por reduzir o potencial osmótico (LIMA *et al.*, 2005). Contudo, apesar do efeito benéfico do ponto de vista agrônomo quanto à inibição da germinação de plantas daninhas, em várias regiões do país e do mundo, em especial nas áreas áridas e semiáridas, o excesso de sais no solo tem prejudicado a produção agrícola.

O Cloreto de magnésio é um composto inorgânico constituído por um íon magnésio e dois íons cloreto. Possui a coloração branca, porém pode tornar-se rósea em contato com a umidade, sendo bastante higroscópico. Também conhecido pelo nome de cloreto de magnésio hexahidratado, seu pH situa-se entre 4,5 a 7,0 e sua massa específica é 2,32 g/cm³, atinge o ponto de fusão aos 712°C e de ebulição aos 1412°C, porém a essa temperatura decompõe-se (NUNES, 2007). Possui propriedades medicinais, e atua como fonte de íons de magnésio, essenciais para muitas atividades celulares. Também pode ser utilizado como purgativo e em ligas metálicas (FAENQUIL, 2005).

Solos ou substratos concentrados em sais não fornecem meios adequados para semeadura, pois o potencial de água no substrato é menor, provocando deficiência hídrica na semente e efeitos danosos na fisiologia e no metabolismo da planta em desenvolvimento. São considerados mais nocivos os sais que apresentam maior solubilidade, pelo fato que as

plantas, ao absorverem água do substrato, absorvem solução e conseqüentemente excessos de sais, provocando toxidez e distúrbios fisiológicos às sementes, acarretando diminuição no potencial de germinação (TORRES *et al.*, 2000; FONSECA; PEREZ, 1999).

Durante a embebição, esse excesso de sais, que agora são íons, tem sua entrada facilitada em quantidades tóxicas, além da dificuldade da cinética de absorção de água pela semente no processo de germinação provocado pela salinidade (SANTOS *et al.*, 1992). Assim, sais contendo cálcio geralmente são menos drásticos que sais de sódio (NETO *et al.*, 2006).

Sabe-se que o magnésio também atua como cofator enzimático em rotas associadas com tolerância ao estresse podendo mudar a resposta da plântula em potenciais isosmóticos, assim como é observado com o cálcio. O movimento de íons de um lugar para outro é denominado transporte. As células do embrião trocam água e solutos com seu ambiente, e entre seus tecidos e órgãos, por meio de membranas que contêm proteínas especializadas – canais, carregadores e bombas – que facilitam o transporte de solutos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Na membrana existem hormônios, os quais interagem com proteínas específicas, denominados receptores. Os hormônios constituem-se em mensageiros químicos que funcionam como mediadores na comunicação intercelular, sendo responsáveis pelo reconhecimento do estresse e os transmitindo até o núcleo da célula, onde ocorre a ativação ou inativação da expressão gênica. Alterando-se, portanto, o metabolismo celular, com reflexos fisiológicos e no desenvolvimento da plântula, a qual pode não ter um pool de enzimas antioxidantes suficiente para lidar com o estresse, pelo fato de ainda não apresentar maturidade e proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Todos os estresses ambientais que as plantas sofrem durante seu desenvolvimento, refletem mudanças na sua fisiologia. A deficiência de água é a maior inimiga nesse processo, agindo como fator limitante do crescimento da plântula, desenvolvimento da planta, reprodução e conseqüentemente redução no nível de produção.

A capacidade de germinação sob condições de estresse de umidade ou sob elevado teor de sal dos solos pode permitir que plantas de uma espécie daninha tirem vantagens das condições que limitam o crescimento de outras espécies (CHAUHAN; JOHNSON, 2008). Com a salinização, o potencial osmótico da solução do solo é reduzido, diminuindo a disponibilidade de água e aumentando a toxicidade de certos íons às plantas (CORDEIRO, 2001).

As plantas, ao serem submetidas a diferentes níveis de salinidade, têm comportamento diferenciado, conforme sua sensibilidade ou tolerância. Alguns sintomas comuns são clorose, queima nas bordas das folhas e raquitismo, dentre outros. BLANCO *et al.*, (2007) relatam que a tolerância de uma cultura a salinidade pode variar tanto entre genótipos de mesma espécie como quanto ao estágio de desenvolvimento. A detecção de alterações fisiológicas nas plantas associadas à salinidade é fundamental para evitar maiores perdas na produtividade das culturas.

Várias pesquisas relatam o efeito negativo da salinidade sobre a produtividade de diversas culturas e a importância econômica e ecológica delas (CARMO *et al.*, 2003; CARVALHO *et al.*, 2003; SANTANA *et al.*, 2003; FIGUEIRÊDO *et al.*, 2006; BLANCO *et al.*, 2007). Estes prejuízos nos solos agricultáveis estão diretamente relacionados às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo, afetando o desenvolvimento vegetal (FARIAS, 2008). O estresse salino provocado pela elevada concentração de sais na zona radicular interfere nos processos fisiológicos e metabólicos das culturas, através de efeitos tóxicos dos íons, e por dificultar a absorção de água pelas raízes (HASEGAWA *et al.*, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, provoca redução na eficiência dos mecanismos que controlam a abertura dos estômatos, afetando, assim, as trocas gasosas realizadas pelas plantas e as reações químicas de assimilação de CO₂, afetando o crescimento e o desenvolvimento das culturas (FLOWERS; FLOWERS, 2005).

O Al é o metal mais abundante da crosta terrestre, compreendendo aproximadamente 7,5% de seu peso. O Al ocorre em diferentes formas no solo e parte da dificuldade em estudar os processos que ocorrem nas plantas, decorrentes da ação deste metal, pode ser atribuída à complexa química do mesmo. O Al se hidrolisa em solução, de tal modo que a espécie de Al trivalente, Al³⁺, predomina em condições ácidas (pH<5,0), enquanto que as espécies Al(OH)²⁺ e Al(OH)²⁺ são formadas quando o pH aumenta. Em pH próximos da neutralidade ocorre a fase sólida Al(OH)₃ e o Al(OH)₄⁻ predomina em condições alcalinas. Muitos destes cátions de Al monoméricos ligam-se a ligantes orgânicos e inorgânicos como PO₄³⁻, SO₄²⁻, F⁻, ácidos orgânicos, proteínas e lipídios (CUSTÓDIO *et al.*, 2002).

A toxidez causada por alumínio é um fator limitante de grande importância à produção agropecuária, sendo considerada um dos mais importantes problemas de toxicidade de metais em solos ácidos com pH ≤ 5,0 (MATSUMOTO, 2001), por representar um fator limitante de crescimento para as plantas.

O Al³⁺, por sua vez, é um dos componentes mais importantes da acidez potencial do solo porque reage com a água, liberando íons H⁺. A acidez potencial devido ao Al trocável

é observada em $\text{pH} \leq 5,5$. Em solos com pH acima de 5,5, o Al encontra-se em formas precipitadas (SANTOS, 2009; FEIJÓ, 2007; ABREU, 2007; SILVA, 2009). O processo natural de acidificação do solo é muitas vezes intensificado por práticas agrícolas, pela mineração e por práticas de descarte de resíduos. No que se refere aos efeitos da agricultura, pode-se salientar que todos resíduos de plantas orgânicas, fertilizantes a base de nitrogênio-fósforo-potássio e materiais nitrogenados são fontes de acidez (JONES, 1995; BOHNEN, 1995).

A redução da taxa de crescimento radicular de plantas sensíveis tem sido considerado o principal efeito de níveis tóxicos de alumínio, que afeta o alongamento e a divisão celular. Essa restrição diminui a capacidade da planta para obter água e nutrientes do subsolo, em virtude do enraizamento superficial, tornando-a, portanto, menos produtiva e mais susceptível à seca.

Os sintomas da toxidez de alumínio nem sempre são facilmente identificáveis. Os sintomas foliares assemelham-se à deficiência de fósforo (folhas de crescimento anormal; coloração púrpura nos colmos, nas folhas e nas nervuras) ou à deficiência de cálcio (enrolamento das folhas jovens, colapso do ápice da planta e dos pecíolos). As raízes danificadas por alumínio são caracteristicamente curtas, grossas e quebradiças, com poucas ramificações finas, e são, portanto, pouco eficientes na absorção de água e de nutrientes do subsolo (KOCHIAN, 2004).

O alumínio não desempenha um papel direto na germinação das sementes. No entanto, o solo ácido pode liberar alumínio, e altas concentrações desse metal podem ser tóxicas para as plantas, incluindo as sementes germinadas. Quando o solo é ácido (pH baixo), o alumínio presente no solo pode ser solubilizado em formas tóxicas para as plantas, como Al^{3+} . Essa toxicidade pode afetar várias funções fisiológicas das plantas, incluindo a absorção de nutrientes, o crescimento radicular e o desenvolvimento das sementes. O papel do alumínio está mais relacionado às condições do solo em que as sementes são plantadas. Se o solo for ácido e rico em alumínio, pode ser prejudicial para as sementes e plantas em crescimento.

3 MATERIAL E METÓDOS

3.1 Local de condução do experimento

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Propagação de Plantas localizado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas, Brasil, no período de Janeiro de 2022 a setembro de 2023.

3.2 Coleta, limpeza e armazenamento das sementes de *Euphorbia hyssopifolia*

Para a instalação do experimento, foram utilizadas as sementes de *Euphorbia hyssopifolia* Lam. obtidas por meio de coletas manuais localizado a 09° 28' S, 35° 49' W e 127 m de altitude pertencente ao município de Rio Largo (Alagoas), entre os meses de março a dezembro de 2022.

Após o procedimento de colheita, determinou-se o grau de umidade das sementes utilizando o método estufa a 105°C por 24 horas, conforme os procedimentos adotados pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). O peso de mil sementes, cujo teor de água de 10,09%, foi em média 4,04 mg, correspondendo a aproximadamente 250.000.000 sementes em um quilograma, com coeficiente de variação de 2,16%, estando dentro dos limites exigidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), que é no máximo de 4%, sendo esses resultados divergentes dos encontrados por Ferreira et al. (2017), com sementes desta mesma espécie, sendo encontrados pelos autores uma média de 0,41g (410 mg). Tal divergência, pode estar atribuída à vários fatores, dentre estes, o grau de umidade das amostras, variabilidade genética, além de outros fatores como a origem da semente com relação as matrizes e estado como mencionado por Müller et al. (2017) pois, tais fatores são comuns em ocasionar diferenças, independentemente de serem do mesmo lote ou espécie. Transcorrida esta etapa, plantas colhidas foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada a temperatura de 40°C por 10 dias, com intuito de facilitar a abertura dos frutos e posterior coleta das sementes. Procedeu-se a eliminação de impurezas, homogeneização das sementes e separação destas em função da coloração dos frutos após secagem, sendo um lote representando as sementes (coloração escura) oriundas de frutos que apresentaram a coloração marrom ou pardacentos, e outro lote, as sementes (coloração clara) oriundas de frutos que mantiveram sua coloração verde e que não se desprenderam da planta mãe após processo de secagem. Após extração das sementes, estas foram postas em papel tipo “kraft” e armazenadas em câmara seca (55% UR e temperatura de 20°C) até o início de cada experimento.

Por ocasião da instalação dos experimentos, as sementes foram submetidas a uma assepsia, que constituiu na imersão das mesmas em hipoclorito de sódio a 1% por três minutos, e em seguida em álcool 70% por mais três minutos (FERREIRA, 2017; SANTOS

et al., 2022). Transcorrido esse tempo, procedeu-se com a lavagem das sementes em água destilada por cinco minutos, sendo postas em seguida sobre papel de filtro para eliminação de qualquer resíduo que poderia permanecer nas sementes.

3.3 Variáveis Analisadas

O potencial fisiológico das sementes foi avaliado pela:

Germinação: $gi = (\sum_{ki=1} ni / N) \times 100$, onde ni é o número de sementes germinadas no tempo i e N é o número total de sementes colocadas para germinar (CARVALHO *et al.*, 2005), cujo critério de germinação adotado foi o de plântulas apresentando todas as estruturas essenciais (BRASIL, 2009).

Índice de velocidade de germinação: $IVG = G1 / N1 + G2 / N2 + \dots + Gn / Nn$, em que $G1$, $G2$ e Gn são os números de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem; e $N1$, $N2$ e Nn são o número de dias de semeadura na primeira, segunda e última contagem (MAGUIRE, 1962).

Tempo Médio de germinação: $t = \sum_{ki=1} (niti) / \sum_{ki=1} ni$, onde ti é o tempo desde o início do experimento até a i -ésima observação (dias ou horas); ni é o número de sementes germinadas no tempo i (número correspondente - i -ésima observação); e k é o último dia de germinação (PIGNATTI, 2019).

Velocidade média de germinação: $v = 1 / t$, onde t é o tempo médio de germinação (RANAL; SANTANA, 2006).

Massa Seca de Plântula: O método de determinação do teor de matéria seca nas plantas é o método convencional, utilizando estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas (BORGES *et al.*, 2011). Transcorrido as 72h o material foi pesado em balança de precisão.

3.4 Influência do pH no potencial fisiológico de sementes de *Euphorbia hysopifolia* L.

O comportamento germinativo de sementes de *Euphorbia hysopifolia* L. dos dois lotes, representados pela coloração escura e clara foi avaliado em função de seis níveis de pH, preparadas de acordo com CHACHALIS e REDDY (2000), utilizando HCL e KOH para ajuste do pH, o qual foi aferido com o auxílio de um peagâmetro de bancada (MAHMOOD *et al.*, 2016).

Quatro repetições com 25 sementes cada, foram colocadas para germinar em folha de papel mata-borrão previamente autoclavadas que foram trocadas diariamente e umedecidas com soluções de pH ajustado em 2,5; 4,0; 5,5; 7,0; 8,5 e 10, mantendo o peso de 2,5 vezes

o peso do substrato seco (Brasil, 2009), em caixas plásticas transparente com tampa (11,0 × 11,0 × 3,5 cm). As sementes foram postas em câmara de germinação, *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D), por 21 dias regulada na temperatura alternada de 20-30°C e fotoperíodo de oito horas, conforme prescrito pelas Regras para Análises de Sementes para *Euphorbia heterofila* (BRASIL, 2009) e por proporcionar as melhores condições para a germinação das sementes escuras de acordo com Duarte (2023).

3.5 Influência do alumínio (Al^{3+}) na germinação da *Euphorbia hyssopifolia* L.

Para determinar o efeito do alumínio (Al^{3+}) na germinação das sementes de *E. hyssopifolia* L., de ambos os lotes, foi realizado uma simulação com quatro repetições de 25 sementes cada que foram incubadas sobre folhas de papel mata-borrão previamente autoclavado, acondicionados em caixas plásticas transparentes com tampa do tipo gerbox nas dimensões 11,0 × 11,0 × 3,5 cm.

As soluções foram preparadas a partir de sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$. As cargas de $Al_2(SO_4)_3$ utilizadas foram de 0; 1,5; 3,0; 4,5; e 6,0 $mmol_c \cdot dm^{-3}$ de Al^{3+} (adaptado de MACHADO, 2015). Para que ficassem expostas a níveis constantes do íon, as sementes foram umedecidas sempre que foi necessário em suas respectivas soluções, substituindo o papel germiteste.

O material foi mantido em câmara de germinação (B.O.D.) nas mesmas condições citadas anteriormente.

3.6 Influência do teor de cálcio ($CaCl_2$) e de magnésio ($MgCl_2$) na germinação da *Euphorbia hyssopifolia* L.

Na simulação do efeito de doses de cálcio no substrato sobre a germinação foi utilizado quatro repetições de 25 sementes foram incubadas sobre folhas de papel mata-borrão previamente autoclavado, acondicionadas em caixas plásticas transparentes do tipo gerbox nas dimensões 11,0 × 11,0 × 3,5 cm. O papel foi umedecido com soluções aquosas de $CaCl_2$ nas concentrações 0,0; 1,5; 3,0; 4,5; e 6,0 meq 100 ml⁻¹, correspondendo, respectivamente, a 0,0; 17,4; 22,5; 33,1; e 44,0 mmho de condutividade elétrica ou de $MgCl_2$ nas concentrações de 0,0; 3,0; 6,0; 9,0; e 12,0 meq 100 ml⁻¹, correspondendo, respectivamente, a 0,0; 26,7; 43,1; 58,7; e 74,5 mmho (FILHO *et al.*, 2001).

As sementes foram mantidas em câmara de germinação (B.O.D.) à temperatura alternada de 20-30°C e fotoperíodo de oito horas seguindo o trabalho de Duarte, (2023) que constatou essa temperatura alternada como a melhor avaliada.

3.7 Influência do estresse salino na germinação da *Euphorbia hyssopifolia* L.

Na simulação do estresse salino na germinação de sementes de *E. hyssopifolia* L., foram avaliados cinco níveis de salinidade, preparadas a partir da equação de Van't Hoff, citada por Salisbury e Ross (1992), utilizando o NaCl (potencial isotônico 1,8) para a obtenção dos potenciais 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 Mpa (adaptado de MAHMOOD, 2016).

Quatro repetições com 25 sementes de ambos os lotes, foram postas para germinar em folhas de papel mata-borrão previamente autoclavadas que foram trocadas diariamente e umedecidas com volume de água ajustado com os potenciais correspondentes aos seus tratamentos, acondicionadas em caixas plásticas transparentes com tampa do tipo gerbox nas dimensões 11,0 × 11,0 × 3,5 cm.

O material foi mantido em câmara de germinação (B.O.D.) à temperatura constante de 20°C e fotoperíodo de 8 horas. Embora a temperatura alternada de 20-30°C seja mais favorável à geminação de sementes dessa espécie, segundo FERREIRA et al., (2017), experimentos avaliando o potencial hídrico e/ou osmótico de soluções exigem a adoção de temperatura constante para que não haja variação do fator em questão, o qual é dependente da temperatura. Assim sendo adotou-se a temperatura constante de 20°C o qual é evidenciado como melhor temperatura nos estudos de DUARTE (2013).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo as contagens das sementes germinadas realizada diariamente, considerando germinadas as sementes que apresentaram plântulas com todas as estruturas essenciais (BRASIL, 2009).

3.8 Influência do estresse hídrico na germinação das sementes da *Euphorbia hyssopifolia* L.

Para avaliação do potencial fisiológico e o desenvolvimento das plântulas em função do estresse hídrico, as sementes claras e escuras foram incubadas em germinadores do tipo B.O.D. e regulados à temperatura constante de 20°C, utilizando como substrato papel mata-borrão previamente autoclavado e acondicionado em caixa plástica transparente com tampa (tipo gerbox) nas dimensões 11,0 × 11,0 × 3,5 cm., umedecido com água destilada (testemunha, 0 MPa) e com solução de PEG 6000 em diferentes potenciais hídricos (-0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa), com a quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. Sempre que houve necessidade, a solução foi reposta.

Tabela 2 - Volume de água (ml) utilizado para germinação de sementes de *E. hyssopifolia* de acordo com o peso do substrato. Rio Largo, 2022.

Peso do papel (g)	2,8364
	Volume (ml)
2,5	7,09

Fonte: Autor, 2022.

3.9 Análise estatística

Os experimentos foram realizados sob delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (níveis de coloração da semente) x n (sendo n = 5 para os níveis de potencial hídrico e potencial osmótico, níveis de alumínio, de cálcio e de magnésio, e n = 6 para os níveis de pH).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando o F foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para caráter qualitativo e a análise de regressão para caráter quantitativo (FERREIRA, 2018) com auxílio do software estatístico SISVAR 5.6.

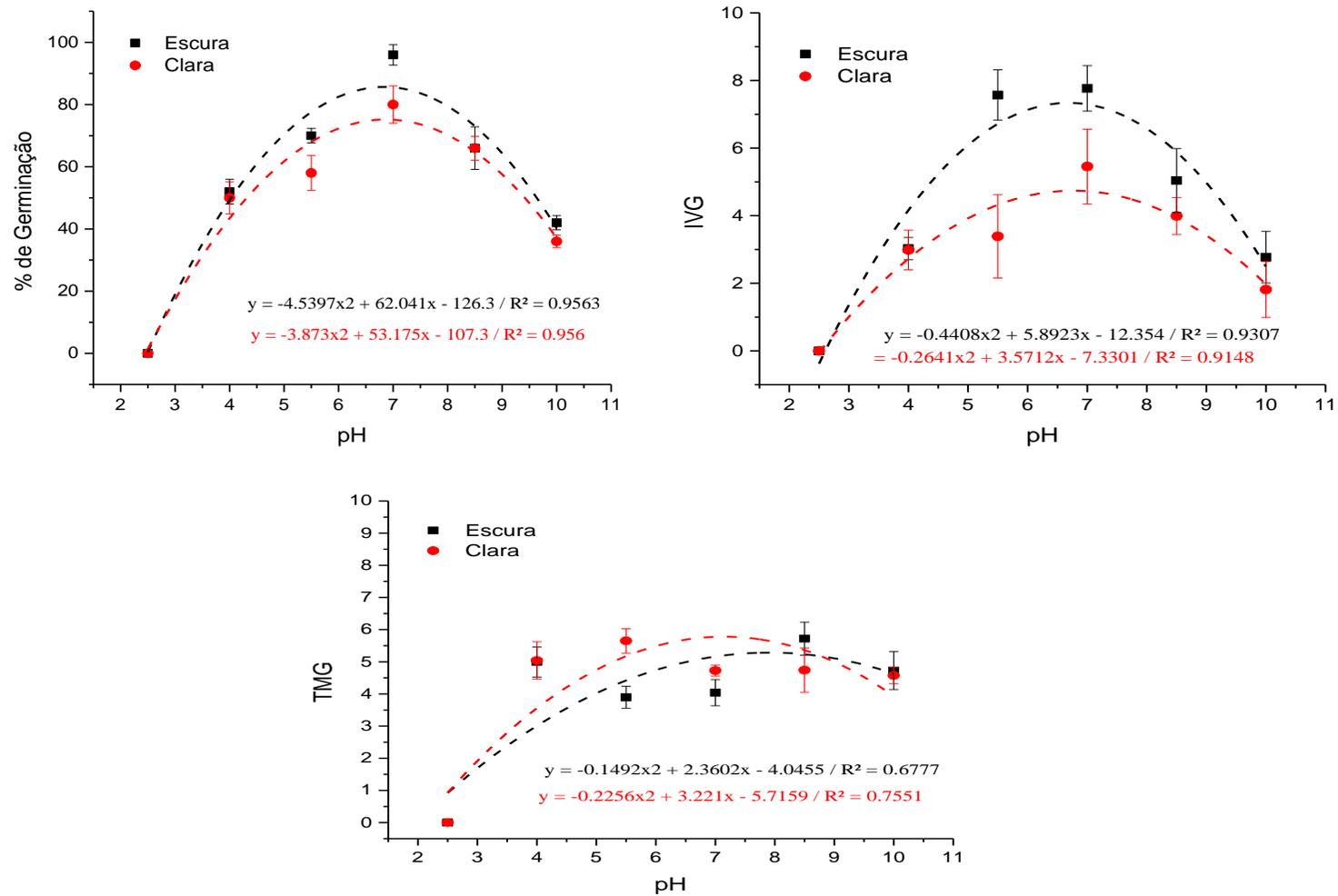
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Influência do pH no comportamento germinativo de sementes de *Euphorbia hyssopifolia* L.

Conforme os dados apresentados na Figura 1, constatou-se que as sementes de *Euphorbia hyssopifolia* apresentaram germinação em todas as concentrações estudadas, exceção apenas para a de 2,5 que ocasionou a morte das sementes evidenciadas pelo aspecto deteriorado, independente da coloração das sementes. A germinação destas sementes alcançou o mais alto valor no pH 7, com declínio a partir desta concentração, sendo este mais acentuado a partir das concentrações 4,0 e 8,5 para ambos os lotes (sementes claras e escuras). Tais resultados podem indicar que sementes desta espécie podem germinar tanto em ambiente muito ácido a muito alcalino, evidenciando uma possível adaptação evolutiva da espécie a condições específicas de solo. Essa observação é consistente com o trabalho de SILVA, *et al.*, (2017); com sementes de *Euphorbia heterophylla*, fortalece essa observação, demonstrando a capacidade de outra espécie do gênero *Euphorbia* de tolerar uma ampla faixa de pH do solo entre 2,5 a 10. Essa consistência nos resultados entre espécies relacionadas sugere que a adaptação à variação de pH do solo pode ser uma característica comum dentro do gênero *Euphorbia*. Essa adaptabilidade das sementes de *E. hyssopifolia* a uma ampla faixa de pH do solo tem implicações importantes para a ecologia da espécie e

sua distribuição geográfica. Essa capacidade de colonizar uma variedade de habitats pode contribuir para o sucesso competitivo da espécie em diferentes ambientes e sua capacidade de persistir em condições variáveis de solo.

Figura 1 – Porcentagem (%), Índice de Velocidade (IVG) e Tempo Médio (TM) de germinação de sementes escuras e claras de *Euphorbia hyssopifolia* L. em função do pH.



Com relação a velocidade de germinação (Figura 1) constatou-se que as concentrações de 5,5 até 7 não comprometeram a velocidade de germinação, obtendo os maiores valores de IVG. Ao passo que a partir destas, houve efeito deletério no comportamento germinativo, com destaque para as sementes oriundas do lote de coloração clara que foram mais sensíveis quando comparadas as sementes de coloração escura.

A variação nos resultados do IVG sugere que a espécie pode apresentar diferentes estratégias de germinação em resposta às condições do substrato. A tolerância da *Euphorbia hyssopifolia* aos níveis de pH é crucial para entender a distribuição da espécie em ambientes naturais. A capacidade de prosperar em solos com diferentes características pode contribuir para sua adaptação a uma variedade de ecossistemas ecológicos, o que pode ter implicações importantes para a ecologia e a biodiversidade.

Em muitos trabalhos, observou-se uma variação considerável de respostas germinativas em função do pH, sendo que a germinação das sementes foi afetada negativamente em condições onde o meio era extremamente ácido ou extremamente alcalino (LAMSAL *et al.*, 2019). Tais características são comuns em muitas espécies de plantas daninhas, como *Echium plantagineum* (MAHMOOD *et al.*, 2016; FLORENTINE *et al.*, 2018), *Cyperus rotundus* (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2013), *Jatropha multifida* L (SANTOS, 2021).

A adaptabilidade da *Euphorbia hyssopifolia* a diferentes níveis de pH, conforme evidenciado pela capacidade de germinação em uma ampla faixa de valores (pH 4 a 10), destaca a plasticidade fisiológica da espécie. Essa característica pode contribuir para a sua dispersão em diferentes regiões do Brasil, que muitas vezes apresentam solos naturalmente ácidos devido a processos de intemperização e lixiviação de bases. Essa observação corrobora com a importância da adaptação das plantas a variações ambientais para garantir sua sobrevivência e reprodução em diferentes ecossistemas.

A queda significativa no IVG observada em pH 8,5 e acima, em comparação com valores mais baixos, está alinhada com pesquisas anteriores (MONQUERO *et al.*, 2012) que indicam que a maioria das plantas apresenta uma faixa ótima de pH para germinação. O aumento do pH pode afetar a disponibilidade de nutrientes, interagindo com processos bioquímicos durante a germinação.

Os resultados da influência do pH nas análises de germinação de *Euphorbia hyssopifolia* L. oferecem uma contribuição valiosa para a compreensão da fisiologia e ecologia da *Euphorbia hyssopifolia*, ressaltando a importância de considerar fatores como

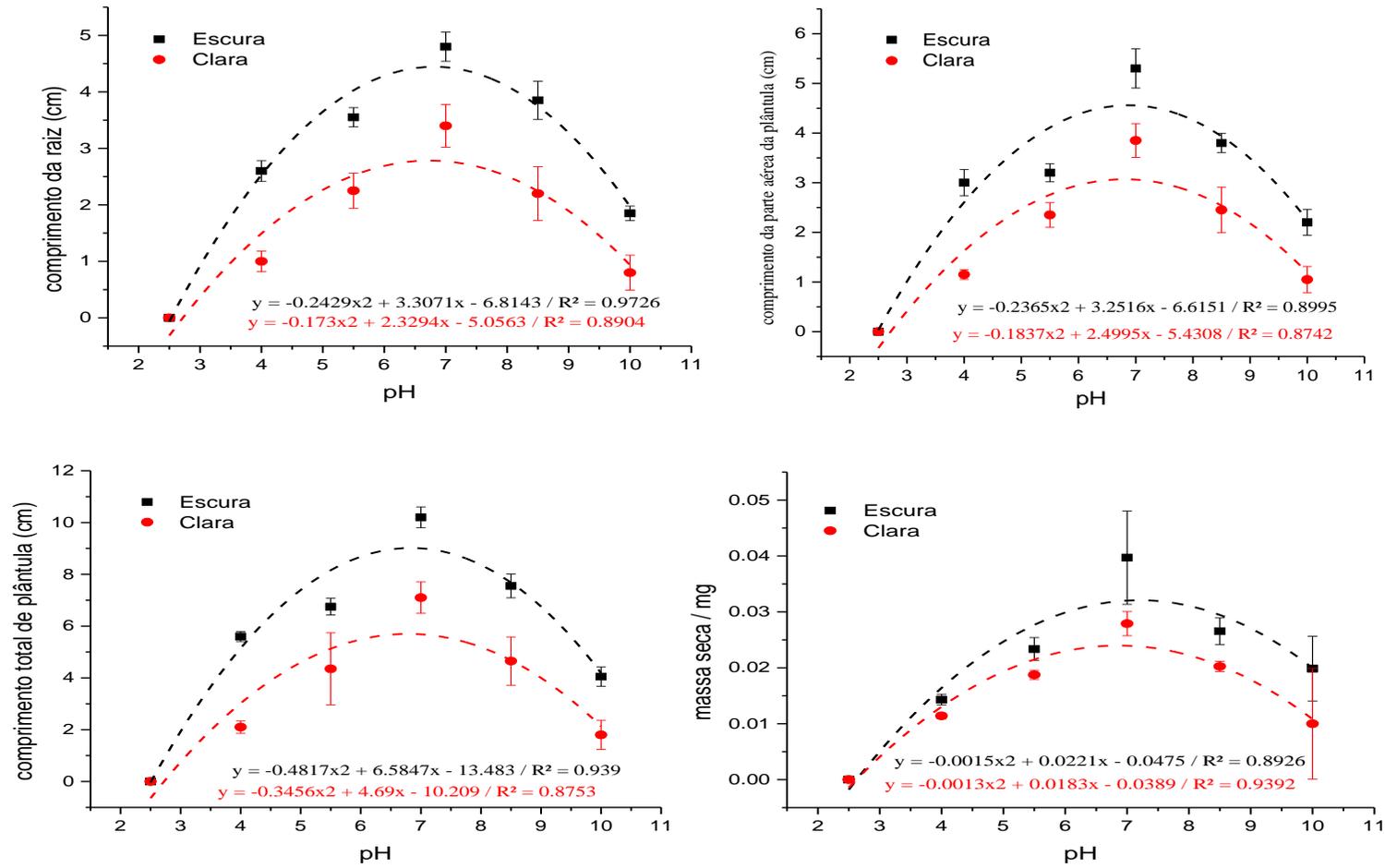
pH do solo ao estudar a germinação e o desenvolvimento de plantas. Diante disso, essa pesquisa pode ter implicações práticas, por exemplo, no manejo de áreas invadidas por essa espécie, considerando as condições específicas do solo em que ela tende a prosperar.

A *Euphorbia hyssopifolia* apresenta tolerância aos níveis de pH, independente da coloração das sementes, o que pode facilitar sua dispersão no território nacional, visto que os solos brasileiros são, em geral, naturalmente ácidos em razão do alto grau de intemperização e da intensa lixiviação de bases. A acidez é um dos principais atributos químicos relacionados ao desenvolvimento de plantas, afetando a disponibilidade de quase todos os nutrientes, mas somente o pH na faixa de 2.5 conseguiu inibir totalmente a germinação da burra leiteira (Figura 1 e 2).

Em muitos trabalhos, observou-se uma variação considerável de respostas germinativas em função do pH, sendo que a germinação das sementes foi afetada negativamente em condições onde o meio era extremamente ácido ou extremamente alcalino (LAMSAL *et al.*, 2019). Tais características são comuns em muitas espécies de plantas daninhas, como *Jatropha multifida* L (SANTOS, 2021), *Cyperus rotundus* (CIDADE; JÚNIOR, 2007).

Algumas espécies requerem faixa limitada de pH para germinar, como visto no trabalho de MONQUERO *et al.*, (2012), mas por outro lado, vários pesquisadores revelaram que o pH do solo não é um fator limitante para algumas espécies de plantas e esse comportamento pode ser explicado pela teoria do crescimento ácido descrita por Rayle e Cleland, (1992). A acidificação da parede celular resultante da extrusão de íons H^+ através da membrana, pode causar um relaxamento da parede celular através de expansinas que catalisam a extensão dependente do pH causando esse relaxamento das paredes celulares.

Figura 2 Comprimento de raiz, parte aérea, total e massa seca de plântulas de *Euphorbia hyssopifolia* em diferentes níveis de pH. Rio Largo - AL, 2023.



A influência nas medições da parte aérea e raiz das plântulas de *Euphorbia hysopifolia* em diferentes níveis de pH é um tema relevante para compreender como a acidificação ou alcalinização do solo pode afetar o desenvolvimento das plantas dessa espécie. Em condições de pH extremamente ácido ou alcalino, pode ocorrer uma redução no crescimento da parte aérea devido à alteração na disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas. Por exemplo, em solos muito ácidos, a disponibilidade de nutrientes como fósforo e cálcio pode ser reduzida, afetando negativamente o crescimento das plântulas.

As raízes das plântulas de *E. hysopifolia* também são sensíveis às variações de pH do solo. Em solos ácidos, as raízes podem ser expostas a níveis tóxicos de alumínio, o que pode inibir o crescimento radicular e afetar a absorção de água e nutrientes (Figura 2). Por outro lado, em solos alcalinos, a disponibilidade de certos nutrientes essenciais, como ferro e zinco, pode ser reduzida, levando a deficiências nutricionais e comprometimento do desenvolvimento radicular.

Em resposta às variações de pH do solo, as plantas de *Euphorbia hysopifolia* podem desenvolver adaptações fisiológicas para mitigar os efeitos adversos. Isso pode incluir alterações na expressão gênica, secreção de compostos quelantes e modificações na arquitetura radicular para explorar áreas do solo com diferentes características de pH (DIAS-FILHO, 2012).

Os efeitos do pH sobre as sementes claras de *Euphorbia* são de suma importância para compreender o processo de germinação e estabelecimento dessas plantas em diferentes ambientes. Anwar (2018) sugere que o pH do solo desempenha um papel crucial na germinação de sementes de *Euphorbia*, influenciando diretamente sua viabilidade e potencial germinativo (Figura 1).

A variação do pH do solo pode afetar a disponibilidade de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das sementes, bem como interagir com outros fatores ambientais para modular a resposta das plantas. Em muitos casos, sementes claras de *Euphorbia* podem apresentar uma maior sensibilidade a variações no pH do solo em comparação com sementes escuras, devido à sua fisiologia e estado de desenvolvimento. Além disso, o pH do solo pode influenciar a atividade de microrganismos presentes no solo, que desempenham um papel importante na decomposição da matéria orgânica e na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Alterações no pH do solo podem, portanto, afetar indiretamente a germinação e o

crescimento das plântulas de *Euphorbia* por meio de modificações na atividade microbiana e na disponibilidade de nutriente.

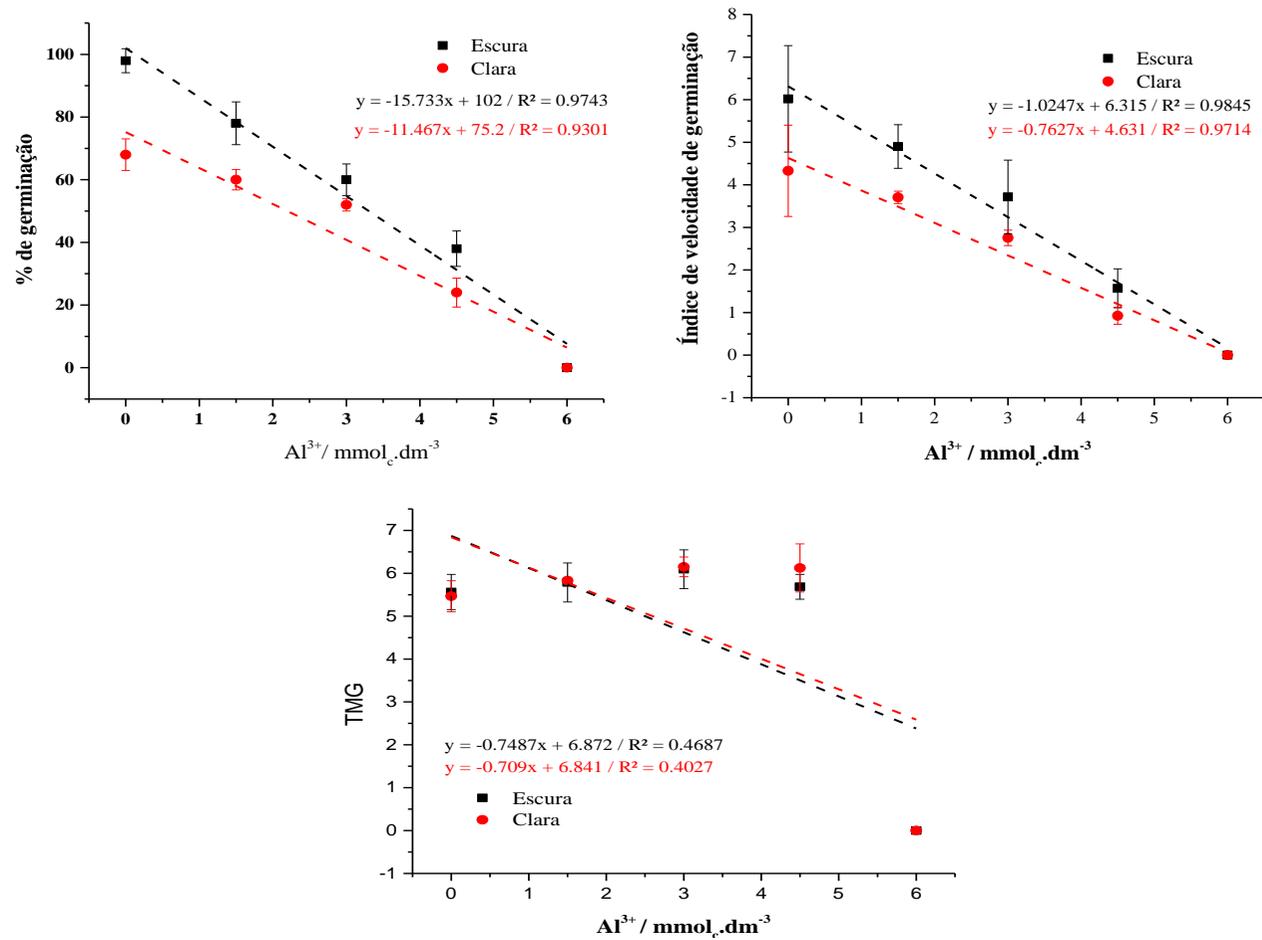
O nível de coloração das sementes de *E. hyssopifolia* é desuniforme na planta, havendo comportamento distinto na germinabilidade entre sementes escuras e claras de modo que interfere diretamente na germinação, fazendo com que as plântulas oriundas de sementes claras apresentem um tamanho menor, assim como o seu IVG, TMG e MSP apresentam diferenças significativas quando comparadas (Figuras 2).

4.2 Influência do alumínio (Al) na germinação da *Euphorbia hyssopifolia* L.

Com relação ao alumínio, constatou-se que a porcentagem de germinação de sementes de *Euphorbia hyssopifolia* foi afetada a partir de $1,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, havendo um decréscimo significativo em função dos níveis de alumínio estudados, com destaque para a concentração de $3,0 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ que proporcionou uma redução de 50% da germinação (P^{50}) e para a concentração de $6,0 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ que reduziu drasticamente o processo germinativo (Figura 3). Esse decréscimo demonstra como a germinação de sementes de *E. hyssopifolia* pode ser afetada pela presença de alumínio. Souza, *et al.*, (2007) destaca os efeitos de níveis crescentes de alumínio sobre a germinação de sementes de *Euphorbia*. Neste estudo, os autores observaram o efeito do alumínio na germinação, constatando um decréscimo significativo na porcentagem de germinação a partir de $1,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Quando as concentrações de alumínio no solo atingem níveis elevados, pode ocorrer fitotoxicidade, o que afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas o que é comum em muitas plantas, incluindo *Euphorbia*. O alumínio em concentrações elevadas pode interferir no processo de germinação das sementes, inibindo o crescimento das raízes e afetando a absorção de água e nutrientes pelas plântulas. O decréscimo significativo na germinação observado em concentrações de $1,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sugere que esse nível de alumínio é tóxico para as sementes de *Euphorbia*.

Figura 3 Porcentagem (%), Índice de Velocidade (IVG) e Tempo Médio (TM) de germinação de sementes escuras e claras de *Euphorbia hyssoipifolia* L. em função do alumínio. Rio Largo - AL, 2023.



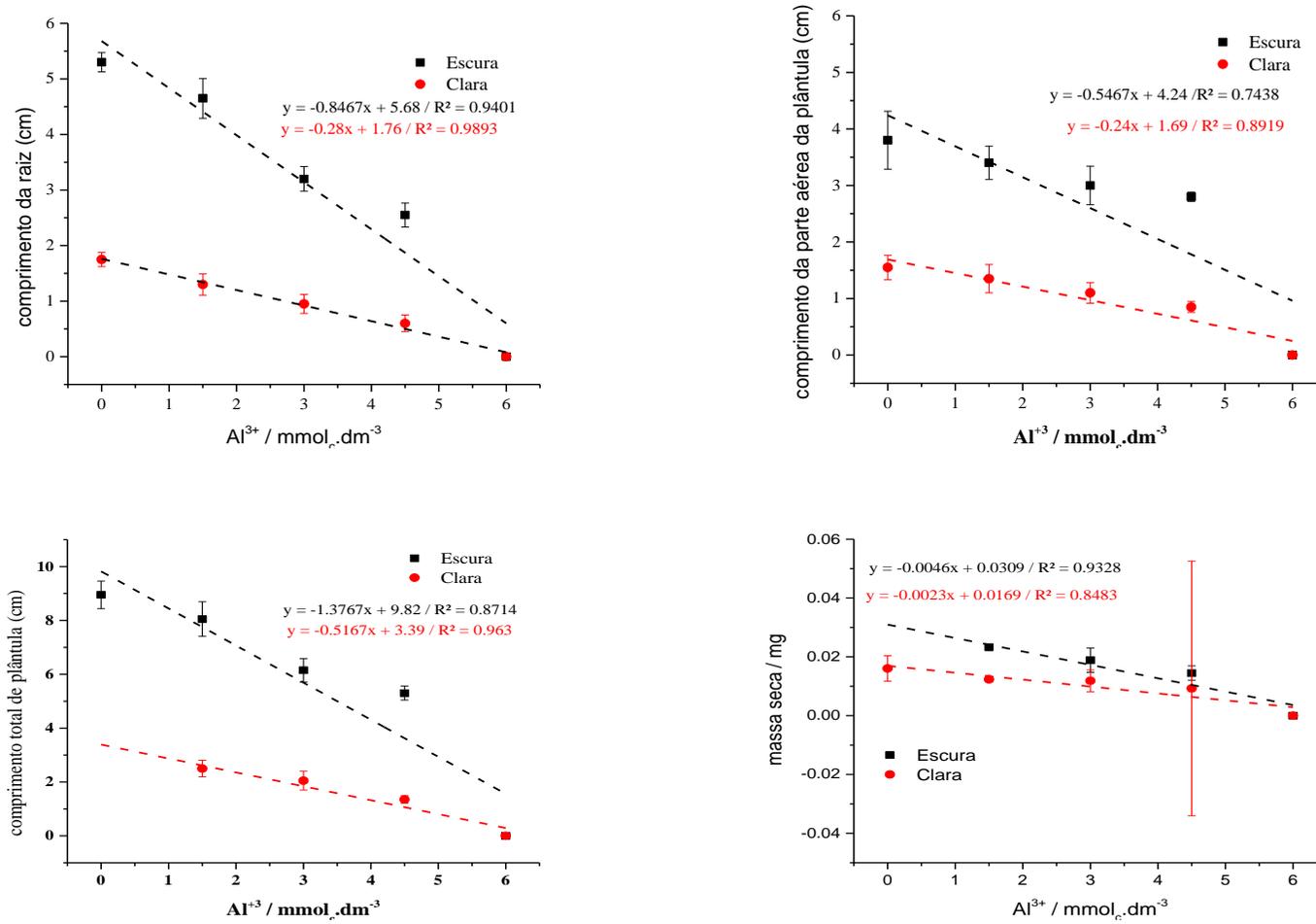
A observação de uma redução significativa na germinação a partir de $1,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^3$ de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ é consistente com estudos que destacam a toxicidade do alumínio para muitas espécies vegetais. O alumínio em solos pode se apresentar em formas tóxicas para as plantas, especialmente em solos ácidos e o sintoma inicial, e mais nocivo de sua toxicidade, é a inibição do crescimento da raiz. (MOLINA, 2001). A presença de alumínio tóxico pode interferir em vários processos fisiológicos, incluindo a germinação de sementes.

Muitos estudos têm mostrado que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma visível mais rápido da toxicidade do Al em plantas, o que pode ser evidenciado para a espécie estudada, sendo este efeito deletério mais acentuado em plantas oriundas de sementes claras. Este efeito na raiz pode resultar comprometimento no desenvolvimento da plântula, podendo, até mesmo, conduzir à deficiência mineral e estresse hídrico (DEGENHARDT et al., 1998). Em condições de estresse hídrico, as plantas podem reduzir a taxa de alongação das raízes, o que resulta em um crescimento mais lento das raízes. Isso ocorre porque a água é essencial para o crescimento celular e a expansão das raízes e afetar a capacidade das raízes de absorver água e nutrientes do solo.

Quando a disponibilidade de água no solo é limitada, as plantas podem fechar os estômatos para reduzir a perda de água por transpiração, mas isso também reduz a absorção de nutrientes pelas raízes. Em resposta ao estresse hídrico, as plantas podem reduzir sua atividade metabólica, incluindo a síntese de proteínas e o metabolismo energético. Isso pode afetar negativamente o crescimento das raízes, já que são necessários recursos e energia para sustentar o crescimento e o desenvolvimento das células radiculares. A redução do crescimento da parte aérea (Figura 4) ocorre num momento posterior (RAYN et al., 1993; JONES & KOCHIAN, 1995) e parece ser uma consequência dos danos que ocorrem na raiz (MATSUMOTO et al., 1976).

O alumínio em excesso tem capacidade de inibir o crescimento das raízes e a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Isso pode levar a uma redução geral na massa seca das plantas, resultando em plantas menores e menos vigorosas. O estresse causado pelo alumínio levou a mudanças na morfologia das plantas, como raízes mais curtas, e um sistema radicular menos desenvolvido. Isso pode afetar a capacidade da planta de absorver água e nutrientes, afetando indiretamente sua massa seca.

Figura 4 Comprimento de raiz, parte aérea, total e massa seca de plântulas de *Euphorbia hyssopifolia* em diferentes níveis de pH. Rio Largo - AL, 2023



O decréscimo significativo na germinação, especialmente nas concentrações de 3,0 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e 6,0 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, sugere uma resposta dose-dependente à presença de alumínio. Esses resultados coincidem com a literatura que demonstra que altas concentrações de alumínio podem inibir a germinação de sementes, afetando negativamente o desenvolvimento inicial das plantas. As sementes claras apresentam menor potencial germinativo. Geralmente germinam menos do que as sementes escuras devido a uma série de fatores fisiológicos e bioquímicos. Enfrentam uma série de desafios que podem limitar sua capacidade de germinar e se estabelecer como plântulas saudáveis em comparação com as sementes escuras. (BEWLEY, 1994).

A identificação de uma concentração de 3,0 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ como o ponto em que ocorre uma redução de 50% na germinação (P^{50}) é um dado relevante e indicativo da sensibilidade específica da *Euphorbia hyssopifolia* ao alumínio e este é confirmado ao relacionar com o IVG e TMG (Figura 4). Esse tipo de informação é crucial para estabelecer limites críticos de exposição e entender as respostas das plantas a diferentes níveis de estresse ambiental.

O resultado de uma redução drástica na germinação a 6,0 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ressalta a vulnerabilidade extrema da *Euphorbia hyssopifolia* ao alumínio em concentrações mais elevadas. Esse resultado pode ter implicações práticas na gestão de áreas contaminadas ou sujeitas a altas concentrações de alumínio, como locais de mineração ou solos ácidos.

A sensibilidade ao alumínio pode ter implicações significativas para sua distribuição e sucesso reprodutivo em ambientes onde esse metal está presente em concentrações elevadas. Isso destaca a importância de considerar fatores edáficos, como a presença de alumínio, ao avaliar a ecologia e a biologia de plantas invasoras.

Os efeitos do alumínio nas plantas de *Euphorbia* são significativos e multifacetados. Junior (2018) indica que o alumínio em excesso no solo pode afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das plântulas de *Euphorbia*, levando a uma redução na massa seca e comprometimento de outras respostas fisiológicas importantes. Os efeitos adversos do alumínio são atribuídos à sua capacidade de interferir em processos fundamentais para o crescimento das plantas, como a absorção de nutrientes, a integridade da membrana celular e o equilíbrio osmótico. O estresse de alumínio também pode desencadear respostas de defesa nas plantas, como a produção de antioxidantes e a regulação de genes relacionados ao estresse.

No entanto, é importante destacar que a resposta das plantas de *Euphorbia* ao alumínio pode variar entre as espécies e mesmo entre os genótipos dentro de uma mesma

espécie. Além disso, os mecanismos exatos pelos quais as plantas de *Euphorbia* lidam com o estresse de alumínio ainda não estão completamente elucidados e requerem mais investigação. Apesar dos desafios impostos pelo estresse de alumínio, a compreensão dos mecanismos de resposta das plantas de *Euphorbia* pode fornecer insights valiosos para o desenvolvimento de estratégias de manejo visando mitigar os efeitos adversos deste metal tóxico.

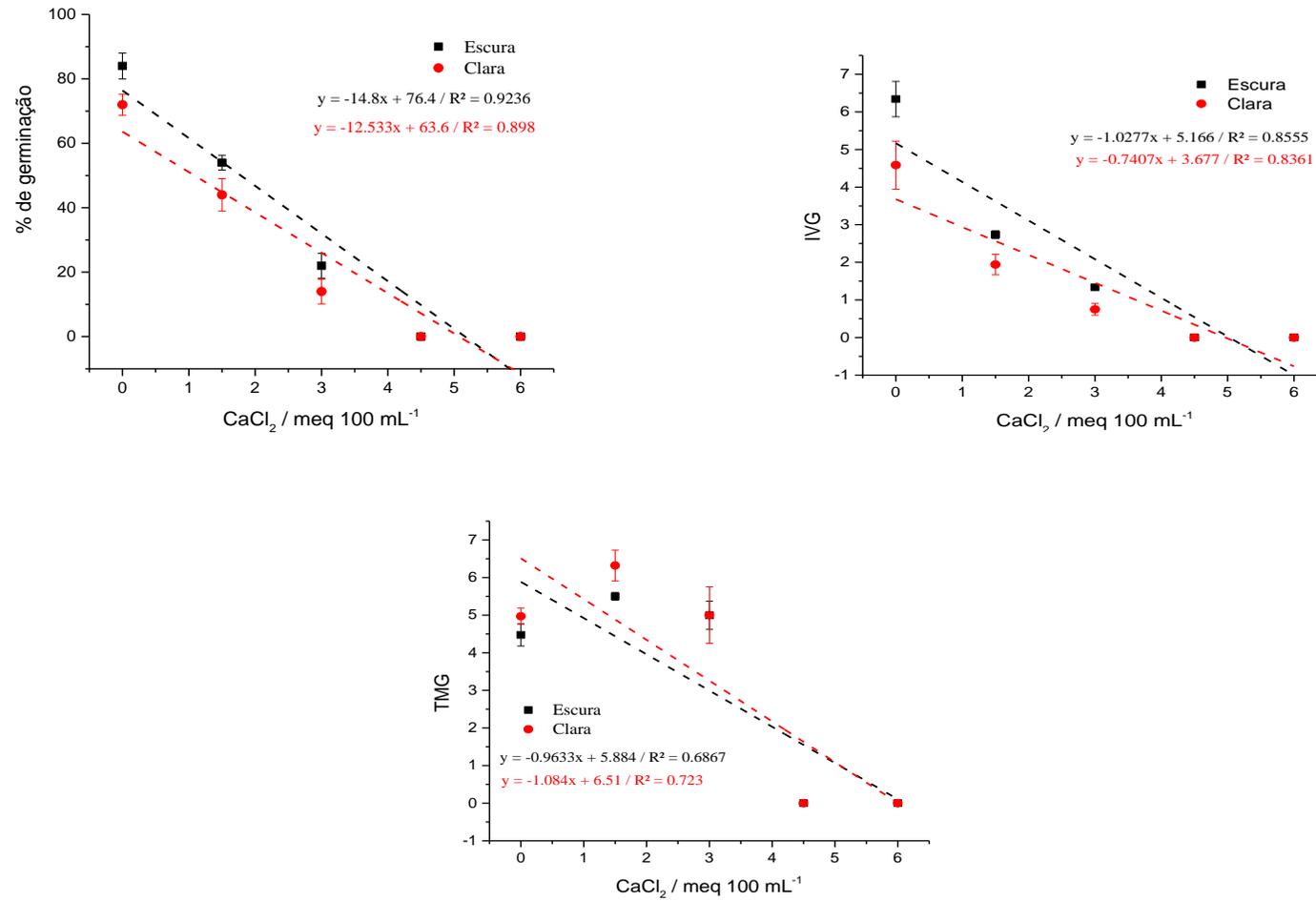
4.3 Influência do teor de cálcio (CaCl_2) na germinação da *Euphorbia hyssopifolia* L.

O cloreto de cálcio (CaCl_2) apresentou vários efeitos na germinação das sementes de *E. hyssopifolia*. O (CaCl_2) onde atuou como um agente danoso a germinação de sementes, promovendo uma drástica redução na taxa de germinação a partir de doses mínimas de (CaCl_2) na concentração 1,5 ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e inibindo totalmente a sua germinação na concentração de 4,5 ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) tanto em sementes escuras como claras (Figura 5).

Trabalhos disponíveis na literatura evidenciam que determinados cátions, como o Ca^{++} , podem afetar a germinação de sementes das plantas em maior ou menor escala (ZAMBOLIM *et al.*, 2002), causando o efeito negativo e variar em função da espécie de planta em estudo e da concentração em que esses cátions são encontrados.

O cloreto de cálcio é estudado por apresentar propriedades antifúngicas, ajudando a reduzir a presença de patógenos no solo e, assim, promovendo um ambiente mais saudável para a germinação. Em solos ácidos, o (CaCl_2) pode neutralizar a acidez, proporcionando um ambiente mais favorável para a germinação, especialmente para plantas que preferem condições neutras ou ligeiramente alcalinas. E em concentrações elevadas, o cloreto de cálcio pode se tornar tóxico para as plantas, inibindo o crescimento e a germinação. É importante ressaltar que os efeitos do (CaCl_2) podem variar entre diferentes espécies de plantas. Além disso, as condições ambientais, como o tipo de solo, a temperatura e a umidade, também desempenham um papel significativo nos resultados.

Figura 5. Porcentagem (%), Índice de Velocidade (IVG) e Tempo Médio (TM) de germinação de sementes escuras e claras de *Euphorbia hysopifolia* L. em função do cloreto de cálcio. Rio Largo - AL, 2023.



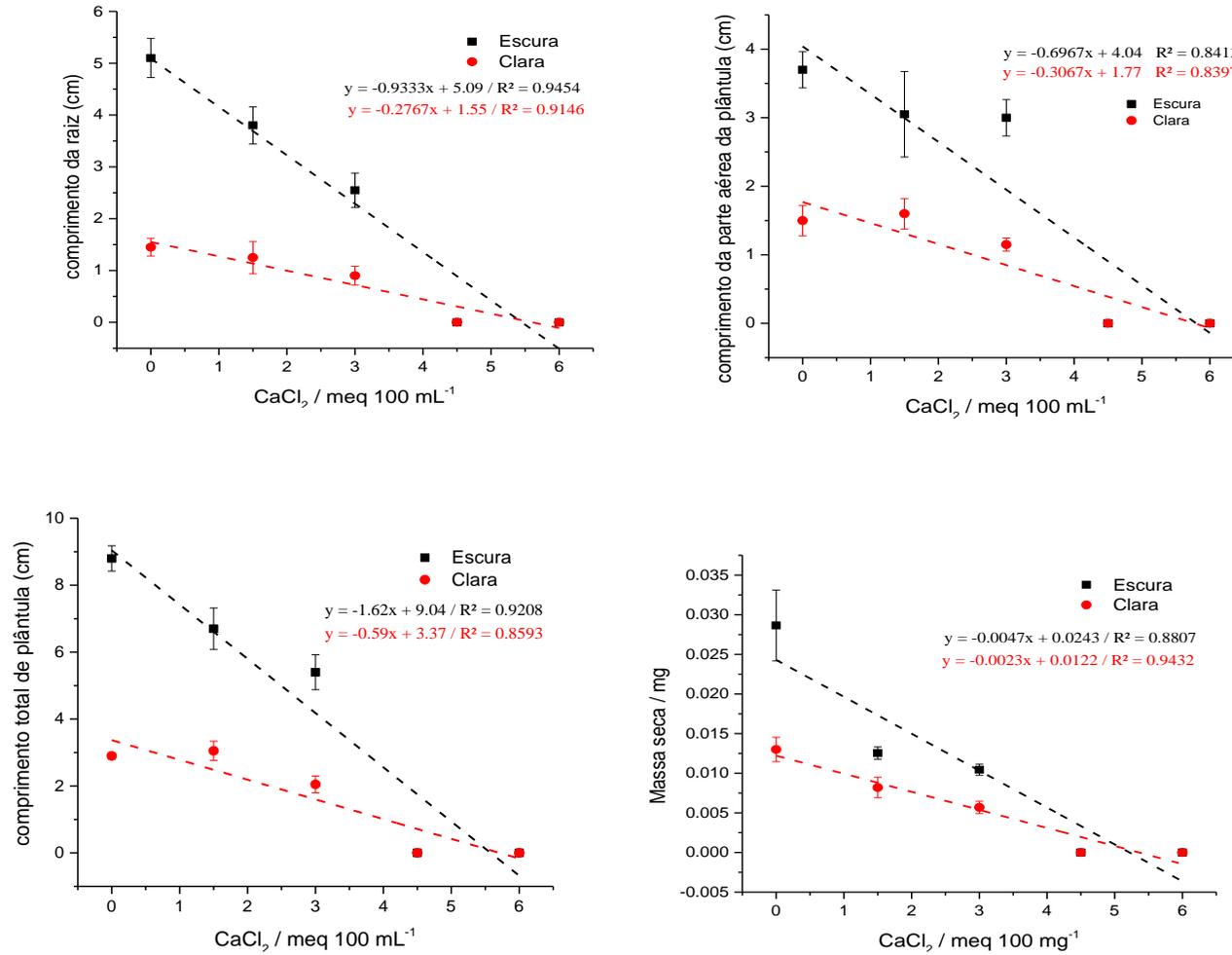
Com relação ao cloreto de cálcio, interferiu, portanto, na germinação, IVG e medição de plântulas de sementes de *Euphorbia hyssopifolia*. Uma das possíveis causas da interferência do cálcio nas taxas germinativas seria que os níveis utilizados foram suficientes para causar estresse na semente, assim interferindo diretamente na germinação e afetando ainda mais as sementes claras (Figura 6).

Concentrações elevadas de CaCl_2 podem criar um ambiente salino ao redor das sementes, o que pode causar estresse osmótico e afetar negativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas, especialmente para sementes claras, que podem ser mais sensíveis (SANGOI *et al.* 2009).

Os resultados obtidos indicam que o CaCl_2 exerce um efeito negativo significativo na massa seca da *Euphorbia hyssopifolia*. A aplicação de CaCl_2 resultou em uma redução substancial na massa seca das plantas, indicando uma resposta adversa dessa espécie ao estresse induzido pelo cloreto de cálcio.

A diminuição na massa seca das plantas tratadas com CaCl_2 pode ser atribuída a vários fatores. O possível mecanismo pelo qual o CaCl_2 afeta negativamente a massa seca da *Euphorbia hyssopifolia* é através de efeitos osmóticos e de estresse oxidativo. O aumento na concentração de cálcio no ambiente radicular pode levar a um estresse osmótico nas plantas, resultando em uma diminuição na absorção de água e, conseqüentemente, na redução do crescimento e da biomassa. Além disso, o cálcio em excesso pode induzir a produção de espécies reativas de oxigênio dentro das células, causando danos oxidativos às estruturas celulares e comprometendo a integridade das membranas.

Figura 6. Comprimento de raiz, parte aérea, total e massa seca de plântulas de *Euphorbia hyssopifolia* em diferentes níveis de cloreto de cálcio. Rio Largo - AL, 2023.



A influência do cloreto de cálcio (CaCl_2) na germinação, no tempo médio de germinação e no índice de velocidade de germinação (IVG) de *Euphorbia* é predominantemente negativa e com destaque aos potenciais 4,5 e 6,0 que inibiu totalmente a germinação ao criar um ambiente de estresse osmótico ao redor das sementes, dificultando a absorção de água e retardando a germinação. A presença de CaCl_2 em concentrações elevadas pode levar a diversos efeitos adversos que afetam o processo de germinação das sementes de *E. hyssopifolia Lam.*

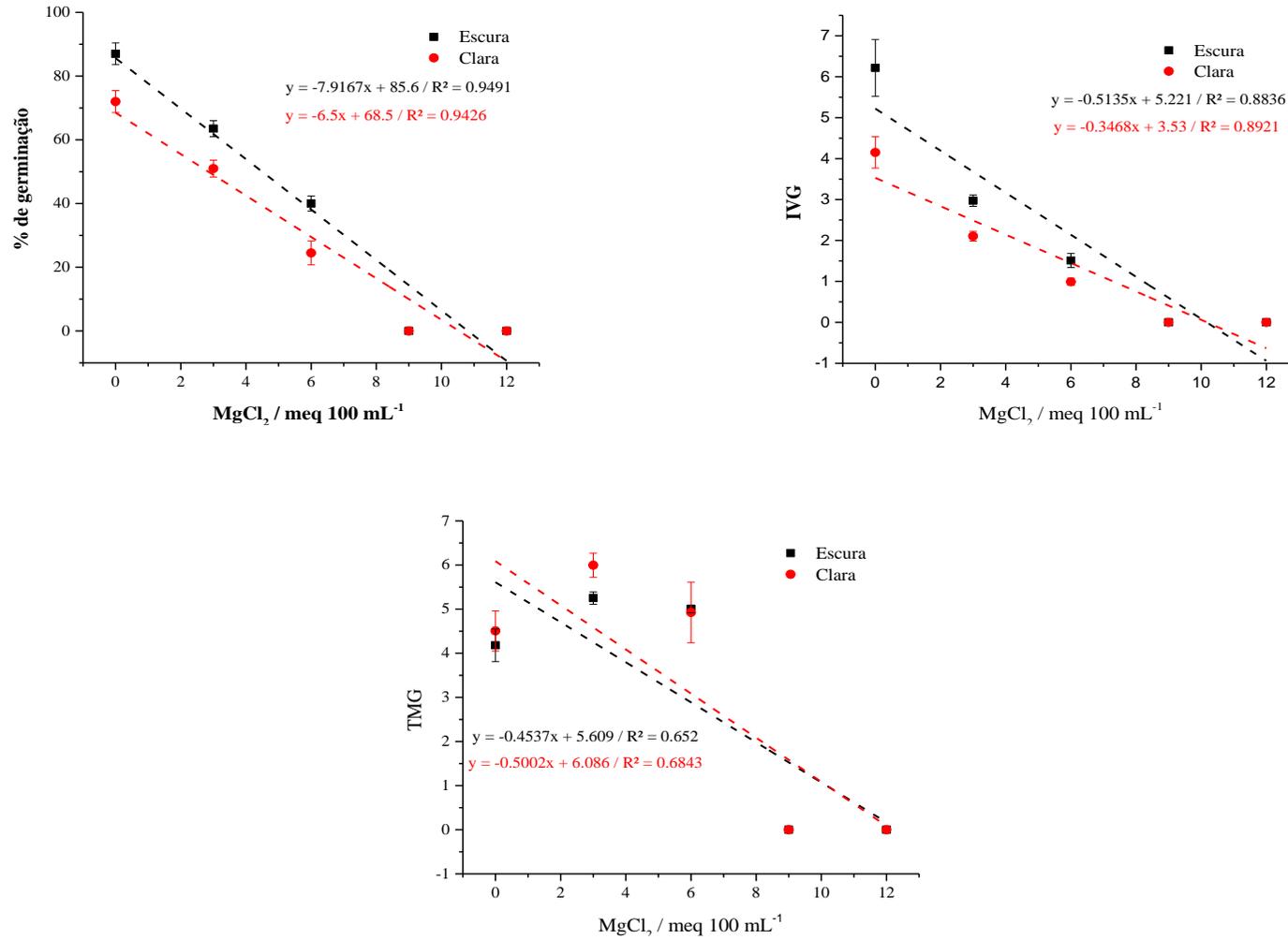
O CaCl_2 pode afetar o potencial osmótico do ambiente ao redor das sementes, o que influencia a absorção de água e, conseqüentemente, a germinação. O cálcio é um elemento essencial para muitos processos fisiológicos nas plantas, incluindo a regulação hormonal. A presença de CaCl_2 pode influenciar a produção e a ação de hormônios vegetais que afetam a germinação e o crescimento das plântulas. Quando o CaCl_2 se apresenta em elevadas concentrações criar um ambiente salino ao redor das sementes, o que pode causar estresse osmótico e afetar negativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas, especialmente para sementes claras, que são mais sensíveis.

4.4 Influência do teor de magnésio (MgCl_2) na germinação da *Euphorbia hyssopifolia L.*

À medida que se elevou a concentração de (MgCl_2) a taxa de germinação reduzia tanto nas sementes maduras, bem como nas sementes claras. E seu nível tóxico inibiu totalmente a germinação a partir da concentração 9.0 ($\text{cmol} \cdot \text{dm}^{-3}$). A influência do cloreto de magnésio (MgCl_2) na germinação de sementes da *Euphorbia hyssopifolia* variou à medida que a sua concentração aumentou (Figura 7).

O cloreto de magnésio é um cofator essencial para muitas enzimas envolvidas em processos metabólicos, incluindo a germinação de sementes. Enzimas que estão envolvidas na síntese de ATP (adenosina trifosfato) e no metabolismo de carboidratos podem depender do magnésio e uma concentração adequada de magnésio pode influenciar a integridade das membranas celulares, afetando a absorção de água pelas sementes durante a germinação.

Figura 7. Porcentagem (%), Índice de Velocidade (IVG) e Tempo Médio (TM) de germinação de sementes escuras e claras de *Euphorbia hyssoipifolia* L. em função do cloreto de magnésio. Rio Largo - AL, 2023.



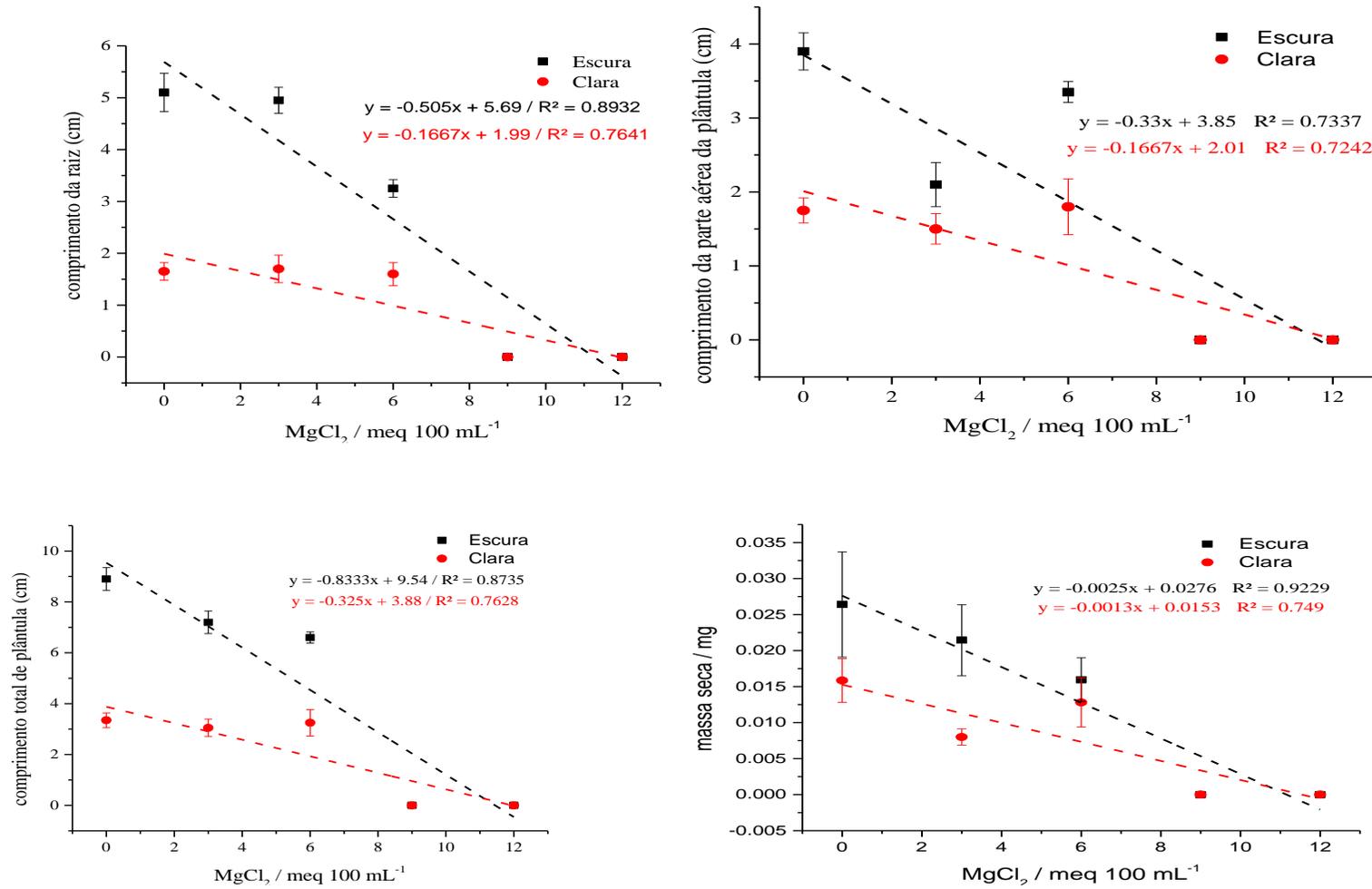
Como o ($MgCl_2$) desempenha um papel na regulação iônica das células, visto que o magnésio afeta na osmose e na absorção de nutrientes pelas sementes em germinação. Concentrações inadequadas de sais, incluindo cloreto de magnésio, podem criar condições de estresse osmótico, afetando negativamente a germinação, especialmente se estiverem em níveis tóxicos.

Concentrações diferentes de $MgCl_2$ tiveram efeitos distintos no IVG das sementes. Em geral, concentrações adequadas de $MgCl_2$ podem proporcionar condições favoráveis para a germinação, fornecendo o magnésio necessário para processos metabólicos essenciais. No entanto, concentrações muito altas podem levar a efeitos adversos, como estresse osmótico ou toxicidade, que podem retardar o IVG (Figura 7).

O excesso de $MgCl_2$ pode interferir nos processos metabólicos das sementes, afetando sua capacidade de germinar rapidamente afetando diretamente o TMG (KHATIWADA *et al.* 1996). Isso pode ocorrer devido à competição com outros íons essenciais ou à interferência direta com as vias metabólicas envolvidas na germinação.

Marschner, H. (2011), indica que o cloreto de magnésio ($MgCl_2$) pode ter efeitos significativos sobre as medições das plântulas apresentando semelhanças na medição de raiz de plântulas nos potenciais (zero) 0 e (dois e meio) 2.5 e a massa seca das mesmas. Em concentrações adequadas, o magnésio pode ser benéfico para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é um componente essencial da clorofila e está envolvido em vários processos metabólicos. No entanto, em concentrações elevadas, o $MgCl_2$ pode causar estresse osmótico e desequilíbrios iônicos, afetando negativamente o crescimento das plântulas e reduzindo sua massa seca (Figura 8).

Figura 8. Comprimento de raiz, parte aérea, total e massa seca de plântulas de *Euphorbia hyssopifolia* em diferentes níveis de cloreto de magnésio. Rio Largo - AL, 2023.



4.5 Influência do estresse salino na germinação da *Euphorbia hyssopifolia* L.

A *Euphorbia hyssopifolia* apresentou declínio gradual à medida que se elevou o potencial de concentração de NaCl, atingindo a partir de -0,3 Mpa, efeito danoso na germinabilidade das sementes, com destaque para a concentração de -0,6 Mpa que inibiu totalmente o metabolismo germinativo, apresentando alta sensibilidade ao sal, especialmente na deterioração das sementes nos potenciais 1,2 e 0,9 o qual ocorreu total deterioração das sementes. Pela análise de regressão, identificou-se a significância no modelo sigmoidal e cubico, onde a porcentagem de germinação, IVG e TMG (Figuras 9)

Os resultados deste estudo evidenciam claramente que o NaCl exerce um impacto negativo significativo na germinação de sementes de *E. hyssopifolia*. A presença de altas concentrações de NaCl no meio de germinação resultou em uma redução acentuada na taxa e na porcentagem de germinação das sementes desta espécie. Vários mecanismos podem estar envolvidos na inibição da germinação de *Euphorbia hyssopifolia* pelo NaCl. Primeiramente, o excesso de sal pode causar um estresse osmótico nas sementes, reduzindo sua capacidade de absorver água e iniciar o processo de germinação. Além disso, o acúmulo de íons de sódio no interior das sementes pode interferir nos processos metabólicos e bioquímicos necessários para a germinação, comprometendo assim sua viabilidade e capacidade de desenvolvimento.

Em geral, o estresse salino levou a uma redução na germinação das sementes, resultando em uma menor taxa de emergência das plântulas e uma diminuição na qualidade das plantas germinadas. Além disso, mesmo que as sementes germinem sob estresse salino, as plântulas que emergem podem exibir menor vigor e crescimento comprometido devido aos efeitos adversos do estresse salino sobre o metabolismo e o desenvolvimento das plantas (Figura 10).

Figura 9 Porcentagem (%), Índice de Velocidade (IVG) e Tempo Médio (TMG) de germinação de sementes escuras e claras de *Euphorbia hyssopifolia* L. em função do cloreto de sódio. Rio Largo - AL, 2023.

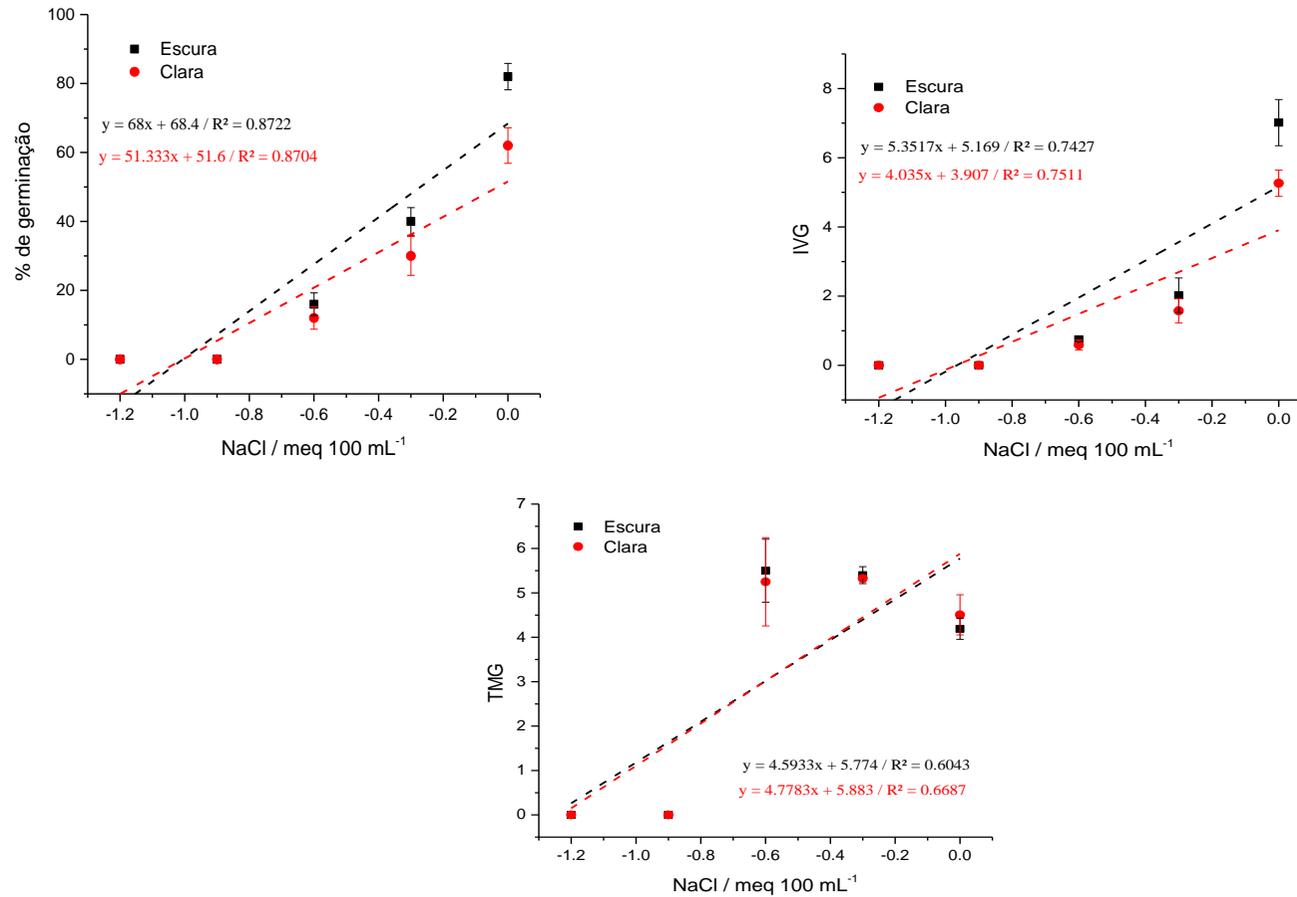


Figura 10 Comprimento de raiz, parte aérea, total e massa seca de plântulas de *Euphorbia hyssopifolia* em função de doses de níveis de NaCl.

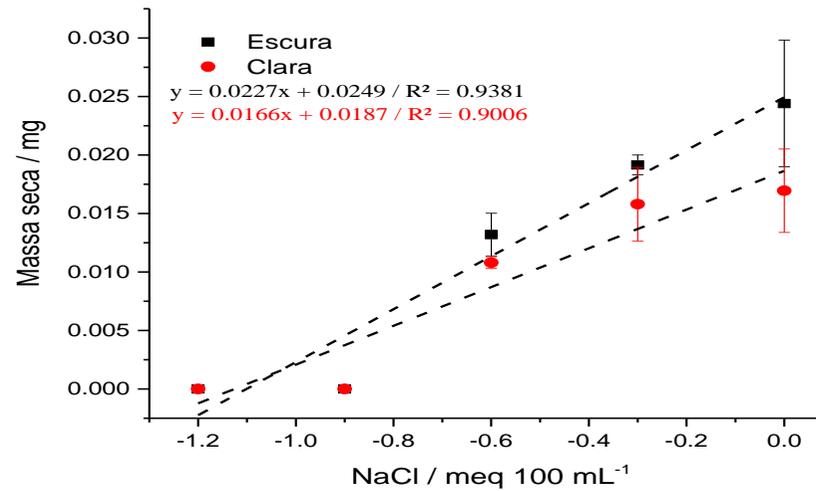
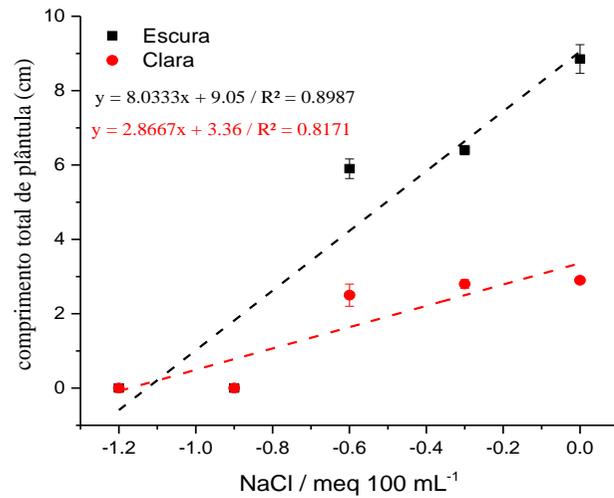
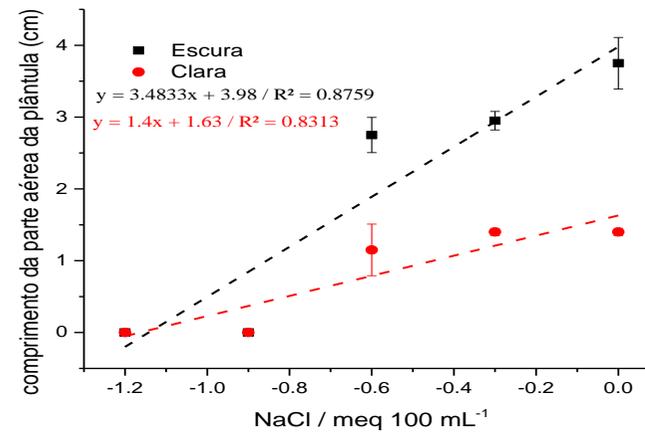
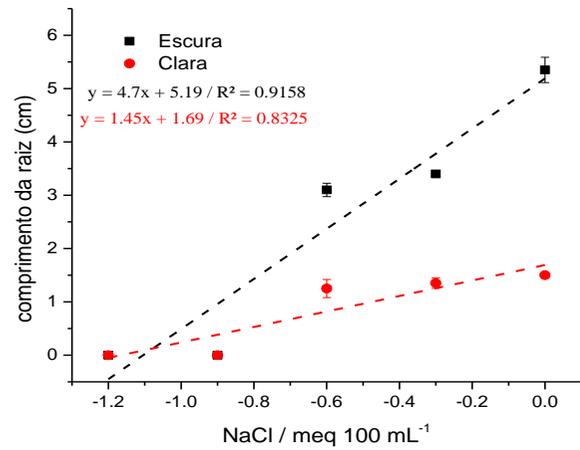


Tabela 3: Análise de variância da Porcentagem de germinação das sementes de *Euphorbia hyssopifolia* Lam., sob o efeito de diferentes potenciais de estresse salino (NaCl). Rio Largo, 2023.

Coloração	Potenciais Hídricos (Mpa)				Testemunha (0)
	-0,3	-0,6	-0,09	-1,2	
Escuras	38.0360aA	23.4973aB	0.0000aB	0.0000aB	64.2360aC
Claras	31.8532bA	20.1359bB	0.0000aB	0.0000aB	51.9735bC
DMS para colunas:3.2850				DMS para linhas: 4.3648	

Fonte. Autor, 2023.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento da concentração de sais no substrato determina redução no potencial hídrico, resultando em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, o que geralmente influencia a capacidade germinativa e o desenvolvimento das plântulas (REBOUÇAS *et al.*, 1989). A presença de níveis mais elevados de íons em plantas não halófitas (menos tolerantes à deficiência hídrica), pode exercer efeitos adversos na permeabilidade das membranas celulares (GREENWAY; MUNNS, 1980); ocasionando assim redução do processo germinativo em condições de níveis elevados de estresse salino, ressaltando que esses níveis são variáveis com a espécie (Figura 10).

Tabela 4: Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação das sementes de *Euphorbia hyssopifolia* Lam., sob o efeito de diferentes potenciais de estresse salino. Rio Largo - AL, 2023.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Coloração	1	45.54602	45.54602	8.8129 **
Níveis	3	7133.04187	2377.68062	460.0660 **
Inter. Mat X Níveis	3	53.50708	17.83569	3.4511 *
Testemunha	1	12342.29178	12342.29178	
Tratamentos	9	11631,66	2208.34698	427.3011 **
Resíduo	30	1773,30	5.16813	
Total	39	20030.16671		
Média geral	33,21			
CV (%)	9,90			

Fonte:

Autor

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

Para Bradford (2002), a concentração de NaCl indisponibiliza a entrada de água necessária ao retorno do metabolismo germinativo das sementes. Segundo o autor, se o potencial de água ao redor das sementes for muito baixo, causado pelos níveis de NaCl, ocasionará uma queda na porcentagem de germinação, além da queda no IVG e velocidade média de germinação.

O aumento nas concentrações dos íons Na^+ e Cl^- no embrião (gerando um efeito tóxico) poderá causar, o intumescimento do protoplasma, afetando diretamente atividades enzimáticas, causando também alterações quantitativas e qualitativas no metabolismo germinativo, resultando além de baixa produção de energia, alterações no padrão de aminoácidos e no metabolismo das proteínas (TOBE *et al.*, 2000; Freire, 2000). Além dessas alterações, Franco *et al.*, (1999) ainda mencionam que o Na^+ , por sua vez, poderá reduzir a integridade da membrana plasmática.

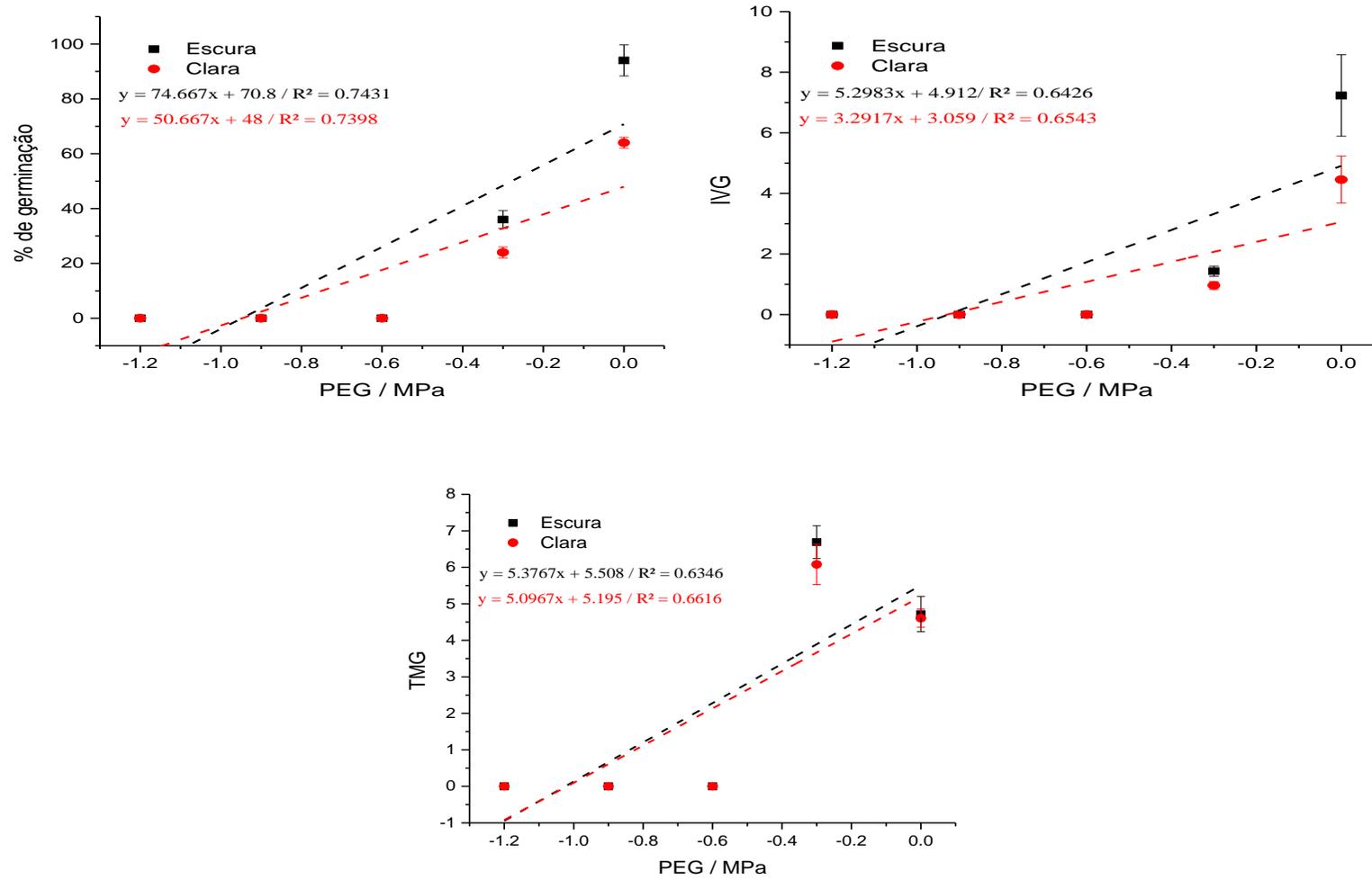
4.6 Influência do estresse hídrico na germinação das sementes da *Euphorbia hysopifolia* L.

O efeito danoso na germinabilidade das sementes, ocorreu com a concentração de -0,3 Mpa, reduzindo a germinação em 44% quando comparado a testemunha e o destaque entre os potenciais de concentração onde gerou a inibição total da germinação ocorreu com o potencial -0,6 Mpa interrompendo todo o metabolismo germinativo da semente (Tabela 4).

Quando submetidas a déficit hídrico, as sementes não têm água disponível para absorver afetando todo o processo germinativo e, que mesmo havendo germinação abaixo do esperado (29,5%) no tratamento -0,3 MP_a, o TMG foi maior em relação ao controle, indicando que as sementes demoraram mais tempo para germinar (Figura 11).

A redução na porcentagem de germinação com o aumento da concentração de sal em espécies não tolerantes, pode estar relacionada com a seca fisiológica que é produzida, havendo uma diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico como descrito por Chauhan, (2012) e Pessarakli, (2010).

Figura 11 Germinação (%), índice de Velocidade (IVG) e Tempo Médio de *Euphorbia hyssopifolia* em diferentes níveis de PEG600. Rio Largo - AL, 2023.



A água é um fator indispensável para reidratação dos tecidos e reativação do metabolismo (GORDIN *et al.*, 2015; HUSSAIN *et al.*, 2019) para que ocorra a germinação (SILVA *et al.*, 2008). O equilíbrio osmótico entre o citoplasma e os diferentes compartimentos celulares, como o vacúolo, é mantido por meio da síntese de compostos orgânicos com atividade osmótica. Os carboidratos solúveis e os aminoácidos contribuem para a proteção das biomembranas e das proteínas em relação aos efeitos deletérios da alta concentração iônica (FRANCO *et al.*, 1999; FERNANDES *et al.*, 2010).

De acordo com a descrição fisiológica realizada por Antunes *et al.* (2011); Chauhan, (2012) e Pessarakli, (2010). A redução do índice de velocidade de germinação pode ser explicada pelo efeito do polietilenoglicol na embebição das sementes, uma vez que, por sua alta viscosidade e peso molecular, retarda a velocidade de hidratação dos tecidos e a difusão de oxigênio, levando maior tempo para a reorganização das membranas e desenvolvimento de processos metabólicos.

O PEG600, ao reduzir o potencial hídrico do meio, causou estresse osmótico nas raízes das plantas. Isso muitas vezes leva à inibição do crescimento radicular, resultando em raízes mais curtas e menos ramificadas afetar negativamente o crescimento da parte aérea das plantas. Isso pode resultar em plantas com menor altura, menos folhas e menor biomassa na parte aérea. O estresse hídrico causado pelo PEG600 pode resultar em uma redução significativa na massa seca das plantas. Isso ocorre devido à diminuição da atividade metabólica das plantas sob estresse, resultando em menor produção de biomassa (Figura 12).

As plântulas submetidas ao estresse hídrico induzido pelo PEG 600 apresentar crescimento retardado da parte aérea, incluindo caules mais curtos e folhas menores. Isso pode resultar em plantas menos vigorosas e menos capazes de realizar fotossíntese e assimilação de nutrientes.

As sementes claras apresentaram baixíssima germinação quando comparada as sementes escura o que pode também ser tido como baixo vigor e com isso aguçar o interesse de novas pesquisas com a finalidade de obter o grau de maturação.

Figura 12. Comprimento de raiz, parte aérea e massa seca de plântula de *Euphorbia hyssopifolia* em diferentes níveis de PEG600. Rio Largo - AL, 2023.

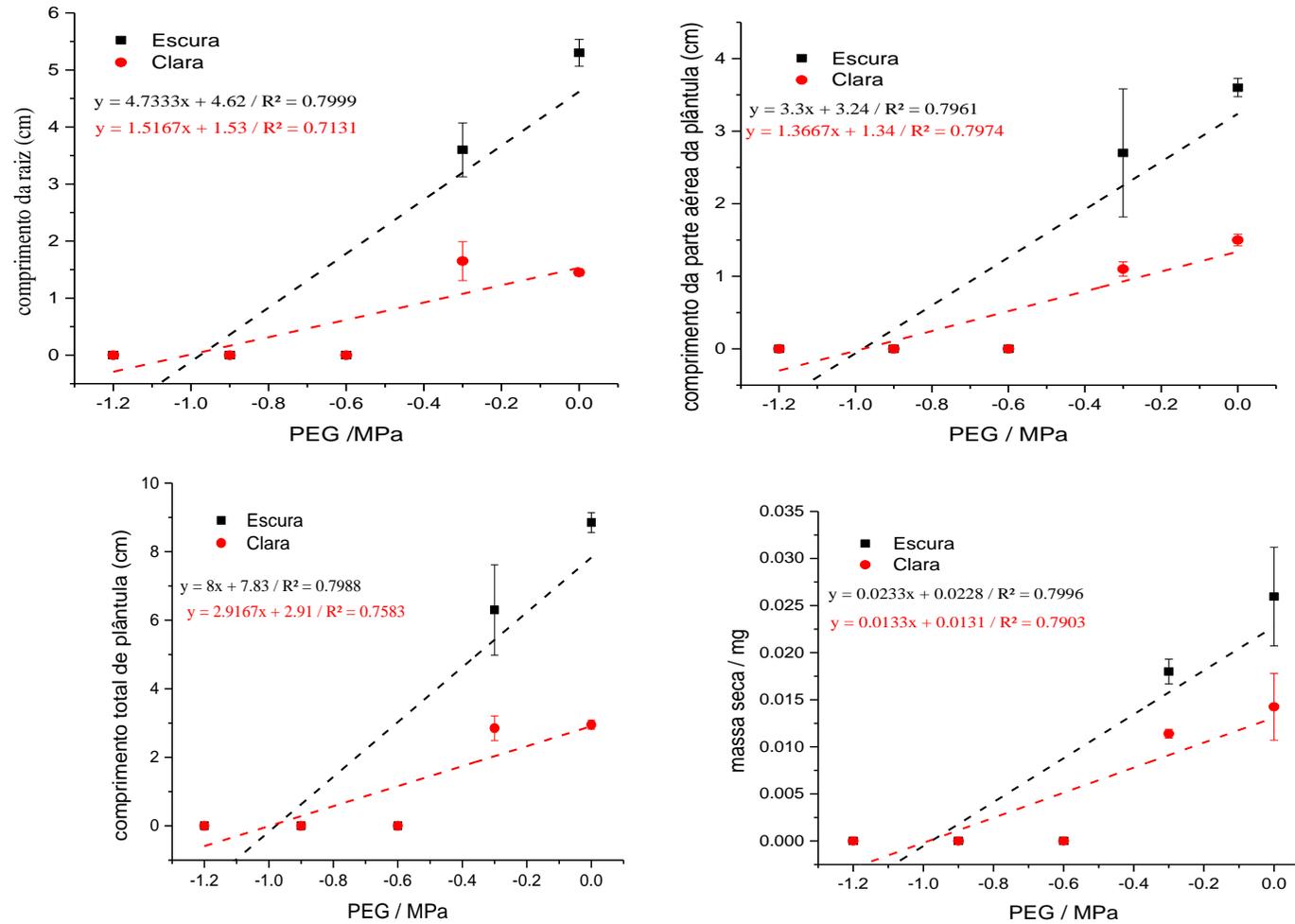


Tabela 5: Porcentagem de germinação das sementes de *Euphorbia hyssopifolia* Lam., em função de diferentes potenciais hídricos de PEG 6000. Rio Largo - AL 2023.

COLORAÇÃO X NÍVEIS

Potenciais Hídricos (Mpa)					
Coloração	-0,3	-0,6	-0,09	-1,2	Testemunha
Escuras	36.8552aA	0.0000aB	0.0000aB	0.0000aB	72.22931aC
Claras	28.6416bA	0.0000aB	0.0000aB	0.0000aB	52.53958bC
DMS para colunas: 2.8732				DMS para linhas: 3.8176	

Fonte. Autor, 2023.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

A espécie apresenta alta sensibilidade a salinidade.

O pH apresenta faixa ampla para germinação de sementes de *Euphorbia hyssopifolia*, independente da coloração;

A germinabilidade das sementes de ambas as cores foi severamente afetada pelo alumínio, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio e condições de estresse hídrico e salino.

.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. B. Tratamento hidrometalúrgico do resíduo da rota de processamento de zinco primário para a recuperação de sulfato de cálcio visando aplicação industrial. **Dissertação de mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas**, UFMG, 2009. 96p.
- ALMEIDA, M. de C. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de mulateiro (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) Rubiaceae**. 2003. 114f. Tese Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Instituto de Biociências, 2003.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: **Academic Press**, 1998.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: **physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2a ed. New York: Plenum Press, 2013. 445p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Emergence and growth of corn and soybean under saline stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 451-459, set./out. 2007.
- BOHNEN, H. Acidez e calagem. In: GIANELLO, C., BISSANI, C.A., TEDESCO, M.J. (eds.) **Princípios de fertilidade de solo**. Porto Alegre: Dep. de Solos. Fac. de Agronomia. UFRGS, 1995. p.51-76.
- Borges, CAD; Ribeiro, ELD; Mizubuti, IY; da Silva, LDF; Pereira, ES; Zarpelon, TG; Constantino, C.; Favero, R., 2011. Substituição de grão de milho integral por grão de aveia no desempenho de cordeiros confinados recebendo dietas ricas em grãos. **Semina-Ciências Agrárias**, 32: 2011-2020
- BOSCOLO, P. R. S.; MENOSSI, M.; JORGE, R. A. Aluminum-induced oxidative stress in maize. **Phytochemistry**, v. 62, p. 181–189, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/ CLAV, 2009. 365 p
- BURG, I.C; MAYER, P.H. **MANUAL DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS**. Francisco Beltrão, ASSESSOAR. 1999. CIDADE JÚNIOR, H. A.; FONTE, N. N.; CAMARGO, R. F. R. Trabalhador na Agricultura Orgânica: Informações Básicas sobre Agricultura Orgânica. Senar – PR, 2007. 128 p.
- CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 513-518, maio/jun. 2003.
- CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 443-450, mar./abr. 2003.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.

- Chachalis, D. and K. N. Reddy. 2000. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. **Wed. Sci.** 48:212-216.
- CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Seed Germination Ecology of Purple-Leaf Button Weed (*Borreria ocyroides*) and Indian Heliotrope (*Heliotropium indicum*): Two Common Weeds of Rain-Fed Rice. **Weed Science**, v.56, n.5, p.670-675. 2008.
- CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J. Understanding and improving salt tolerance in plants. **Crop Science**, v. 45, n. 2, p. 437-448, 2005.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. Principles of seed science and technology. 3. ed. New York: **Chapman & Hall**, 1995. 409p.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seeds science and technology**. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.
- CORDEIRO, I.; SECCO, R.; CARDIEL, J.M.; STEINMANN, V.; CARUZO, M.B.R.; RIINA, R.; LIMA, L.R. DE; MAYA-L., C.A.; BERRY, P.; CARNEIRO-TORRES, D.S.; SILVA, O.L.M.; SALES, M.F.D.; SILVA, M.J.; SODRÉ, R.C.; MARTINS, M.L.L.; PSCHIEDT, A.C.; ATHIÊ-SOUZA, S.M.; MELO, A.L.D.; OLIVEIRA, L.S.D.; PAULA-SOUZA, J.; SILVA, R.A.P. Euphorbiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2015. Disponível em: Acesso em: 11 out. 2022.
- Custodio, C.C., D.C Bomfim, S.M. Saturnino, & N.B. Machado Neto. 2002. Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), 59(1):145-153.
- DEGENHARDT, J., LARSEN, P.B., HOWELL, S.H., *et al.* Aluminum resistance in the *Arabidopsis* mutant *alr-104* is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.117, p.19-27, 1998.
- DELHAIZE, E., RYAN P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.107, p.315-321, 1995.
- DIAS, L. 2000. Describing phytotoxic effect on cumulative germination. **Journal of Chemical Ecology** 27: 411-418.
- Dias-Filho, Moacyr Bernardino Características morfofisiológicas associadas à tolerância de gramíneas ao alagamento e ao encharcamento. – Belém, PA : **Embrapa Amazônia Oriental**, 2012.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- Farias CCM, Lopes JC, Mengarda LHG, Maciel KS, Moraes CE (2019). Biometria, características físicas e absorção de água de sementes de *Enterolobium maximum* Ducke. **Ciência Florestal**, 29(3), 1241- 1253. Doi: doi.org/10.5902/1980509814887.
- FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)).** 2008. 61 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.
- FEIJÓ, F.D. **Redução das perdas de zinco associadas aos processos de purificação do licor por cementação e de tratamento dos resíduos gerados da Votorantin Metais.** 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Área de concentração de Hidrometalurgia) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. 97p.

- FERREIRA, D. S., VICENTE, S.I., ARAUJO, N.J., SOUZA, R., FERREIRA, V. Germinação de três Euphorbiaceae influenciada pela luz e níveis de palhada. **Revista agrambiente on-line**. 11. 215. 10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3852. 2017.
- FERREIRA, D. S., VICENTE, S.I., ENDRES, L., SOUZA, R., FERREIRA, V. Análise de crescimento de espécies daninhas do gênero Euphorbia. **Revista agrambiente online** 11. 145. 10.18227/1982-8470ragro. V.11, n.2, 2017.
- FIGLIOLIA, M.B. **Ecologia da germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de Platymiscium floribundum Vog. (Sacambu) - Fabaceae em viveiro e sob dossel de floresta ombrófila densa, São Paulo, SP**. 2005. 126f. Tese Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Instituto de Biociências, 2005.
- FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, fev. 2006.
- FLORENTINE, S. et al. Seed germination response of a noxious agricultural weed *Echium plantagineum* to temperature, light, pH, drought stress, salinity, heat and smoke. **Crop e Pasture Science**, [S. l.], v. 69, n. 1, p. 326-333, 2018.
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 1, p. 15-24, 2005.
- FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenantha pavonina* L. – FABACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 70-77, 1999.
- FOOLAD, M.R., HYMAN, J.R., LIN, G.Y. 1999. Relationships between cold- and salt-tolerance during seed germination in tomato: Analysis of response and correlated response to selection. **Plant Breeding** 118: 49 – 52.
- FORCELLA, F. et al. Weed seedbanks of the U.S. corn-belt: magnitude, variation, emergence and application. **Weed Sci.**, v. 40, p. 634-644, 1992.
- FOY, C.D., CHANEL, R.L., WRITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review Plant Physiology**, Bethesda, v.29, p.511-566, 1978.
- FOY, C.D., FLEMING, A.L., BURNS, G.R., et al. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. **Soil Science of America Proceeding**, Madison, v.31, p.513-521, 1976.
- FREIRE, A.L. de O. **Fixação do nitrogênio, crescimento e nutrição mineral de leucena sob condições de salinidade**. 2000. 92p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- FURLANI, P. R. Efeitos fisiológicos do alumínio em plantas. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2., Piracicaba, 1989. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 73-87.
- GOMES JR., F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

- HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales, 1999. 448 p.
- HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales, 1999. 448 p.
- HANG, A. Molecular aspects of aluminum toxicity. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, Boca Raton, v.1, p.345- 373, 1984.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463 - 499, 2000.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463 - 499, 2000.
- HIROYUKI K, NISHIYAMA S, MINOWA N, SASAKI K. 2005. Efeitos sobre compostos de triterpeno na citotoxicidade, apoptose e resposta imune em células cultivadas. **J. Nat. Med.** 60: 113-120.
- Hoshiro, T.; Matsumoto, U.; Goto, T.; **Phytochemistry** 1981, 20, 1971.
- Hussain M, Bonilla-Rosso G, Kwong Chung, CK WC., Bärswyl L, Pena Rodriguez M, Kim BS,... Noti M (2019). **Uma assinatura da microbiota**. *O Jornal de Alergia e Imunologia Clínica*, 144 (1), 157–170.
- ISSELIN, F. BÉDECARRATS, A., SZEMBEL, J. 2004. The chemical composition on soil can affect germination capacity of alpine plant functional types. **Seed Ecology** 2004, In: International Meeting on Seed and the Environment, Rhodes, Greece, April 29 May 4, 2004, 145.
- IZZO, R. NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in Maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v.14, p.687-699, 1991.
- JONES, D.L., KOCHIAN, L.V. Aluminum inhibition of the 1,4,5-triphosphate signal transduction pathway in wheat roots: a role in aluminum toxicity? **Plant Cell**, Baltimore, v.7, p.1913-1922, 1995.
- JONES, D.L., KOCHIAN, L.V. Aluminum inhibition of the 1,4,5-triphosphate signal transduction pathway in wheat roots: a role in aluminum toxicity? **Plant Cell**, Baltimore, v.7, p.1913-1922, 1995.
- JUDD, W. S. et al. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 612p.
- Júnior, M. A. N., Bezerra, A. M. E., de Oliveira Neto, C. F., & de Lima, A. L. S. (2018). "Tolerance and Bioaccumulation of Aluminum in *Euphorbia heterophylla* L. under Hydroponic Conditions." **Water, Air, & Soil Pollution**, 229(4), 112.
- KHATIWADA, S.P., SENADHIRA, D., CARPENA, A.L., *et al.* Variability and genetics of tolerance for aluminum toxicity in rice (*Oriza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.93, p.738-744, 1996.

- KLEIN, A.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.
- KLIMASHEVSKII, E. L.; MARKOVA, Y. A.; BERNATZKAYA, M. L.; MALYSHEVA, A. S. Physiological responses to aluminium toxicity in root zone of pea varieties. **Agrochimica**, v. 26, p. 487-496, 1972.
- KLIMASHEVSKII, E. L.; MARKOVA, Y. A.; SEREGINA, M. L.; GRODZINSKII, D. M.; KOZARENKO, T. D. Specifics of the physiological activity of pea plants in connection with unequal resistance of different varieties to mobile aluminum. **Soil and Plant Physiology**, v. 17, p. 372-378, 1970.
- KOCHIAN, L.V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, v.55, n.1, p. 459-493, 2004.
- KOLLER, D., MAYER, A.M., Poljakoff - Mayber, A. Klein, S. 1962. Seed germination. **Annual Review of Plant Physiology** 13: 437 - 464.
- KURZ, H. 1930. The relation of pH to plant distribution in nature. **The American Naturalist** 64: 314 - 341.
- KUVA, M. A. et al. **Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua**. Planta Daninha, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.
- LAMSAL, B., YOO, J., BRIJWANI, K., ALAVI, S. Extrusion as a thermo-mechanical pre-treatment for lignocellulosic ethanol. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 12, p. 1703-1710, 2010.
- Leão NVM; Campos MVA, Felipe SHS, Shimizu ESS (2019). Influência da quantidade de água no substrato sobre a germinação de sementes de paupreto (*Cenostigma tocantinum* Ducke). **Enciclopédia Biosfera**, 16(29), 970-980.
- LIMA, L. A., Efeitos de sais no solo e na planta. **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada**, Campina Grande: UFPB, pg. 113 – 133, 1997.
- LIMA, M.G.S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.54-61, 2005.
- LOPES, T. C.; KLAR, A. E. Influência de diferentes níveis de salinidade sobre aspectos morfofisiológicos de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n 1, p. 68-75, jan-mar, 2009.
- LORENZI, H. Plantas Daninhas do Brasil. (4ª ed.). Piracicaba: **Plantarum**, 2008. 640 p.
- MACHADO NETO, N. B. *et al.* Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 142-148, 2006.
- MAGUIRE, J.D. Speed germinationaid in selection and evaluation for seedling vigour. **Crop Science**, v.2, n.2, p. 176-177, 1962.
- MAHMOOD, A. H. et al. Influence of various environmental factors on seed germination and seedling emergence of a noxious environmental weed: green galenia (*Galenia pubescens*). **Weed Science**, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 486-494, 2016.

- MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. **Trabalhos apresentados**. Campinas: Fundação Cargill, p.11-39. 1986.
- MATSUMOTO, H., HIRASAWA, F., TORIKAI, H., *et al.* Localization of absorbed aluminium in pea root and its binding to nucleic acid. **Plant Cell Physiology**, Kyoto, v.17, p.627-631, 1976.
- MATSUMOTO, H.; HIRASAWA, E.; TORIKAY, H.; TAKASHI, E. Localization of absorbed aluminium in pea root and its binding to nucleic acids. **Plant Cell Physiology**, v. 17, p. 127-137, 1976.
- MAYER, A. M., POLJAKOFF-MAYBER. 1963. The germination of seeds: Plant Physiology, General editors: Wareing, P.F. Galston, A. W., **Pergamon Press**. New York.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. Oxford: **Pergamon Press**, 1989. 270 p
- MAYER, A.M., SHAIN, Y. 1974. Control of seed germination. **Annual Review of Plant Physiology** 25: 167 – 193.
- MCDONALD, P. **Sustaining fertility through public policy: the range of options**. Population, v. 57, n. 1, p. 417- 446, 2002.
- MENDONÇA, R.J. *et al.* Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, n.7, p.843-848, 2003.
- MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.
- MONQUERO, P. A. et al. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2799-2812, 2012.
- MONQUERO, P.A. et al. **Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic**. Planta daninha, v.28, n.1, p.185- 195, 2010.
- NOVAIS, R.F., et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, 1017p.
- NUNES, Tenessee Andrade. Osmocondition of seeds of melon. 2007. 55 f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)** - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2007.
- OLSSON, B.A., KELLNER, O. 2002. Effects of soil acidification and liming on ground flora establishment after clear-felling of Norway spruce in Sweden. **Forest Ecology and Management** 158: 127 - 139.
- Özbilgin S, Saltan- Çitoğlu G. 2012. **Uses of some Euphorbia species in traditional medicine in Turkey and their biological activities**. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences. 9: 241-256.
- ÖZBİLGİN, S.; SAL TAN CITOĞLU, G. Review uses of some Euphorbia species in traditional medicine in turkey and their biological activities. **Turk Journal Pharmaceutical Science**, v. 9, n. 2, p. 241-256, 2012.

Petenon D, Pivello VR (2008) **Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial**. *Nat Conserv* 6:65–77

QUEIROZ, J. H.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 69- 111.

Rayn, P. R.; Kochian, L. Interaction between aluminum toxicity and calcium uptake at the root apex in near-isogenic lines of wheat (*Triticum aestivum*) differing in aluminum tolerance. **Plant Phytology**. Mineapolis, v.102, p. 975-982, 1993.

REBOUÇAS, M. A.; FAÇANHA, J. G. V.; FERREIRA, L. G. R.; PRISCO, J. T. Crescimento e conteúdo de N, P, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 79-85, 1989.

REDMANN, R.E. & ABOUGUENDIA, Z.M. 1979. Germination and seedling growth on substrates with extreme pH-laboratory evaluation of buffers. **Journal of Applied Ecology** 16: 901 - 907.

RICHARDS, L. A. (Ed.) 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils**. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.

Ríos J.L. (2010). **Effects of triterpenes on the immune system**. *J. Ethnopharm.* 128:1–14.

RIOS JL. Efeitos dos triterpenos no sistema imunológico. **Etnofarmacol.** 28:1-14. 2010.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047–1054, 2013.

SALTER, R.M.; MCILVAINE, T.C. 1920. Effect of reaction of solution on germination of seeds and of seeds and on growth of seedlings, **Journal of Agricultural Research** 19: 73 – 95.

Sangoi, L.; Ernani, P.R.; Bianchet, P.; Vargas, V.P. & Picoli, G.J. 2009. Efeitos de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 8(2): 187-197.

SANTANA, D.G. & RANAL, M.A. 2006. Linear correlation in experimental design models applied to seed germination. **Seed Science and Technology** 34:241-247.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 443-450, jan./fev. 2003.

SANTOS, Anyelly Gomes. Identificação, purificação e caracterização de uma lectina de folhas de *Jatropha multifida* L. (MALPIGHIALES: EUPHORBIACEAE). 2020.70 f. **Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia**, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

SANTOS, V.L. M. et al. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 189-194, 1992.

- SANTOS: MME. Produto 39. Cadeia do Zinco. Rel. Tec. 65 Perfil do Zinco. **Projeto ESTAL**. 35p. 2009.
- SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. V. T.; MEDEIROS, J. F. Evolução da salinidade em solos representativos do agropolo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n. 4 p. 26-31, out-dez, 2011.
- SILVA, T. A. V. **Estudo de reagentes na flotação de minério de zinco**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas. UFOP. 2009. 108p.
- SMIDERLE, O.J.; SOUZA, R.C.P. 2003. Dormência em sementes de Paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae - Papilionidae). **Revista Brasileira de Sementes** 25: 72 – 75
- STEINMANN, V.; CARUZO, M.B.R.; SILVA, O.L.M.; RIINA, R. Euphorbia in Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2011. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: . Acesso em: 11 Set. 2022.
- STUBBENDIECK, J. 1974, Effect of pH on germination of three grass species. **Journal of Range Management**. 27: 78 - 79.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017, 719 p.
- Tanveer A, Tasneem M, Khaliq A, Javaid M, Chaudhry M. **Influence of seed size and ecological factors on the germination and emergence of field bindweed (*Convolvulus arvensis*)**. *Planta Daninha*. 2013c;31(1):39-51
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, apr. 2003.
- THAKUR, H. A.; PATIL D. A. Taxonomic and Phylogenetic Assessment of the Euphorbiaceae: A Review. *Journal of Experimental Sciences* v. 2, n. 3, p. 37-46, 2011.
- TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v.85, p.391-396, 2000.
- TONIN, G.A. **Efeito da época de coleta, condições de armazenamento, substratos e sombreamentos na emergência de plântulas e produção de mudas de *Ocotea porosa* (Mess et Martius ex. Ness) (Lauraceae) e de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae)**. 2005. 172f. Tese Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2005.
- Toole, E. H., Hendricks, S. B., Borthwick, H.A., Toole, V. K. 1956. Physiology of seed germination. **Annual Review of Plant Physiology** 7: 299-324.
- TORRES, S. B.; VIEIRA, E. L.; MARCOS-FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 39-44, 2000.
- VITORELLO, V.A.; CAPALDI, F.R.; STEFANUTO, V.A. Recent advances in aluminium toxicity and resistance in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.1, p.129-143, 2005.

WAGNER JÚNIOR, A. *et al.* Efeito do pH da água de embebição e do trincamento das sementes de maracujazeiro amarelo na germinação e desenvolvimento inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.1014-1019. 2007.

WANG, W. X.; VINOCCUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, n. 1, p. 1-14, nov, 2003.

YAMAMOTO, Y.; HACHIYA, A.; MATSUMOTO, H. Oxidative damage to membranes by a combination of aluminum and iron in suspension-cultured tobacco cells. **Plant Cell Physiol**, v. 38, p. 1333–1339,1997.

YAMAMOTO, Y.; KOBAYASHI, Y.; MATSUMOTO, H. Lipid peroxidation is an early symptom triggered by aluminum, but not the primary cause of elongation inhibition in pea roots. **Plant Physiol** v. 125, p. 199–208, 2001.

ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., COSTA, H., PEREIRA, A.A. & CHAVES, G.M. Epidemiologia e controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). In: Zambolim, L. (Ed.) O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café. Viçosa, Minas Gerais. **Suprema Gráfica e Editora**. 2002. pp.369-433.