



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISÃO DE AGRICULTURA

Curso de Engenharia Agrícola

**Germinação e Vigor de Sementes de Diferentes Variedades da Cultura de Feijão Vulgar
(*Phaseolus vulgaris* L.) Submetidas ao Stress Hídrico**

Monografia apresentada e defendida como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Agrícola

Autor:

Hélder Óscar Daniel

Tutor:

Prof. Doutor Custódio Ramos Paulo Tacarindua

Co-Tutores:

Eng.º Aurélio Salvador Macaringue, MSc

Eng.º Cláudio Nhabinde

Lionde, Dezembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia Científica com o tema “**Germinação e vigor de sementes de diferentes variedades da cultura de feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas ao stress hídrico**”, apresentada ao Curso de Engenharia Agrícola na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Agrícola.

Monografia Defendida e Aprovada aos 05 de Outubro de 2023

Júri

Supervisor: Custódio Ramos Paulo Tacarindua

(Prof. Doutor Custódio Ramos Paulo Tacarindua)

Avaliador 1: Eleutério José Gomes Mapsanganhe

(Eleutério José Gomes Mapsanganhe, MSc)

Avaliador 2: Balate

(Prof. Doutor Carlos Agostinho Balate)

Lionde, Dezembro de 2023

ÍNDICE

DECLARAÇÃO.....	vii
DEDICATÓRIA	viii
AGRADECIMENTOS	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema de Estudo e Justificação	2
1.2 Objectivos.....	3
1.2.2 Específicos.....	3
1.3 Hipótese de Estudo.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Generalidades Sobre o Feijão Vulgar (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	5
2.2 Stress Hídrico – Deficit hídrico.....	5
2.3 Germinação de Sementes	6
2.4 Vigor de Sementes	7
2.5 Simuladores de Stress Hídrico	8
2.5.1 Efeitos de CaCl ₂ na germinação e vigor de sementes de feijão vulgar.....	9
3. METODOLOGIA	11
3.1 Materiais.....	11
3.1.1 Material vegetal	12
3.2 Métodos.....	12
3.2.1 Área de estudo	12
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	13
3.2.3 Condução do experimento	13
3.2.3.1 Determinação do teor de humidade das sementes	13
3.2.3.2 Indução ao stress hídrico.....	14

3.2.3.3	Teste de germinação	15
3.2.3.4	Determinação da massa seca das plântulas	15
3.2.4	Variáveis medidas.....	15
3.2.4.2	Índice de velocidade de germinação	15
3.2.4.1	Primeira contagem e percentagem de germinação.....	16
3.2.4.3	Percentagem total de germinação e sementes mortas	16
3.2.4.3	Comprimento do sistema radicular e da parte aérea	17
3.2.4.4	Massa seca do sistema radicular, da parte aérea sem cotilédones e massa seca dos cotilédones.....	17
3.3	Análise Estatística	17
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1	Percentagem de Germinação.....	19
4.2	Índice de Velocidade de Germinação.....	21
4.3	Primeira Contagem de Germinação	22
4.4	Percentagem Total de Germinação e Sementes Mortas	23
4.5	Comprimento do Sistema Radicular e da Parte Aérea	25
4.6	Massa Seca do Sistema Radicular, da Parte Aérea sem os Cotilédones e Massa Seca dos Cotilédones.....	26
5.	CONCLUSÕES	29
6.	RECOMENDAÇÕES	30
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
8.	ANEXOS	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Lista dos materiais usando na condução do experimento.....	11
Tabela 2:	Descrição das variedades a serem utilizadas no experimento.....	12
Tabela 3:	Tratamentos do experimento resultantes da combinação de dois factores.	13
Tabela 4:	Concentrações de CaCl ₂ para obtenção dos níveis de potencial osmótico.....	14

Tabela 5: Resumo da análise de variância das variáveis avaliadas.	18
Tabela 6: Valores médios obtidos na percentagem de germinação das diferentes variedades após exposição a diferentes potenciais osmóticos.	20
Tabela 7: Índice de velocidade de germinação de sementes das variedades de feijão vulgar dentro de cada nível de potencial osmótico.	21
Tabela 8: Resultados da primeira contagem de germinação (%) das variedades de feijão vulgar expostas a deficiência hídrica por diferentes concentrações de CaCl ₂	22
Tabela 9: Percentagem total de germinação das variedades de feijão vulgar expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de CaCl ₂	23
Tabela 10: Percentagem de sementes mortas das variedades de feijão vulgar expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de CaCl ₂	24
Tabela 11: Valores médios obtidos para o comprimento do sistema radicular e da parte aérea nas variedades de feijão vulgar, após exposição a diferentes potenciais osmóticos.	25
Tabela 12: Valores médios obtidos para a massa seca do sistema radicular nas variedades de feijão vulgar, após exposição a diferentes potenciais osmóticos.	26
Tabela 13: Valores médios obtidos para a massa seca da parte aérea sem os cotilédones nas variedades de feijão vulgar, após exposição a diferentes potenciais osmóticos.	27
Tabela 14: Resultados de massa seca dos cotilédones (g) das variedades para os diferentes níveis de potencial osmótico.	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Percentagem de germinação de sementes de feijão vulgar humedecidas por solução salina com diferentes concentrações de CaCl ₂	19
Figura 2: Layout do experimento.	36
Figura 3: Determinação do teor de humidade das sementes, A – pesagem da amostra de trabalho; B – moagem da semente; C – arrefecimento da semente no dessecador; D – pesagem da semente depois da secagem.	36
Figura 4: A e B – Momento da sementeira em papeis de germinação; C – unidades experimentais na estufa de germinação.	37
Figura 5: Comparativo das plântulas normais (A) e anormais (B) das três variedades estudadas, Matina, Kufuna e Tiyela, respectivamente.	37
Figura 6: Determinação da massa seca das plântulas: A – secagem das amostras na estufa térmica e B – pesagem de uma das amostras (sistema radicular).	37

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Fórmula para o cálculo do teor de humidade das sementes.....	13
Equação 2: Equação de Van't Hoff para a determinação do potencial osmótico.	14
Equação 3: Equação de Maguire para a determinação do índice de velocidade de germinação.	15
Equação 4: Equação para o cálculo da percentagem de germinação das sementes.....	16
Equação 5: Equação para o cálculo da percentagem total de germinação.....	17

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de variância

AOSA - Association of official seed analysts

cm – Centímetro

CPA - Comprimento da parte aérea

CSR - Comprimento do sistema radicular

CV – Coeficiente de variação

CaCl₂ – Cloreto de cálcio

DIC – Delineamento inteiramente casualizado

g – Gramas

H₀ – Hipótese nula

H₁ – Hipótese alternativa

IIAM – Instituto de investigação agrária de Moçambique

IVG - Índice de velocidade de germinação

ISTA – International seed testing association

MSC - Massa seca dos cotilédones

MSPA/C - Massa seca da parte aérea sem os cotilédones

MSSR - Massa seca do sistema radicular

MAE – Ministério da administração estatal

MgCl₂ – Cloreto de magnésio

MPa – Mega pascais

Nº - Número

NaCl – Cloreto de sódio

P – Potencial osmótico

PG - percentagem de germinação

PN – Plântulas normais

PTG – Percentagem total de germinação

PEG – polietileno-glicol

QM – Quadrados médios

SM – Sementes mortas

SS - Quantidade de sementes semeadas

V – Variedade



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 18 de Dezembro de 2023

Autor

Helder Óscar Daniel

(Hélder Óscar Daniel)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Daniel Nhamache e Açucena Vilanculos, que sempre estiveram ao meu lado me dando força, apoio e amor incondicional para eu sempre seguir em frente.

Dedico e Ofereço!

Posso todas as coisas em Cristo que me fortalece.

(Filipenses 4:13)

AGRADECIMENTOS

A DEUS por me permitir existir e conceder-me essa oportunidade porque sem ELE não conseguiria chegar até aqui, além de estar comigo nos momentos difíceis da minha vida e me dar forças para seguir em frente, sendo sempre o meu porto seguro para superar os obstáculos mais difíceis.

A Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, por ter me concedido a oportunidade de uma formação profissional.

Aos meus orientadores Engenheiro Aurélio Salvador Macaringue e Doutor Custódio Ramos Paulo Tacarindua, meu muito obrigado pela oportunidade, ajuda, paciência, pelos incentivos, pelo cometimento durante a orientação e por fazer parte da minha formação académica.

Aos meus pais, Daniel e Açucena, pelo apoio e dedicação em toda minha vida, por terem orientado a minha formação, pelo incentivo e compreensão especialmente nesta etapa. Meus exemplos de humildade e sabedoria, que sempre acreditaram em mim e me enxergaram melhor que do que sou. Essa conquista é mais vossa do que minha, obrigado por todas orações, conselhos e ensinamentos.

Aos meus amados irmãos Titos, Nilza e Neusia, quero expressar minha profunda gratidão pelo apoio constante, carinho incondicional e confiança depositada em mim. Vocês são fontes de inspiração e fortaleza em minha vida, e sou imensamente grato por ter irmãos tão especiais como vocês.

À toda minha família, em especial aos meus tios Eusébio, Gaspar, Génito e Lourenço, e aos meus primos Valdo, Zito e Nélio, que mesmo com todas as dificuldades na vida, sempre estiveram comigo dando um exemplo de amor, honestidade e humildade.

À minha namorada, Érica Letícia, que está sempre ao meu lado me dando forças, com toda lealdade, companheirismo, amor, carinho e compreensão durante essa caminhada. Agradeço por vibrar com as minhas conquistas e por ser meu porto seguro nos dias mais difíceis, trazendo calma e serenidade.

Ao Engenheiro Queirós Mburine, gostaria de expressar minha imensa gratidão pelo esforço incalculável e dedicação na aquisição do papel de germinação e envio do Brasil para Moçambique. Sua valiosa ajuda foi fundamental para a concretização deste estudo, e estou sinceramente agradecido por sua entrega inestimável.

Ao Laboratório Regional Sul de Sementes, e em especial ao Engenheiro Cláudio Nhabinde, meu co-orientador, gostaria de expressar meu eterno agradecimento pela valiosa assistência técnica fornecida para a realização desta pesquisa. Sua disponibilidade em contribuir com seu conhecimento e experiência profissional foi fundamental para concretizar este estudo. Agradeço profundamente por todo apoio e orientação ao longo desse processo.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu amigo Guiven Feijão, por desempenhar o papel de mentor e guia acadêmico. Seus valiosos conselhos e ensinamentos foram fundamentais para eu alcançar o lugar onde estou hoje. Você foi um verdadeiro catalisador para o meu crescimento tanto profissional quanto pessoal. Agradeço especialmente pelos momentos em que me repreendeu e chamou minha atenção quando eu me afastava do meu propósito.

Aos meus companheiros de batalha Iveraldo Djedje, Izaldo Huo, Ilídio Basso e Salvador Malemia, por fazerem da amizade uma componente indispensável para a vida acadêmica, pelos momentos de alegria e descontração, e superação de dificuldades que juntos conseguimos alcançar.

Aos meus amigos e colegas Dinilson Fastudo, Lúcio Cumbe, Melo Cumbane, Berson Arlindo, Claudino Mateus, Arcénio Marane, Renex Maculuve, Emildo Maurício, Gildo Zucule, Januário Coutinho, Otília Carlota, Amós Jossias, Iasalde Zucule, Ormisda Chichava, Nírdio Chelton, Domingos Jofrice, Mangol Pelembe, Advânia Manjate, Ladino Zunguze, William Eliote pela amizade, apoio, oportunidade de aprendizado e pelos momentos de alegria.

À todos que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

O feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande expressão alimentícia. A emergência da cultura é dependente de água e considerada a fase mais crítica. As condições que as sementes encontram no solo para a germinação nem sempre são favoráveis, como o stress hídrico. A diminuição da germinação de sementes submetidas ao stress hídrico é atribuída à redução das atividades enzimáticas. Diante deste contexto, objetivou-se avaliar a germinação e vigor de sementes de diferentes variedades de feijão vulgar, com solução osmótica de CaCl_2 nos potenciais de - 0,3; - 0,6; - 0,9 MPa e o tratamento de controlo (água pura), no delineamento inteiramente causalizado (DIC) em um arranjo factorial de 3×4 (variedades \times potenciais osmóticos), com quatro repetições. Foram utilizadas sementes de feijão das variedades Matina, Kufuna e Tiyela que foram semeadas em papéis de germinação humedecidas com a solução de embebição, usando dois papéis como base e o terceiro como cobertura mantidos em estufa de germinação à uma temperatura constante de 25°C por nove dias. Para a avaliação do efeito dos tratamentos foram avaliados as variáveis percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação, percentagem total de germinação, sementes mortas, comprimento do sistema radicular e da parte aérea, massa seca do sistema radicular, da parte aérea e do cotilédones. Os dados foram submetidos a análise não-paramétrica de variância e comparações múltiplas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Pelos resultados obtidos verificou-se a influência significativa da deficiência para todas variedades a partir do potencial - 0,3 MPa, excepto a percentagem total de germinação e sementes mortas que não apresentaram diferenças significativas entre o tratamento de controlo e potencial - 0,3 MPa, mostrando a sensibilidade do feijão vulgar ao stress hídrico. Pelos resultados alcançados conclui-se que, a variedade Kufuna possui um alto potencial adaptativo à deficiência hídrica comparativamente as outras variedades estudadas, pois demonstrou o melhor desempenho para à maioria dos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., CaCl_2 , Potencial osmótico, Stress hídrico, Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is of great food expression. Crop emergence is dependent on water and considered the most critical phase. The conditions that seeds find in the soil for germination are not always favorable, such as water stress. The decrease in germination of seeds subjected to water stress is attributed to the reduction of enzymatic activities. Given this context, the objective was to evaluate the germination and vigor of seeds of different varieties of common bean, with an osmotic solution of CaCl₂ at potentials of - 0.3; - 0.6; - 0.9 MPa and the control treatment (pure water), in a completely causalized design (DIC) in a factorial arrangement of 3 × 4 (varieties × osmotic potentials), with four replications. Bean seeds of the Matina, Kufuna and Tiyela varieties were sown on germination papers moistened with the soaking solution, using two papers as a base and the third as a cover, kept in a germination oven at a constant temperature of 25°C for nine days. To evaluate the effect of the treatments, the variables germination percentage, germination speed index, first germination count, total germination percentage, dead seeds, length of the root system and aerial part, dry mass of the root system, shoot and cotyledon parts. Data were submitted to non-parametric analysis of variance and multiple comparisons by Tukey's test at 5% significance level. From the obtained results it was verified the significant influence of the deficiency for all varieties from the potential - 0.3 MPa, except the total percentage of germination and dead seeds that did not present significant differences between the control treatment and potential - 0.3 MPa, showing the sensitivity of common bean to water stress. Based on the results obtained, it is concluded that the Kufuna variety has a high adaptive potential to water deficit compared to the other studied varieties, as it demonstrated the best performance for most of the evaluated parameters.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., CaCl₂, Osmotic potential, Water stress, Physiological quality.

1. INTRODUÇÃO

O feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada dentre as demais do género *Phaseolus* (*P. coccineus*, *P. acutifolius* e *P. hinatus*), contribuindo com cerca de 95% da produção mundial, sendo por isso a leguminosa mais importante para o consumo humano. Rico em proteína (20-25%) é uma das principais fontes de alimento da população africana (Fiegenbaum *et al.*, 1991).

Dentre os riscos climáticos encontrados, está o déficite hídrico, um dos principais redutores da produtividade da cultura do feijão (Aguiar *et al.*, 2008). O déficite hídrico pode afectar as diferentes fases de desenvolvimento do feijão, onde uma das fases mais sensíveis é a germinação (Garcia *et al.*, 2012). Em condições de campo, a seca eleva a salinidade do solo tornando menor o potencial da água no solo, interferindo directamente na absorção pela semente (Neto *et al.*, 2006) e em condições de deficiência hídrica as culturas sofrem vários distúrbios fisiológicos, que levam à redução no crescimento e, conseqüentemente, redução em seu rendimento (Marcos, 2005c).

A tolerância à seca pode ser conceituada de várias formas, sendo sua natureza muito complexa, envolvendo interacções com o ambiente, além de processos fisiológicos inerentes ao efeito provocado no metabolismo da planta (Lopes *et al.*, 1989; Santos e Carlesso, 1998). Os processos fisiológicos das plantas, como dito anteriormente, são afectados pelo déficite hídrico, que em geral, aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese. Muitos desses efeitos, refletem-se nos mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente (Nogueira, 1997).

Variedades com elevado potencial genético são afectadas consideravelmente quando submetidas à deficiência hídrica (Nogueira e Nagai, 1988). Uma das soluções para este problema é obter através de melhoramento, génotipos tolerantes as diferentes condições de humidade do solo. Outra seria identificar variedades tolerantes as variadas condições de potencial hídrico no solo, mediante soluções de substâncias, tais como CaCl₂, de indução ao stress hídrico na planta. Este soluto tem sido indicado na literatura por vários autores (Coelho *et al.*, 2010; Neto *et al.*, 2006; Tobe *et al.*, 2003; Reddy, 2001), em razão de simular satisfatoriamente os efeitos da seca sobre a germinação de sementes.

1.1 Problema de Estudo e Justificação

As sementes, no acto da sementeira, estão sujeitas a vários factores ambientais como défice hídrico, mudança de temperatura, ataque de pragas e doenças, entre outros, que podem acarretar diminuição na percentagem e velocidade de emergência das plântulas, eventualmente um estado desuniforme, e conseqüentemente, diminuição na produção.

A água é um dos factores importantes para a semente aumentar a sua actividade metabólica, iniciando a absorção nas primeiras seis horas (McDonald *et al.*, 1994), o que estimula um suprimento de energia e nutrientes para reactivar o metabolismo e promover a protrusão da radícula (Bewley e Black, 1994). A absorção da água, no entanto, é influenciada pela temperatura, textura do solo e potencial matricial (Carvalho e Nakagawa, 2000a).

Para que a germinação possa acontecer, é fundamental que haja uma quantidade adequada de água presente no ambiente, o que permite a ativação das reações químicas ligadas ao metabolismo e, conseqüentemente, o reinício do crescimento do embrião (Rego *et al.*, 2011). A deficiência hídrica afecta negativamente a velocidade e percentagem de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um limite de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (Lopes e Macedo, 2008).

Condições de deficiência hídrica, em laboratório, geralmente, são simuladas pelo uso de soluções osmóticas, tais como NaCl, CaCl₂, entre outros. Como tais solutos são pouco absorvidos pelas sementes durante o processo germinativo, o mesmo é similar ao exercido pelas partículas coloidais do solo (Parmer e Moore, 1968). Henrique *et al.* (2021) observaram que a deficiência hídrica simulada com CaCl₂ provoca redução no desempenho de sementes de híbridos de milho e, a redução no potencial osmótico do substrato promove redução significativa na germinação e vigor das sementes, bem como no crescimento de plântulas de milho.

Estudos feitos por Custódio *et al.* (2009) mostram que o manitol, CaCl₂ e MgCl₂ influenciam o vigor das sementes de feijão vulgar, sendo mais sensível que a germinação à deficiência hídrica. Contudo, o CaCl₂ permite máxima germinação no potencial de -0,55 MPa, enquanto os demais osmóticos, manitol e MgCl₂, não promoveram diferenças de germinação. O stress hídrico diminui a velocidade de germinação independentemente da solução osmótica.

Na literatura há vários trabalhos estudando a influência do stress hídrico com sementes de diversas espécies (Neto *et al.*, 2006; Coelho *et al.* (2010); Duarte *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2015; Viçosi *et al.*, 2017; Henrique *et al.*, 2021). Entretanto, verifica-se escassez de pesquisas científicas que mensurem o efeito do deficit hídrico sobre sementes de variedades de feijão vulgar produzidas em Moçambique, particularmente as três variedades (Matina, Kufuna e Tiyela) recentemente libertadas pelo IIAM que possuem um grande potencial produtivo.

O teste de germinação e vigor de sementes em condição de déficit hídrico determinou o limiar da germinação nesta condição, isto é, a tolerância destas variedades ao stress hídrico no período da germinação. A identificação de uma variedade mais tolerante ao stress hídrico foi de grande importância, pois terá grande utilidade em regiões com pouca disponibilidade de água, visto que a fraca disponibilidade de água é um problema que tende a se agravar com as alterações climáticas.

1.2 Objectivos

1.2.1 Geral

- Avaliar o efeito do deficit hídrico na germinação e no vigor de sementes das variedades Matina, Kufuna e Tiyela da cultura do feijão vulgar.

1.2.2 Específicos

- Analisar a percentagem e o índice de velocidade de germinação de sementes das variedades Matina, Kufuna e Tiyela sob diferentes níveis de deficiência hídrica;
- Avaliar o comprimento e a massa seca, do sistema radicular e da parte aérea de plântulas das variedades Matina, Kufuna e Tiyela através de diferentes níveis de deficit hídrico;
- Identificar a variedade mais tolerante a deficiência hídrica no período da germinação.

1.3 Hipótese de Estudo

O trabalho assenta, por hipótese, que entre as variedades Matina, Kufuna e Tiyela da cultura do feijão vulgar, as que possuem uma maior tolerância ao deficit hídrico exibirão uma taxa de germinação mais elevada e manterão um vigor superior durante o período de stress, em comparação com as variedades menos tolerantes. Além disso, espera-se que as sementes das variedades mais tolerantes ao stress hídrico apresentem um tempo de germinação mais rápido e uma recuperação mais eficiente após a exposição ao stress, demonstrando uma capacidade adaptativa maior diante das condições adversas de disponibilidade de água.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades Sobre o Feijão Vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.)

Segundo Marques *et al.* (2003), o feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta herbácea anual, com morfologia variável, consoante as variedades, pode ser trepadeira ou não, possui folhas compostas, pecioladas e trifoliadas e caule volúvel, o sistema radicular é aprumado e superficial, e a germinação é epigeia.

O feijoeiro é uma leguminosa de interesse mundial, sendo um importante alimento na nutrição humana como fonte de calorias, proteínas, fibras alimentares, vitaminas e mineiras. Faz parte da mesma espécie do feijão-verde, sendo o feijão vulgar a principal leguminosa da família *fabaceae*. Em Moçambique, o *Phaseolus vulgaris* é uma cultura alimentar básica e de grande importância socioeconómica, por contribuir significativamente com proteínas e minerais para a dietas de muitas famílias, e constituir uma fonte importante de renda para pequenos produtores, comerciantes e exportadores (DEE, 2016).

2.2 Stress Hídrico – Deficit hídrico

A água constitui um dos factores mais importantes no processo germinativo das sementes, pois está directa e indirectamente envolvido em todas fases desse processo, tendo a função de actuar no amolecimento do tegumento, favorecendo a entrada do oxigénio, ocorrendo eventualmente um aumento no volume do embrião e de suas estruturas de reserva, suscitando actividades metabólicas necessárias e estimulando o crescimento embrionário (Carvalho e Nakagawa, 2012b).

A deficiência hídrica refere-se a uma condição na qual há escassez ou falta de água disponível para as necessidades um determinado sistema, como plantas. Esta condição ocorre quando a quantidade de água disponível é insuficiente para atender à demanda ou quando a taxa de perda de água é maior do que a taxa de reposição (Taiz e Zeiger, 2013).

O estudo do processo da germinação de sementes em condições ambientais distintas é essencial porque as sementes e mudas podem, por exemplo, ficar expostas a condições de pouca disponibilidade hídrica, o que pode acarrear dificuldade na velocidade de germinação de sementes. A desproporção de valores do potencial hídrico do solo é mutável para cada espécie, não ocorrendo germinação com potenciais muito baixos ou elevados, sendo que no início da

embebição potenciais hídricos muito negativos actuam na absorção de água pelas sementes, tornando inviável a etapa do processo germinativo (Azerêdo, 2009).

O conhecimento dos limites de tolerância das sementes em diferentes situações ambientais adversas é um importante estudo, uma vez que traz o entendimento sobre a ecofisiologia das espécies (Larcher, 2006). A deficiência hídrica causa modificações fisiológicas na planta em que a sua reversão vai derivar de alguns factores, tais como estágio de desenvolvimento da planta, severidade, genótipo e a sua duração, por causa disso, estudos têm tido o objectivo de compreender o comportamento das plantas diante do stress hídrico, sendo necessário pesquisas amplas e multidisciplinares voltadas a responder essas alterações, em que o vegetal sofre quando está na condição de deficiência hídrica (Santos e Carlesso, 1998).

No princípio do processo de germinação há uma sensibilidade a déficit hídrico e a água é um factor essencial qua vai influir de forma directa ou indirecta no processo de metabolismo da planta (Stefanello *et al.*, 2006). As sementes quando são submetidas a potenciais hídricos muito baixos (negativos), poderá sobrevir um atraso no processo germinativo, porque as sementes respondem de forma diferente quando estão submetidas ao stress hídrico (Bansal *et al.*, 1980). Perante esses factos, as sementes que possuem resistência às mudanças de potenciais osmóticos são consideradas resistentes e apresentam capacidade de germinar onde diversas espécies não conseguiriam (Bewley e Black, 1994).

2.3 Germinação de Sementes

Uma das fases mais cruciais da produção de feijão, em condições de campo, é, justamente, a implantação da cultura. O processo de germinação só se inicia em condições de humidade satisfatórias, através da absorção de água ocorre a reidratação dos tecidos, resultando no aumento da respiração, e de outras actividades que culmina com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para que ocorra retomada no crescimento do eixo embrionário (Stefanello *et al.*, 2006; Rego *et al.*, 2011) e a limitação da disponibilidade de água no solo, durante esse processo, frequentemente determina o insucesso da implantação da cultura, com grandes prejuízos para a produtividade (Manohar e Mathur, 1975; Hadas, 1976).

Segundo Bewley e Black (1994), a germinação das sementes ocorre em três (3) fases distintas, a saber:

- **Fase I:** fase da embebição, fase em que ocorre a rápida absorção da água pela semente;

- **Fase II:** fixação do conteúdo de água e respiração, caracteriza-se por ser estacionária diminuindo a absorção da água pela semente;
- **Fase III:** fase de divisão celular e crescimento, ocorre a retomada de absorção da água pela semente e protrusão da raiz primária.

Esta sequência de estágios é governada pela absorção de água do substrato externo, geralmente, o solo ou solução. As sementes germinam quando as condições para o crescimento são propícias e elas não apresentam algum tipo de dormência. Além da água, que é a primeira exigência para germinação (Ferreira e Borghetti, 2004), as sementes requerem temperaturas ótimas, luz e nutrientes que propiciam máxima percentagem de germinação em menor espaço de tempo (Oliveira e Garcia, 2005).

2.4 Vigor de Sementes

O vigor da semente constitui o somatório de todas as suas particularidades, as quais estabelecem níveis de actuações, cujo desempenho da semente (ou do lote de sementes) ocorre durante o processo germinativo e a emergência de plântulas. As sementes com um bom desempenho são denominadas de vigorosas e as de baixo desempenho são denominadas de baixo vigor (ISTA, 1981).

O vigor de sementes deve ter as características que indicam o potencial para uma emergência rápida e uniforme, além do crescimento de plântulas normais, em uma extensa faixa de circunstâncias ambientais (AOSA, 1983). O vigor é considerado um teste directo devido a sua detecção em modificações, não desvelados pelos testes de germinação mais sutis, resultante da deterioração avançada, refletindo um conjunto de características que determinam o potencial para emergência rápida e uniforme de plântulas normais, sob uma diversidade de condições ambientais, pois não bastam as sementes apresentem altos índices de germinação é preciso que as mesmas germinem e se estabeleçam em condições atípicas (Marcos, 1999b).

O vigor se apresenta como um dos elementos mais importantes na análise da qualidade de sementes, pois o processo de deterioração está conexo com a perda de vigor destas. O vigor, consequentemente, apresenta-se como reflexo de uma colectividade de características que determinam o seu potencial fisiológico, que tenha a capacidade de ter um desempenho adequado quando submetidas a diferentes situações ambientais (Marcos, 1994a).

Entre os testes de vigor mais conhecidos pode citar-se a velocidade de germinação e a primeira contagem de germinação, são testes de rápida execução em que a sua colecta de dados é feita no próprio teste de germinação. O teste de velocidade de germinação considera quais sementes mais rápido desse modo são consideradas vigorosas, por tanto, se estabelece uma relação directa entre velocidade de germinação e vigor de sementes. O teste de primeira contagem também avalia de forma indirecta a velocidade de germinação, de tal forma que o maior número de plântulas computadas na primeira contagem, maior será o vigor de sementes (Nakagawa, 1999).

2.5 Simuladores de Stress Hídrico

As sementes em campo estão sujeitas a estresse hídrico, resultando em emergência deficiente. No campo, o conteúdo de água de solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foi definido como água disponível para as plantas (Tormena *et al.*, 1999), sendo considerados para capacidade de campo valores entre -0,01 a -0,2 MPa e para o ponto de murcha permanente, valores próximos de -1,5 MPa (Taiz e Zeiger, 2013). Muitos estudos vêm sendo realizados em laboratório a fim de simular os déficits hídricos no momento da germinação com valores próximos ao ponto de murcha permanente utilizando açúcares como manitol e polietileno glicol (PEG) e sais como $MgCl_2$, $NaCl$, $CaCl_2$, havendo dessa forma como identificar variedades tolerantes (Coelho *et al.*, 2010; Garcia *et al.*, 2012).

O $CaCl_2$ tem como limite máximo de tolerância o potencial de -1,2 MPa para a germinação (Coelho *et al.*, 2010). Outras soluções como manitol, por exemplo, as sementes não germinam nesse potencial, comprovando-se que essa solução é mais restritiva que a de $CaCl_2$ (Neto *et al.*, 2006).

Potenciais osmóticos muito negativos atrasam e diminuem a germinação, havendo um nível mínimo de humidade que a semente deve atingir para poder germinar, o qual depende da composição química e permeabilidade do tegumento (Verslues *et al.*, 2006). Neto *et al.* (2006), contrariamente, verificaram que a solução osmótica de $CaCl_2$ pode ser usada como simulador de deficiência hídrica, no potencial de até -0,6 MPa em sementes de feijão, enquanto as soluções de KCl e $NaCl$ manifestam toxidez às sementes, a partir de -0,6 MPa, não sendo recomendadas como indutores de déficit hídrico.

2.5.1 Efeitos de CaCl_2 na germinação e vigor de sementes de feijão vulgar

Coelho *et al.* (2010) observaram em sementes de feijão vulgar, que o CaCl_2 e o MgCl_2 sob os potenciais -0,36 MPa e -0,35 MPa, respectivamente, não tiveram a germinação prejudicada quando comparado com a água pura. Resultando diferente foi obtido por Grosseli (2016), em que o potencial hídrico afectou negativamente a germinação. Geralmente, o déficit hídrico contribui para a diminuição da velocidade e percentagem de germinação das sementes, sendo que, para cada espécie existe potencial hídrico no solo, abaixo do qual o processo germinativo não ocorre (Correa, 2012).

Segundo Custódio *et al.* (2009), o CaCl_2 permite uma máxima germinação no potencial calculado em -0,55 MPa, enquanto outros osmóticos, manitol e MgCl_2 , no mesmo potencial, não promovem diferença de germinação. Segundo os mesmos autores, no potencial -0,3 MPa ocorre diferença entre os osmóticos, sendo que a utilização do CaCl_2 é mais drástica que o manitol e o MgCl_2 na primeira contagem da germinação. Os mesmos autores verificaram ainda que todas as soluções osmóticas influenciam o vigor, sendo este mais sensível que a germinação à deficiência hídrica. Resultados diferentes foram obtidos por Neto *et al.* (2006) pois em relação à primeira contagem de germinação e classificação de vigor das plântulas, a solução CaCl_2 apresentou valores superiores, diferindo no potencial -0,6. Tendo o potencial de -1,2 MPa apresentado valores nulos ou próximos de zero para todas soluções osmóticas.

De acordo com Tobe *et al.* (2003) o cálcio actua como protector da germinação, enquanto que o magnésio, por vezes, tem efeitos mais tóxicos que o sódio, dado corroborado pelo trabalho de Moraes e Menezes (2003). Segundo Oliveira e Gomes (2009) e Moterle *et al.* (2006) relatam que a redução do potencial osmótico da solução do substrato influencia a germinação, tornando-a mais lenta.

Coelho *et al.* (2010) observou em relação à parte aérea, que o soluto de CaCl_2 , no potencial de -0,3 MPa, encontrou valores menores, quando comparado aos outros solutos (manitol, NaCl e MgCl_2) e potenciais, ocorrendo o contrario com a massa da raiz no mesmo potencial, facto que pode estar relacionado com a concentração de mitoses nas células da raiz, as quais poderiam estar sendo estimuladas pelo cálcio, pois os outros solutos apresentaram resultados análogos entre si. E segundo o mesmos autores, o maior crescimento da raiz em detrimento da parte aérea foi observado no mesmo potencial (-0,3 MPa), na presença do cálcio. Facto corroborado pelo trabalho de Custódio (2009).

No trabalho realizado por Neto *et al.* (2006), estudando o comportamento de diversas soluções osmóticas sobre o desempenho de sementes de feijão, o tratamento com CaCl_2 mostrou-se menos severo para a germinação em relação às soluções de KCl, manitol e NaCl, as quais apresentaram resultados muito semelhantes para o potencial de -1,2 MPa. As sementes tratadas com a solução de CaCl_2 germinaram até o potencial -1,2 MPa, indicado em um limite máximo de tolerância entre os potenciais de -1,2 e -1,8 MPa, as soluções de KCl, manitol e NaCl induziram nulidade ou valor próximo a zero de germinação no potencial de -1,2 MPa, apontando limite máximo de tolerância menor para estas soluções.

O cloreto de cálcio, como agente osmótico, mostra-se tão eficiente como o manitol, em relação aos cloretos de sódio e potássio. Tal facto pode ser devido ao íon cálcio (Ca^{2+}), bivalente, que confere certa estabilidade às membranas, além de ser responsável por mediar diversas respostas celulares a factores bióticos (Reddy, 2001).

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

Os materiais que foram necessários para a realização do experimento são:

Tabela 1: Lista dos materiais usando na condução do experimento.

Material	Função
Papel de germinação	Base para a sementeira
Cloreto de cálcio (CaCl ₂)	Indutor da deficiência hídrica
Sementes de feijão vulgar	Objecto de estudo
Água destilada	Hidratar os papéis de germinação
Câmara de germinação	Proporcionar as condições ideais para a germinação
Régua	Medir o comprimento da plântula em sistema radicular e parte aérea
Sacos de polietileno	Proteger os papéis de germinação da rápida desidratação
Bata	Material de protecção individual
Balança analítica	Medir as quantidades do cloreto de cálcio e a massa seca da plântula
Caixas de pesagem	Acomodar a semente na estufa térmica e servir como base no momento de pesagem
Pinças	Para auxiliar na sementeira e no levantamento de plântulas
Espátula	Mexer a água o cloreto de cálcio para ajudar na rápida do CaCl ₂
Bandejas inox	Misturar a água e o cloreto de cálcio
Moedor	Para moer ou triturar a semente
Mesa de contagem	Fazer a contagem das sementes, sementeira e colecta de dados
Bloco de notas e esferográfica	Registo das actividades
Máquina calculadora	Calcular as médias dos valores obtidos na colecta de dados

Fonte: Autor (2023).

3.1.1 Material vegetal

Para a condução do experimento foram utilizadas três (3) variedades (Matina, Kufuna e Tiyela) da cultura do feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) libertadas pelo IIAM no ano de 2018. As características das variedades estão patentes na Tabela 1.

Tabela 2: Descrição das variedades a serem utilizadas no experimento.

Características	Matina (V1)	Kufuna (V2)	Tiyela (V3)
Hábito de crescimento	Determinado	Determinado	Determinado
Ciclo	95 dias	95 dias	95 dias
Nº de vagens/planta	14	15	17
Nº de grãos/vagem	6	5	5
Rendimento com insumos médios	2.69 ton/ha	3.27 ton/ha	2.57 ton/ha
Rendimento sem adubação	1.41 ton/ha	1.41 ton/ha	1.42 ton/ha
Peso de 100 sementes	50g	45g	36g
Tamanho do grão	Grande	Grande	Médio
Cor do grão	Encarnado	Encarnado raiado	Creme raiado

Adaptado pelo autor. Fonte: IIAM, 2018.

As três variedades são adaptadas a solos com baixos níveis de fosforo (P), e podem ser produzidas em duas condições de cultivo, sequeiro e irrigado.

3.2 Métodos

3.2.1 Área de estudo

O experimento foi realizado no Laboratório Regional Sul de Sementes, localizado no posto administrativo de Lionde, distrito de Chókwè, província de Gaza, a margem direita do Rio Limpopo. Foram utilizadas sementes de três variedades de feijão vulgar submetidas à germinação sob stress hídrico em 4 potenciais osmóticos, incluindo o controlo.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente causalizado (DIC), com organização em esquema fatorial de 3×4 (variedades × potenciais osmóticos), resultando em 12 tratamentos (Tabela 2) com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por 50 sementes de feijão vulgar. Foram utilizadas três variedades de *Phaseolus vulgaris* L., nomeadamente Matina, Kufuna e Tiyela submetidas a quatro níveis de potencial osmótico para simular o stress hídrico, especificamente 0; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa.

Tabela 3: Tratamentos do experimento resultantes da combinação de dois factores.

Tratamentos		
V1P1	V2P1	V3P1
V1P2	V2P2	V3P2
V1P3	V2P3	V3P3
V1P4	V2P4	V3P4

Fonte: Autor. V = variedade; P = potencial osmótico.

3.2.3 Condução do experimento

3.2.3.1 Determinação do teor de humidade das sementes

O teor de humidade foi determinado pelo método da estufa à 130°C durante uma hora (Brasil, 2009), com seis amostras de sementes (duas amostras por variedade), com resultados expressos em percentagem. As caixas de pesagem foram previamente secadas por 30 minutos em estufa a 105°C e resfriadas em dessecador. Posteriormente as foram convenientemente identificadas e pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,001g, para a obtenção do peso da tara.

Antes de submeter a secagem, a semente foi moída com o intuito de aumentar a superfície de contacto para a perda de humidade. Após a moagem, a semente foi distribuída pelas caixas de pesagem e pesadas novamente contendo as amostras de sementes de cada variedade e colocadas na estufa à 130°C, por uma hora. Findo esse período as amostras foram retiradas da estufa, tampadas e colocadas em dessecador contendo gel sílica por 45 minutos a esfriar e depois pesadas em balança de precisão. O teor de humidade foi calculado conforme a fórmula abaixo:

$$TH = \frac{Ph - Ps}{Ph - R} \times 100$$

Equação 1: Fórmula para o cálculo do teor de humidade das sementes.

Onde:

- **TH** = Teor de água;
- **Ph** = Peso húmido das sementes + peso vazio do recipiente;
- **Ps** = Peso seco da semente + peso vazio do recipiente;
- **R** = Peso vazio do recipiente.

3.2.3.2 Indução ao stress hídrico

Para a simulação do stress hídrico utilizou-se como soluto o cloreto de cálcio (CaCl_2), em três níveis de potencial osmótico, precisamente -0,9; -0,6; -0,3 MPa e o nível zero (0,0) correspondente a testemunha, conforme Tabela 3, estabelecidos pela **equação de Van't Hoff** (Taiz e Zeiger, 2004), ou seja:

$$\Psi_{os} = -RTC$$

Equação 2: Equação de Van't Hoff para a determinação do potencial osmótico.

Onde:

- **Ψ_{os}** = potencial osmótico (MPa);
- **R** = constante geral dos gases perfeitos $0,082 \text{ (atm.l.mol}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$;
- **T** = temperatura ($^{\circ}\text{K}$); $T \text{ (K)} = 273 + T \text{ (}^{\circ}\text{C)}$
- **C** = concentração (mol/l).

Tabela 4: Concentrações de CaCl_2 para obtenção dos níveis de potencial osmótico.

Solução (P)	Níveis de potenciais osmóticos (MPa)	CaCl_2 (g/L)
P1	0	0
P2	-0,3	7,98
P3	-0,6	15,95
P4	-0,9	23,94

Adaptado pelo autor. Fonte: Taiz e Zeiger, 2004.

Depois da obtenção das concentrações do soluto para os diferentes níveis de potencial osmótico e o teor de humidade de cada lote de sementes, estas foram submetidas aos testes descritos a seguir:

3.2.3.3 Teste de germinação

Esse teste foi conduzido em uma câmara germinação regulada à uma temperatura constante de 25°C, com fotoperíodo de oito horas de luz, utilizando lâmpadas fluorescentes. As sementes, arranjadas em 36 unidades experimentais, foram distribuídas sobre duas folhas de papel de germinação (*germitest*) e cobertas por uma terceira folha, sendo o papel humedecido com água destilada misturada com CaCl₂ em quantidade equivalente a 2,5 vezes sua massa seca, em seguida foram organizados em forma de rolos e postos dentro de sacos plásticos transparentes com o objectivo de evitar a perda de humidade por evaporação.

3.2.3.4 Determinação da massa seca das plântulas

Para o teste de matéria seca das plântulas, foram colhidas, aleatoriamente, 10 plantas normais em cada unidade experimental, separando a plântula em sistema radicular, parte aérea e cotilédones, e colocadas em sacos de papel, separadas em unidades experimentais, para secar em estufa a 65°C por 24 horas, após esse período as plântulas foram retiradas e colocadas em dessecador para esfriar. A avaliação foi feita 9 dias após a sementeira.

3.2.4 Variáveis medidas

3.2.4.2 Índice de velocidade de germinação

O índice foi realizado quando verificou se a protusão da radícula nas sementes, isto ocorreu no segundo dia após a sementeira. As avaliações ocorreram até o sexto dia quando a germinação cessou. O índice foi calculado de acordo com a seguinte fórmula (Maguire, 1962):

$$IVG = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}$$

Equação 3: Equação de Maguire para a determinação do índice de velocidade de germinação.

Onde: **IVG** = índice de velocidade de germinação;

E1, E2 e En = número de plantas normais computadas na primeira contagem, na segunda e na última contagem;

N1, N2 e Nn = número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

Na avaliação deste parâmetro os papéis de germinação foram abertos durante todo o período da avaliação (5 dias) para aferir a quantidade sementes germinadas. Foram consideradas

sementes germinadas as que tivessem emitido uma radícula com pelo menos 3 mm de comprimento.

3.2.4.1 Primeira contagem e percentagem de germinação

A avaliação (contagem) das plântulas foi realizada duas vezes, sendo a primeira aos 5 dias após a sementeira correspondente a primeira contagem de germinação e a segunda aos 9 dias, correspondente a percentagem de germinação. As plântulas foram computadas em normais, anormais e sementes mortas, com resultados expressos em percentagem (Brasil, 2009). No acto de avaliação da primeira contagem, no quinto dia, as unidades experimentais foram reumedecidas com as soluções de embebição pois os papéis de germinação estavam secos.

$$PG = \frac{PN}{SS} \times 100$$

Equação 4: Equação para o cálculo da percentagem de germinação das sementes.

Onde: **PG** = Percentagem de germinação;

PN = Número plântulas normais;

SS = Quantidade de sementes semeadas.

No quinto dia só foram computadas plantas normais de cada unidade experimental, porém, estas não foram excluídas e permaneceram juntas às demais até ao nono dia quando as plântulas foram classificadas em normais, anormais e sementes mortas. Foram consideradas plântulas normais aquelas que apresentavam potencial (raiz primária bem desenvolvida, sem lesões ou deformações, com raízes secundárias; epicótilo erecto, sem lesões, com pelo menos dois folíolos primários) para prosseguir seu desenvolvimento, dando origem a plantas, quando manejadas em condições favoráveis (Brasil, 2009).

3.2.4.3 Percentagem total de germinação e sementes mortas

A avaliação da percentagem total de germinação foi realizada no nono dia, tomando em conta todas as sementes que tiveram a protusão da radícula, considerando as plântulas normais assim como as anormais. Os resultados, logicamente, foram expressos em percentagem para cada tratamento, obtidos pela seguinte fórmula:

$$PTG = \frac{SG}{SS} \times 100$$

Equação 5: Equação para o cálculo da percentagem total de germinação.

Onde: **PTG** = Percentagem total de germinação;

SG = Sementes germinadas;

SS = Quantidade de sementes semeadas.

As sementes mortas foram aferidas aos 9 dias após a sementeira, considerando como sementes mortas as que não tiveram a capacidade de iniciar o processo de germinação e desenvolver uma planta normal (Brasil, 2009). Os resultados foram apresentados em forma de percentagem.

3.2.4.3 Comprimento do sistema radicular e da parte aérea

Para este parâmetro, foram escolhidas, aleatoriamente, dez (10) plântulas normais em cada unidade experimental e serão medidas (raiz e parte aérea, separadamente) com auxílio de uma régua graduada em centímetros, com os resultados a serem expressos em centímetros.

3.2.4.4 Massa seca do sistema radicular, da parte aérea sem cotilédones e massa seca dos cotilédones

As mesmas plântulas usadas para a medição do comprimento foram as mesmas usadas para a massa seca, seccionando as plantas em sistema radicular, parte aérea e cotilédones. Para determinação da massa seca, após a secagem das amostras em estufa de circulação de ar forçada, as mesmas foram pesadas em uma balança analítica com precisão de 0,001g. O peso obtido foi dividido pelo número de plântulas normais componentes, resultando no peso médio de massa seca de cada parte componente, expresso em gramas por plântula (g/plântula).

3.3 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância e verificou-se a violação dos pressupostos de ANOVA (normalidade e homogeneidade). No entanto, realizou-se a transformação dos dados, a qual não surtiu efeito. Nesse contexto, foi realizada a análise não-paramétrica de variância (Teste de Kruskal-Wallis) à 5% de probabilidade. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Tukey com um nível de significância de 5%. A análise de dados foi conduzida utilizando o software RStudio, versão 4.2.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da Tabela 4 da análise não paramétrica de variância indicam que dos dez parâmetros investigados, todos foram significativos para o factor potencial osmótico. Em contraste, apenas oito dos parâmetros foram considerados significantes para o fator variedade, com o comprimento da parte aérea (CPA) e a massa seca da parte aérea sem os cotilédones (MSPA/C) sendo os únicos parâmetros que não apresentaram significância. No entanto, somente seis caracteres - percentagem de germinação (PG), percentagem total germinação (PTG), primeira contagem de germinação (PCG), sementes mortas (SM), comprimento do sistema radicular (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR) - foram considerados significativos para a interação variedade × potencial osmótico (V×P).

Tabela 5: Resumo da análise de variância das variáveis avaliadas.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio (QM)				
		PG	PTG	PCG	IVG	SM
Variedade (V)	2	42***	934***	75***	48,74***	914***
Potencial Osmótico (P)	3	16419***	3499***	13715***	27,89***	3499***
V×P	6	110***	324***	312***	2,59 ^{NS}	318***
Resíduo	24	2	13	7	2,49	15
CV (%)		4,13	4,4	8,25	28,26	23,23

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio (QM)				
		CSR	CPA	MSSR	MSPA/C	MSC
Variedade (V)	2	10,3***	0,32 ^{NS}	0,0075***	0,0076 ^{NS}	0,43*
Potencial Osmótico (P)	3	327,3***	158,93***	0,332***	2,08***	30,768***
V×P	6	21,5***	0,24 ^{NS}	0,0044***	0,0028 ^{NS}	0,151 ^{NS}
Resíduo	24	0,3	0,27	0,0006	0,0055	0,099
CV (%)		10,28	15,15	15,45	21,23	21,07

Fonte: Autor. *** = significativo ($p < 0,001$); * = significativo ($p < 0,05$); NS = não significativo, coeficiente de variação (CV), percentagem de germinação (PG), percentagem total de germinação (PTG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), sementes mortas (SM), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa seca da parte aérea sem os cotilédones (MSPA/C) e massa seca dos cotilédones (MSC).

Quanto ao teor de humidade das sementes, constatou-se que as variedades Matina, Kufuna e Tiyela apresentaram níveis de humidade de 13,84%, 14,06% e 14,08%, respectivamente. No entanto, esses valores de humidade estão próximos da faixa considerada ideal para o armazenamento, que é de 11 a 13%. Essa faixa é recomendada para evitar a deterioração das sementes devido à respiração (Bragantini, 2005). Portanto, esses dados sugerem que as diferenças nos níveis de humidade não tiveram influência nos resultados dos testes subsequentes realizados.

4.1 Percentagem de Germinação

Verificou-se uma interacção significativa na combinação dos dois factores em estudo, evidenciando que o efeito combinado desses factores contribuiu nos resultados da percentagem de germinação. Foi observada uma diminuição na taxa de germinação das sementes das três variedades estudadas em resposta à diminuição do potencial osmótico. O gráfico representado na Figura 1 apresenta uma redução significativa na percentagem de germinação desde o controlo até o potencial de -0,9 MPa.

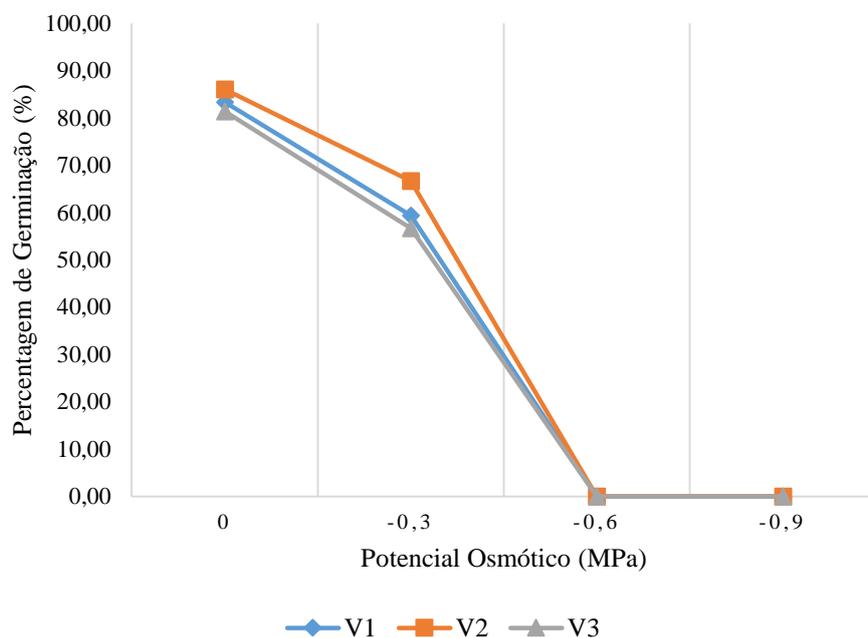


Figura 1: Percentagem de germinação de sementes de feijão vulgar humedecidas por solução salina com diferentes concentrações de CaCl₂.

Fonte: Autor. V1 – Matina, V2 – Kufuna e V3 – Tiyela.

Os dados da Tabela 5 indicam diferenças significativas nas médias de germinação entre as variedades no tratamento de controlo e no potencial osmótico de -0,3 MPa, com a variedade Kufuna apresentando o melhor desempenho. No entanto, não houve diferença significativa entre as médias das variedades quando submetidas aos potenciais osmóticos de -0,6 e -0,9 MPa, resultando em uma taxa de germinação de 0%, ou seja, não houve formação de plântulas normais, o que era esperado, uma vez que a absorção de água e a hidratação dos tecidos são cruciais para o início da sequência ordenada de eventos metabólicos que resultam no crescimento do embrião e na formação de uma plântula normal (Marcos, 2005c; Coelho, 2010).

Estes resultados, também, estão em consonância com o estudo de Miksinski (1987), que afirmou que potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, podem afetar a absorção de água pelas sementes e inviabilizar o processo germinativo. Além disso, solutos como CaCl_2 dissolvidos podem afectar as plantas devido ao efeito iônico específico sobre o protoplasma, causando fitotoxicidade (Neto, 2006).

Tabela 6: Valores médios obtidos na percentagem de germinação das diferentes variedades após exposição a diferentes potenciais osmóticos.

Variedade	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	83,33ABa	59,33Bb	0Ac	0Ac
Kufuna	86Aa	66,67Ab	0Ac	0Ac
Tiyela	81,33Ba	56,67Bb	0Ac	0Ac

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com Oliveira e Filho (2009) e Moterle *et al.* (2006), a diminuição do potencial osmótico da solução do substrato pode influenciar negativamente a germinação, tornando-a mais lenta. Isso ocorre porque a falta de água pode reduzir a velocidade dos processos metabólicos e bioquímicos, o que atrasa ou até mesmo impede a germinação das sementes.

Esse processo pode interferir na absorção de água e no alongamento celular do embrião (Bansal *et al.*, 1980; Correa, 2012). No entanto, as diferentes espécies podem apresentar respostas variáveis a esse tipo de stress, com algumas sendo mais sensíveis e outras mais resistentes (Bewley e Black, 1994).

4.2 Índice de Velocidade de Germinação

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6, houve uma tendência geral de redução no índice de velocidade de germinação (IVG) à medida que a restrição hídrica se tornou mais severa. A exceção foi a variedade Matina, na qual o IVG no potencial de -0,6 MPa foi ligeiramente superior ao do potencial de -0,3 MPa, embora sem diferença estatisticamente significativa. Conforme Martins *et al.* (2014), um aumento no stress ambiental pode causar uma redução na velocidade de germinação. O potencial hídrico afecta o alongamento celular e a síntese da parede celular, o que pode atrasar o processo de germinação.

Tabela 7: Índice de velocidade de germinação de sementes das variedades de feijão vulgar dentro de cada nível de potencial osmótico.

Variedade	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	9,87Aa	7,91Aab	8,18Abc	4,78Ac
Kufuna	6,97Ba	5,37Bab	4,65Bbc	4,51Bc
Tiyela	6,31Ca	4,76Cab	2,43Cbc	1,22Cc

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

Entre as variedades testadas, a Matina teve o melhor desempenho em todos os tratamentos, apresentando a maior média do índice de velocidade observada no tratamento de controlo (9,87). No entanto, a média do índice diminuiu gradualmente à medida que a intensidade do stress hídrico aumentou, facto também constatado por Sá (1987).

A partir da análise dos dados apresentados, é possível inferir que a escassez de água não só reduz a percentagem de germinação, mas também tem impacto na velocidade desse processo, com consequências específicas para cada espécie (Carvalho e Nakagawa, 2012b).

Importa salientar que, a avaliação deste parâmetro provavelmente tenha causado efeitos adversos no desenvolvimento das plântulas pois os valores dos resultados das outras variáveis foram relativamente inferiores em relação ao outro estudo realizado nas mesmas condições mas que não foi avaliado o IVG. Nesta perspectiva, presume-se que a abertura constante dos papéis de germinação tenha interferido nos resultados.

4.3 Primeira Contagem de Germinação

Para a variável primeira contagem de germinação (PCG), observou-se uma interação significativa entre os factores, denotando que a deficiência hídrica interferiu no desempenho das variedades para esta variável. A Tabela 7 apresenta os resultados da PCG, onde verificou-se uma redução gradual do percentual de germinação à medida que o potencial hídrico se tornou mais negativo, corroborando com os resultados de Braga *et al.* (1999). No tratamento de controlo, as maiores percentagens foram obtidas sem diferenças estatísticas entre as variedades, com destaque para a variedade Kufuna, que alcançou uma média de 79,33%

Tabela 8: Resultados da primeira contagem de germinação (%) das variedades de feijão vulgar expostas a deficiência hídrica por diferentes concentrações de CaCl₂.

Variedade	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	76,67Aa	43,33Cb	0Ac	0Ac
Kufuna	79,33Aa	60,67Ab	0Ac	0Ac
Tiyela	78Aa	52,67Bb	0Ac	0Ac

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

Os resultados indicam que o vigor, PCG, foi mais afectado pelo stress do que o teste de germinação. Essa observação é consistente com outros estudos, como Coelho *et al.* (2010), que afirmam que os efeitos da deficiência hídrica sobre o vigor das plântulas são mais intensos que na germinação. Embora o teste de PCG seja considerado uma boa medida da velocidade de germinação (Nakagawa, 1999). Valentini e Pina-Rodrigues (1995) argumentam que ele apresenta eficiência reduzida na detecção de pequenas diferenças de vigor entre as sementes.

Ademais, constatou-se que as sementes das distintas variedades apresentaram desempenhos discrepantes em função dos potenciais osmóticos aplicados. A variedade Kufuna destacou-se sobremaneira nas análises de -0,3 MPa, revelando resultados superiores em comparação com as variedades Matina e Tiyela.

4.4 Percentagem Total de Germinação e Sementes Mortas

Avaliando o parâmetro da percentagem total de germinação (PTG), que considera o número de plântulas germinadas, tanto as normais como as anormais, constatou-se uma interacção significativa demonstrando que os efeitos dos factores nesta variável actuaram de forma dependente. Neste contexto, conferiu-se uma redução gradual em resposta à crescente restrição hídrica, como demonstrado pela Tabela 8, reforçando a sensibilidade da espécie à escassez hídrica, conforme atestado por Lucchese *et al.* (2018). As taxas mais elevadas foram observadas no tratamento de controlo, onde ambas as variedades atingiram a expressiva marca de 99,33% de germinação.

A ausência de formação de plântulas normais nos potenciais -0,6 e -0,9 MPa indica um alto grau de vulnerabilidade da espécie ao stress hídrico.

Tabela 9: Percentagem total de germinação das variedades de feijão vulgar expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de CaCl₂.

Variedade	Germinação Total (%)			
	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	99,33Aa	93,33Aa	91,33Aa	67,33Ab
Kufuna	99,33Aa	96,67Aa	94,67Aa	65,33Ab
Tiyela	99,33Aa	95,33Aa	64Bb	34Bc

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

É interessante notar que em estudo realizado com a espécie pinhão-manso (*Jatrofa*), Braga (2010) verificou ausência de germinação das sementes e elevada percentagem de plântulas anormais sob o potencial hídrico de -0,3 MPa. No que se refere à percentagem de plântulas anormais, constatou-se que a presença de CaCl₂ provocou um aumento nesse parâmetro até o potencial osmótico de -0,9 MPa. Esse resultado pode estar relacionado com o efeito do Ca²⁺ na membrana celular das células vegetais, que pode levar a uma maior permeabilidade da membrana e, conseqüentemente, a um aumento da taxa de formação de plântulas anormais.

Para a variável sementes mortas observou-se, também, uma interacção significativa indicando que a quantidade de sementes mortas das variedades sofreu influência dos níveis do potencial osmótico. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, a presença de sementes

mortas no processo germinativo foi observada em todas variedades testadas, com valores aumentando à medida que os potenciais osmóticos se tornavam mais severos. Esse facto corrobora com estudos anteriores que apontam a sensibilidade das sementes ao deficit hídrico (Bewley e Black, 2012).

No entanto, é importante destacar que as variedades Matina e Kufuna demonstraram um desempenho superior em relação às sementes mortas em comparação com a variedade Tiyela nos potenciais de restrição hídrica, evidenciando a sensibilidade desta variedade a esta condição. Tal resultado pode estar relacionado à maior tolerância dessas variedades à escassez de água, o que as torna mais adaptadas às condições de stress hídrico (Bray *et al.*, 2000).

Tabela 10: Percentagem de sementes mortas das variedades de feijão vulgar expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de CaCl₂.

Variedade	Sementes Mortas (%)			
	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	0,67Ab	6,67Ab	8,67Bb	32,67Ba
Kufuna	0,67Ab	3,33Ab	5,33Bb	34,67Ba
Tiyela	0,67Ac	4,67Ac	35,33Ab	66Aa

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

Esse resultado reforça a importância de se considerar a adaptabilidade das variedades em condições de stress hídrico ao seleccionar espécies para o plantio em regiões com condições climáticas adversas. A elevada taxa de sementes mortas foi constatada não só em decorrência do stress hídrico, mas também pela presença de fungos deterioradores nos lotes de sementes, facto que não foi avaliado no estudo em questão.

Conforme apontado por Bewley *et al.* (2013), durante o processo de hidratação das sementes, ocorre a liberação de solutos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e diversos íons, os quais estimulam o desenvolvimento de patógenos, os quais, por sua vez, podem ocasionar a deterioração das sementes.

4.5 Comprimento do Sistema Radicular e da Parte Aérea

Para a variável comprimento do sistema radicular obteve-se uma interacção significativa entre os factores, revelando uma dependência entre os níveis dos mesmos, apontando assim que o efeito das variedades na presença ou ausência do stress hídrico é significativamente distinto. As medidas do comprimento do sistema radicular e da parte aérea (Tabela 10) apresentaram uma redução notável à medida que a restrição hídrica aumentava, o que está em consonância com os resultados encontrados por Moraes e Menezes (2003) e Reis (2003) em suas pesquisas com sementes de soja e feijão, respectivamente.

Para ambos os parâmetros, todas as variedades tiveram um desempenho superior no tratamento de controlo, sem apresentar diferença significativa entre as variedades no que se refere ao comprimento da parte aérea, o que se alinha com o estudo conduzido por Duarte *et al.* (2013) com diferentes genótipos de feijão. Em relação ao comprimento do sistema radicular, a variedade Kufuna apresentou o melhor desempenho.

Tabela 11: Valores médios obtidos para o comprimento do sistema radicular e da parte aérea nas variedades de feijão vulgar, após exposição a diferentes potenciais osmóticos.

Comprimento da Parte Aérea (cm)				
Variedade	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	8,92Aa	5,04Ab	0Ac	0Ac
Kufuna	8,93Aa	5,25Ab	0Ac	0Ac
Tiyela	7,93Aa	5,02Ab	0Ac	0Ac

Comprimento do Sistema Radicular (cm)				
Variedade	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	12,20Ba	6,57Bb	0Ac	0Ac
Kufuna	14,08Aa	9,41Ab	0Ac	0Ac
Tiyela	10,93Ca	5,26Cb	0Ac	0Ac

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

Com os resultados acima expostos, é possível constatar que os níveis de restrição hídrica influenciaram de forma considerável o comprimento do sistema radicular das plântulas das três variedades. À medida que o potencial osmótico diminuiu, constatou-se uma significativa diminuição na vitalidade das plântulas, com o comprimento do sistema radicular revelando-se bastante reduzido sob a influência do potencial de -0,3 MPa comparativamente ao controlo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rossetto *et al.* (1997), em um estudo com soja. No entanto, no estudo de Avila *et al.* (2007), foi observado que, ao contrário do que ocorre com o feijão, quanto maior a dose do soluto (até um limite tolerável pela planta), maior é o crescimento radicular na cultura da canola. Isso ocorre porque as plantas de canola, quando submetidas ao stress hídrico, tendem a desenvolver um sistema radicular que favorece a absorção de água em profundidades maiores.

4.6 Massa Seca do Sistema Radicular, da Parte Aérea sem os Cotilédones e Massa Seca dos Cotilédones

Os dados contidos na Tabela 11, revelam que houve uma interação significativa entre os fatores em relação à massa seca do sistema radicular (MSSR), indicando que o efeito do factor variedade associado à deficiência é significativa na diminuição da MSSR das plântulas. Observou-se que a variedade Kufuna apresentou melhor desempenho no potencial de -0,3 MPa e no tratamento de controlo, enquanto nos potenciais de -0,6 e -0,9 MPa não foi observada diferença significativa entre as variedades.

Tabela 12: Valores médios obtidos para a massa seca do sistema radicular nas variedades de feijão vulgar, após exposição a diferentes potenciais osmóticos.

Variedade	Massa Seca do Sistema Radicular (g)			
	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	0,347Ba	0,208Bb	0Ac	0Ac
Kufuna	0,398Aa	0,355Aa	0Ab	0Ab
Tiyela	0,394ABa	0,235Bb	0Ac	0Ac

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

Não houve diferença significativa entre as variedades (Tabela 12) no que se refere à massa seca da parte aérea sem os cotilédones (MSPA/C). Entretanto, observou-se uma redução expressiva na quantidade de massa seca no potencial de -0,3 MPa quando comparado com o controle, indicando os efeitos negativos da deficiência hídrica.

Este resultado está em consonância com outros estudos, como o realizado por Silva *et al.* (2012), que também verificaram redução na MSPA/C de plantas de feijão submetidas a stress hídrico. É importante ressaltar que a MSPA/C é um parâmetro relevante para avaliar o crescimento e desenvolvimento das plantas, e a sua redução pode comprometer a produção e a qualidade dos grãos.

Tabela 13: Valores médios obtidos para a massa seca da parte aérea sem os cotilédones nas variedades de feijão vulgar, após exposição a diferentes potenciais osmóticos.

Variedade	Massa Seca da Parte Aérea sem os Cotilédones (g)			
	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	1,004Aa	0,365Ab	0Ac	0Ac
Kufuna	1,086Aa	0,428Ab	0Ac	0Ac
Tiyela	0,966Aa	0,354Ab	0Ac	0Ac

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

Conforme explicado nos parágrafos anteriores, somente os tratamentos de controle e -0,3 MPa apresentaram plântulas normais, impossibilitando a realização do teste de massa de plântulas a partir do potencial -0,6 MPa, resultados que corroboram com o estudo de Grosseli (2016).

Nesse contexto de stress, as sementes das variedades de feijão vulgar demonstraram baixa capacidade de transporte de fotoassimilados do endosperma para o embrião. Braccini *et al.* (1996), concluíram que potenciais hídricos inferiores a -0,3 MPa causaram uma redução significativa na percentagem de germinação e na biomassa seca das plântulas de soja.

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a falta de água no solo resulta em uma redução da massa seca das plantas, uma vez que o potencial hídrico do solo é menor do que o das células das raízes, fazendo com que a planta perca água para o solo. No caso de sementes, a deficiência hídrica causada por soluções osmóticas pode afetar mais o vigor do que a germinação, já que essas soluções podem ser tóxicas (Neto *et al.*, 2004a; Moraes e Menezes, 2003).

A maior restrição hídrica resultou em um aumento na capacidade de reserva nutricional dos cotilédones (Tabela 13), isso sugere que as estruturas primárias da planta tiveram dificuldade em receber o suprimento de reservas dos cotilédones nos potenciais mais baixos, a melhor distribuição da massa seca foi verificada no tratamento de controlo para ambas variedades.

Tabela 14: Resultados de massa seca dos cotilédones (g) das variedades para os diferentes níveis de potencial osmótico.

Variedade	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,3	- 0,6	-0,9
Matina	2,379ABb	3,881ABa	0ABc	0ABc
Kufuna	1,692Bb	3,433Ba	0Bc	0Bc
Tiyela	2,474Ab	4,087Aa	0Ac	0Ac

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de significância.

A variedade Kufuna apresentou uma distribuição de reservas mais eficiente tanto no controlo assim como no potencial de -0,3 MPa. Esses resultados diferem dos obtidos por Dalchiavon *et al.* (2016), que relataram uma redução no peso seco dos cotilédones em resposta a um maior stress salino.

5. CONCLUSÕES

As sementes das três variedades de feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) estudadas revelaram-se altamente suscetíveis ao stress hídrico. A diminuição do potencial osmótico do substrato, ou seja, o aumento da restrição hídrica, resultou em uma redução significativa tanto na germinação quanto no vigor das sementes das variedades de feijão.

As diferentes variedades de feijão vulgar responderam de maneira distinta à indisponibilidade de água durante a germinação, apresentando diferentes graus de tolerância ao stress. Dentre as variedades estudadas (Matina, Kufuna e Tiyela), a variedade Kufuna demonstrou o melhor desempenho para a maioria dos parâmetros avaliados, indicando um alto potencial adaptativo à deficiência hídrica. Essa característica pode ser considerada fundamental para programas de melhoramento genético, uma vez que pode garantir a produção de variedades de feijão mais resistentes às condições adversas de cultivo, como a falta de água.

O potencial osmótico -0,6 MPa representa o limite crítico para a germinação das sementes e a formação de plântulas saudáveis. A partir do potencial de -0,3 MPa, o vigor é significativamente afetado, o que enfatiza a importância de manter um adequado suprimento hídrico durante a germinação para assegurar o desenvolvimento vigoroso das plantas.

6. RECOMENDAÇÕES

Aos Produtores

- Recomenda-se aos produtores, especialmente, aos que se encontram em locais com escassez de água para rega, a optar pelo uso da variedade Kufuna para a produção pois mostrou-se mais tolerante a deficiência hídrica.

Aos Pesquisadores (Comunidade Científica)

- Na realização deste tipo de estudo optem por realizar o índice de velocidade de germinação separado do teste principal de germinação, pois a constante abertura dos papéis interfere no desenvolvimento das plântulas.
- A exploração aprofundada da variedade Kufuna para identificar os genes responsáveis pela sua tolerância a este tipo de stress para poder empregar nos programas de melhoramento desta espécie.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I., 2008, Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.29, n.1.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA, 1983, Seed vigor testing handbook. Ithaca, New York, USA.

AZERÊDO, G.A., 2009, Qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Tese. (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

BANSAL, R. P.; BHATI, P. R.; SEN, D. N., 1980, Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. *Biologia Plantarum*, Copenhague, v.22, n.5.

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

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M. E., 1999. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.21, n.2.

BRAGANTINI, C., 2005. Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão.

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

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J., 2000a, *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4ª Edição. Jaboticabal: FUNEP.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J., 2012b, *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP.

COELHO, C. M. M.; MOTA, M. R.; SOUZA, C. A.; MIQUELLUTI, D. J., 2010, Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v.32, n.3.

CORRÊA, N. S., 2012 Qualidade fisiológica e bioquímica de cultivares de cebola submetida a concentrações de cloreto de sódio. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia. Pelotas.

CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, G. R.; NETO, N. B. M. 2009, Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas à diferentes soluções osmóticas. Revista de Ciências Agronômicas, Fortaleza, v. 40, n. 4.

DALCHIAVON, F. C.; NEVES, G.; HAGA, K. I., 2016. Efeito do stress salino em sementes de *Phaseolus vulgaris*. Revista de Ciências Agrárias, Mato Grosso, v. 39, n.3.

DEE. 2016. Descrição dos produtos transaccionáveis na bolsa de mercadorias de Moçambique. Maputo: BMM.

DUARTE, D. M.; SILVA, D. C.; ROCHA, E. C.; PEREIRA, H. S.; RODRIGUES, F., 2013, Simulação de déficit hídrico em diferentes genótipos de feijão pela diminuição de potencial osmótico. Revista Processos Químicos, v. 13, n. 6.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F., 2004, Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed.

GARCIA, S. H.; DIANE SIMON ROZZETTO, D. R.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. G., 2012, Simulação de estresse hídrico em feijão pela diminuição do potencial osmótico. Revista de Ciências Agroveterinárias. Lages, v.11, n.1.

GOMES, G. R.; ALMEIDA, L. H. C.; TAKAHASHI, L. S. A., 2015, Efeito do estresse hídrico e salino no vigor e germinação de sementes de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v. 24, n. 1.

GROSSELLI, M., 2016, “Germinação e vigor de sementes de variedades crioulas e convencional de feijão submetidas aos estresses hídrico e salino.” Tese de Licenciatura em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul.

HADAS, A., 1977, A suggested method for testing seed vigor under water stress in simulated arid conditions. Seed Sci. and Techno., v.5.

HENRIQUE, I. G.; BOSQUEIRO, R. O.; KOSTUBO, R. M.; BOTELHO, S. C. C., 2021, Déficit hídrico e germinação de sementes de híbridos de milho. *Nativa, Sinop – Pesquisas Agrárias e Ambientais*, v. 9, n. 3.

HOBBS, P.R.; OBENDORF, R.L. 1972 Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. *Crop Science*, v. 13, n. 7.

LARCHER, W., 2000, *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P., 2008, Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 30, n. 3.

MAGUIRE, J. D., 1972. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2.

MANOHAR, M. S.; MATHUR, M. K., 1975, Effect of temperature and moisture stress in polyethylene glycol solutions, II. Studies on *Dolichos lab* and *Licopersicon esculentum* mil. *Seed Res*, v.3, n.2.

MARCOS, J. F., 1994a, Teste de envelhecimento acelerado.

MARCOS, J. F., 1999b, Testes de vigor: importância e utilização

MARCOS, J. F., 2005c, *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G., 2014, Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.30, n.1.

MCDONALD, M.B.; SULIVAN, J.; LAUER, M.J., 1994, The pathway of water uptake in maize seeds. *Seed Science and Technology*, v. 22, n. 1.

Ministério da Administração Estatal – MAE, 2015. Perfil do distrito do Chokwé, província de Gaza. Moçambique. Disponível em: <http://www.portaldogoverno.gov.mz>, acesso em: 04.03.2022.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L., 2003, Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. *Ciência Rural*, v.33, n.2.

MOTERLE, L. M. et al., 2006, Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. Revista Brasileira de Sementes, v.28, n.3.

NETO, N. B. M.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, F. L., 2006, Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, n. 1.

NAKAGAWA, J., 1999, Testes de vigor baseados nos desempenhos das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates.

OLIVEIRA, A. B.; FILHO, E. G., 2009, Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. Revista Brasileira de Sementes, v.31, n.3.

OLIVEIRA, P. G.; GARCIA, Q. S., 2005, Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). Acta botanica brasílica, Belo Horizonte, v.19, n.3.

PARMER, M.Y.; MOORE, R.P. 1968, Carbowax 6000, manitol and sodium chloride for simulating drought (*Zea mays* L.) of strong and weak vigour. Agronomy Journal, v. 60, n. 2.

QUEIROZ, M.F. 1995, “ Germinação e vigor de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. em diferentes potenciais osmóticos induzidos por polietileno glicol-6000” Tese de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F.; SOUSA, R. K.; BRONDANI, G. E.; ARAÚJO, M. A. M. A; SILVA, A. L. L., 2011, Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, v.2, n.4.

SÁ, M. E., 1999, Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon sculentum* L). Scientia Agricola, Piracicaba, v.56, n.1.

SANTOS, W. C., 2018. “Germinação e vigor de sementes de *Genipa Americana* L. em função do estresse hídrico em diferentes temperaturas” Tese de Licenciatura em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R., 1998, Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.3.

SILVA, R. N.; DUARTE, G. L.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; PEREIRA, A. L. A., 2008, Composição química de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidas a estresse salino na germinação. Revista Brasileira de Sementes, v. 30, n. 1.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L.; MUNIZ, M. F. B.; WRASSE, C. F., 2006, Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v.28, n.2.

TAIZ, L.; ZEIGER, E., 2013, Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed.

TOBE, K.; ZHANG, L.; OMASA, K., 2003, Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non halophytes. Seed Science Research, v.13.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V., 1999, Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.3.

VALENTINI, S. R. T.; PIÑA-RODRIGUES, F. C., 1995, Aplicação do teste de vigor em sementes. IF Série Registro, São Paulo, n.14.

VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J. K., 2006, Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. The Plant Journal, v.45, n.4.

VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B.; RODRIGUES, F., 2017, Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1.

8. ANEXOS

V1P1	V1P3	V2P3	V3P3	V2P1	V3P1
V2P1	V1P2	V1P3	V1P1	V2P4	V1P2
V3P1	V2P2	V3P1	V2P3	V3P2	V2P4
V1P2	V1P4	V2P2	V3P4	V1P4	V3P4
V3P2	V2P3	V3P2	V1P1	V3P3	V2P1
V2P2	V3P3	V1P4	V2P4	V3P4	V1P3

Figura 2: Layout do experimento.

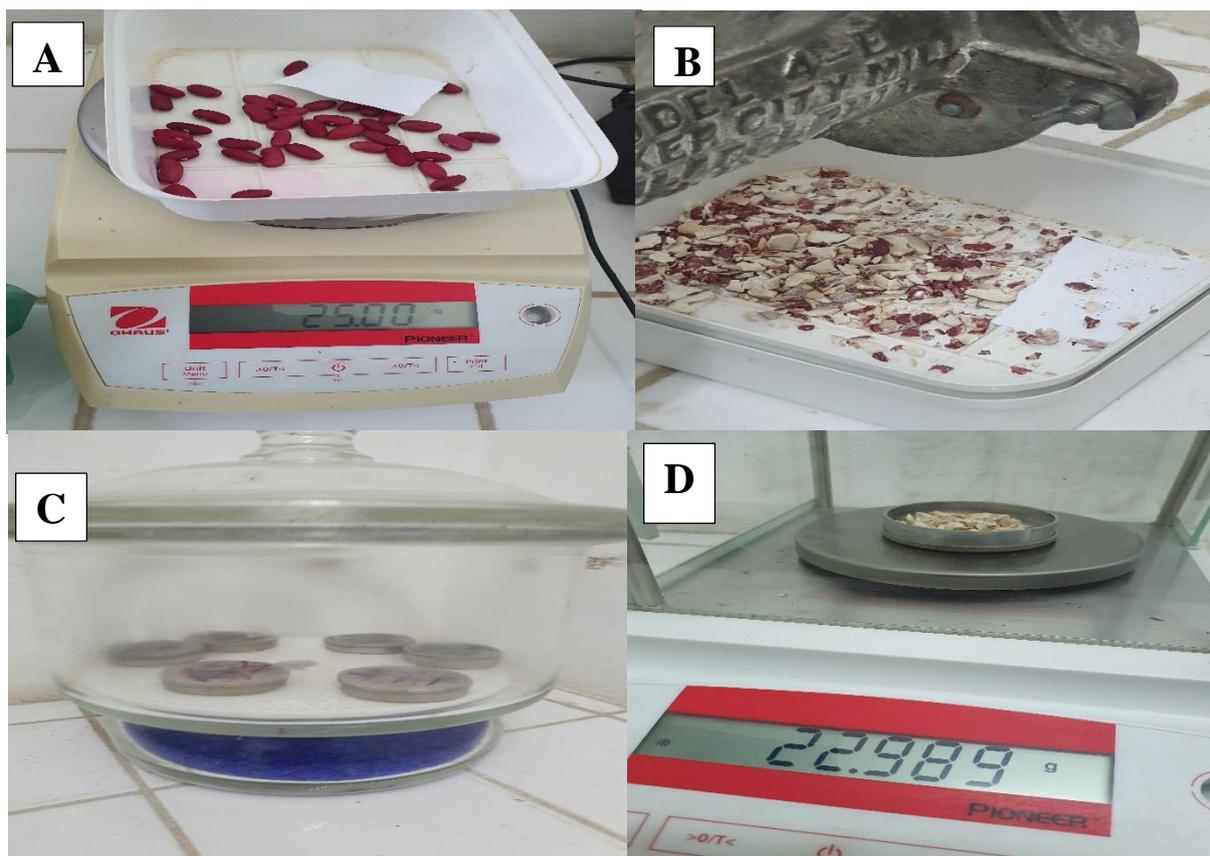


Figura 3: Determinação do teor de humidade das sementes, A – pesagem da amostra de trabalho; B – moagem da semente; C – arrefecimento da semente no dessecador; D – pesagem da semente depois da secagem.

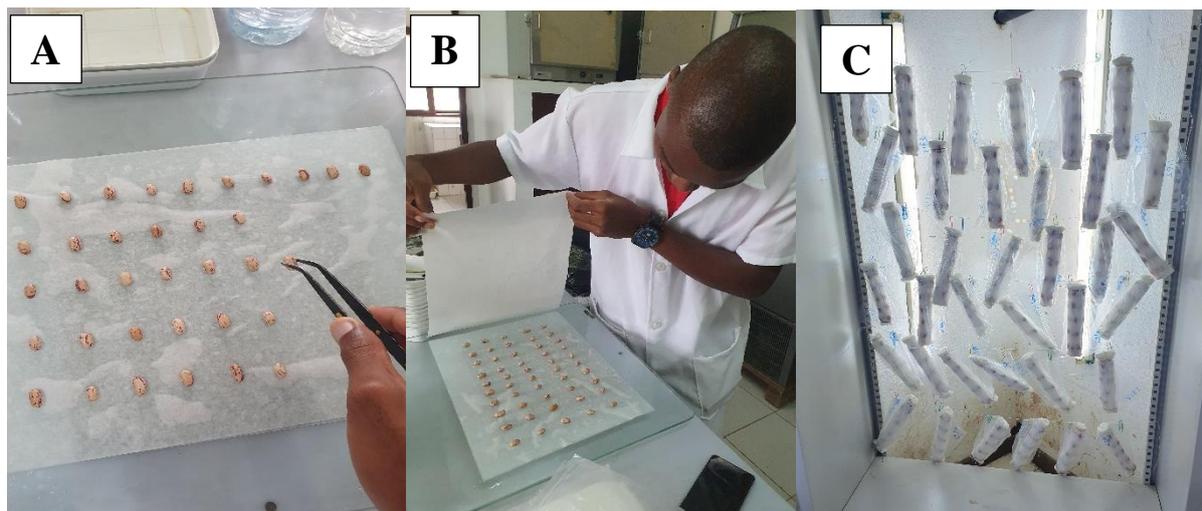


Figura 4: A e B – Momento da sementeira em papeis de germinação; C – unidades experimentais na estufa de germinação.



Figura 5: Comparativo das plântulas normais (A) e anormais (B) das três variedades estudadas, Matina, Kufuna e Tiyela, respectivamente.

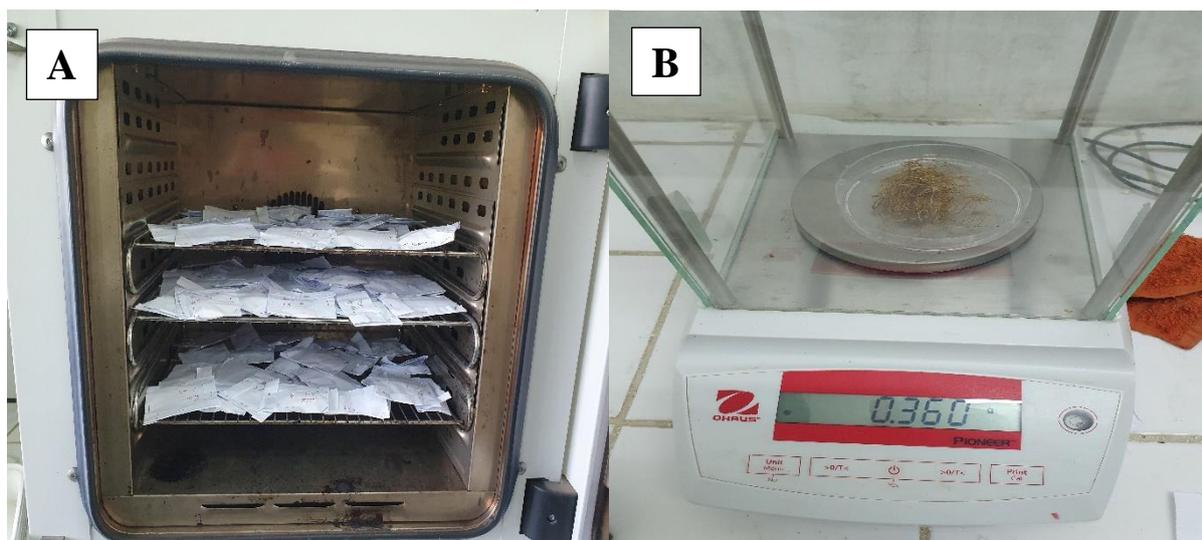


Figura 6: Determinação da massa seca das plântulas: A – secagem das amostras na estufa térmica e B – pesagem de uma das amostras (sistema radicular).