

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
CURSO DE DOUTORADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

MATHEUS SANTIN PADILHA

Vigor em sementes de feijão para superar condições de estresse abiótico

LAGES

2023

MATHEUS SANTIN PADILHA

**VIGOR EM SEMENTES DE FEIJÃO PARA SUPERAR CONDIÇÕES DE ESTRESSE
ABIÓTICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho

LAGES

2023

Padilha, Matheus Santin

Vigor em sementes de feijão para superar condições de estresse abiótico/ Matheus Santin Padilha. -- 2023.

212 p.

Orientadora: Cileide Maria Medeiros Coelho

Tese (Doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2023.

1. *Phaseolus vulgaris* L.. 2. Desempenho fisiológico. 3. Componentes de reserva. 4. Sistema Antioxidante. I. Padilha, Matheus Santin. II. Coelho, Cileide Maria Medeiros. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Vigor em sementes de feijão para superar condições de estresse abiótico.

RESUMO

A mobilização de reservas pode variar de acordo com o genótipo, vigor de sementes e a condição ambiental, sendo necessário determinar as relações entre esses fatores sobre a mobilização das reservas. A pesquisa foi dividida em nove capítulos, com objetivo de avaliar a resposta do vigor de sementes a condições de estresse abiótico. No capítulo 1, foram utilizados sete genótipos de feijão (BAF07, BAF13, BAF23, BAF42, BAF55, BAF81 e BAF112) submetidos a condições de estresse salino e foi possível identificar diferenças no processo de mobilização das reservas e associação do maior vigor do lote com a atividade de alfa-amilase, sendo essa relação dependente do estresse. No capítulo 2, verificou-se a mobilização de proteínas e açúcares solúveis durante a germinação em estresse hídrico dos genótipos BAF07 e BAF55, constatou-se que o genótipo com sementes de maior vigor apresentou maior capacidade de hidrólise e mobilização mesmo em condições de estresse, o que favoreceu o desempenho de plântulas. No capítulo 3, sete genótipos de feijão (BAF07, BAF13, BAF23, BAF42, BAF44, BAF55 e BAF112) foram utilizados e foi verificado que os genótipos possuem tolerância e vigor distintos e esses fatores afetam o desempenho em estresse hídrico e, o aminoácido prolina foi associado ao menor vigor do lote de sementes em condições de estresse hídrico e salino. No capítulo 4, verificou-se a mobilização de proteínas e açúcares solúveis durante a germinação em estresse salino dos genótipos BAF44 e BAF55, constatou-se que o genótipo com sementes de maior vigor apresentou maior capacidade de hidrólise e mobilização mesmo sob condições de estresse, o que favoreceu o melhor desempenho no estresse. No capítulo 5, a mobilização de fósforo foi avaliada sob condições de estresse hídrico no genótipo BAF42 com três níveis de vigor e, foi verificado que as sementes de maior vigor apresentam maior atividade de fitase, contribuiu para a hidrólise do fitato e disponibilização de fósforo. No capítulo 6, três lotes de sementes do genótipo BAF07 foram utilizados com três níveis de vigor e submetidos a estresse hídrico, observou-se que os lotes de maior vigor apresentaram melhor desempenho no estresse, mas sem associação ao sistema antioxidante (i.e., catalase (CAT), ascorbato (APX) e guaiacol peroxidase (GPX)) durante a germinação. No capítulo 7, dois lotes de sementes com vigor distinto do genótipo BAF42 foram submetidas a condições de germinação em estresse térmico (i.e., baixa e alta temperatura) e o lote de sementes de maior vigor apresentou o melhor desempenho fisiológico durante os estresses, sendo esse desempenho associado a mobilização de reservas mais eficaz e não ao sistema antioxidante vegetal. Capítulo 8, as sementes dos genótipos BAF42, BAF44 e BAF55 com dois níveis de vigor, foram submetidas a condições de estresse por frio e, constatou-se que as sementes de maior vigor apresentaram desempenho superior após a condição de estresse por frio e, as sementes de menor vigor demonstraram maior acúmulo de peróxido de hidrogênio e malondialdeído durante a após o estresse imposto, contudo o

sistema antioxidante não apresentou associação com o alto vigor, exceto para a CAT durante o estresse por frio. No capítulo 9, dois lotes de sementes do genótipo BAF55 foram submetidas a condições de estresse salino, e o lote de sementes de vigor superior demonstra melhor desempenho, mas a atividade antioxidante não apresentou relação com o maior vigor, mas observou-se diferença na maior mobilização de reservas e menor dano fisiológico inicial nas sementes utilizadas. Dessa forma, o vigor do lote de sementes favorece a germinação e o desempenho de plântulas durante condições de estresse abiótico.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; Desempenho fisiológico; Componentes de reserva; Sistema antioxidante.

ABSTRACT

COMMON BEAN SEED VIGOR TO OVERCOME ABIOTIC STRESS CONDITIONS

Seed reserve mobilization are dependent of the genotype, seed vigor, and environmental condition, and it is necessary to determine the relationships among these factors on reserve mobilization and antioxidant system under abiotic stresses. The research was divided into nine chapters, aiming to evaluate the response of seed vigor under abiotic stress conditions. Chapter 1: Seven bean genotypes (BAF07, BAF13, BAF23, BAF42, BAF55, BAF81 and BAF112) submitted to salt stress conditions were used and it was possible to identify differences in the process of reserve mobilization and the association of the highest vigor of the batch with the alpha-amylase activity, this relationship being stress dependent. Chapter 2: The mobilization of proteins and soluble sugars during germination under water stress of the genotypes BAF07 and BAF55 was verified, it was found that the genotype with seeds of higher vigor showed higher capacity of hydrolysis and mobilization even under stress conditions, which favored the performance of seedlings. In Chapter 3: Seven common bean genotypes (BAF07, BAF13, BAF23, BAF42, BAF44, BAF55 and BAF112) were used and it was verified that the genotypes have distinct tolerance and vigor and these factors affect the performance under water stress and, the amino acid proline was associated with lower vigor of the seed lot under water and salt stress conditions. In chapter 4 the mobilization of proteins and soluble sugars during germination under salt stress of the genotypes BAF44 and BAF55 was verified, it was found that the genotype with seeds of higher vigor showed higher hydrolysis and mobilization capacity even under stress conditions, which favored the better performance under stress. Chapter 5: Mobilization of phosphorus was evaluated under water stress conditions in the genotype BAF42 with three levels of vigor, and it was verified that the seeds with higher vigor presented higher phytase activity, which contributed to the hydrolysis of phytate and availability of phosphorus. Chapter 6: Three seed lots of the genotype BAF07 were used with three levels of vigor and submitted to hydric stress, it was observed that the more vigorous lots presented better performance in stress and, the antioxidant system (i.e., catalase (CAT), ascorbate (APX) and guaiacol peroxidase (GPX)) were not associated to the higher vigor of the seed lot during germination. Chapter 7: Two seed lots with distinct vigor of genotype BAF42 were subjected to heat stress germination conditions (i.e., low and high temperature) and the higher vigor seed lot showed the best physiological performance during the stresses, this performance being associated with more effective reserve mobilization in higher vigor seeds and not with the plant antioxidant system. Chapter 8: The seeds of the genotypes BAF42, BAF44 and BAF55 with two levels of vigor, were submitted to cold stress conditions and it was found that the seeds of higher vigor presented superior performance after the cold stress condition and the seeds of lower vigor showed higher accumulation of hydrogen peroxide and malondialdehyde during the after stress imposed, however the antioxidant system showed no

association with the high vigor, except for CAT during the cold stress. Chapter 9: Two lots of seeds of the genotype BAF55 were submitted to salt stress conditions and the lot of seeds with higher vigor showed better performance, in which, the antioxidant activity showed no relationship with the higher vigor or the better performance obtained by the seeds with higher vigor, being the difference observed the result of the greater mobilization of reserves and less initial physiological damage in the seeds used. Thus, seed lot vigor favors germination and seedling performance during abiotic stress conditions.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; Physiological performance; Reserve compounds; Antioxidant system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Redução de reservas da semente (RRS), taxa de redução de reservas (TRRS), massa seca de plântulas (MSP), taxa de mobilização de reservas (TMR), atividade da enzima alfa-amilase e taxa de redução de amido (TRA) em genótipos de feijão avaliadas em condições de ausência (Controle) e presença de estresse salino (NaCl). Barras seguidas de mesma letra minúscula dentro do tratamento não apresentam diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade 45
- Figura 2 – Análise de componentes principais referente a formação de plântulas no controle (a) e em estresse salino (50 mmol L^{-1}) (b) e a associação entre os parâmetros avaliados. O CP1 e CP2 são o primeiro e o segundo componente principal, respectivamente..... 48
- Figura 3 – Mobilização de biomassa seca durante a germinação e formação de plântulas de feijão nos períodos de dois, quatro, seis e oito dias com ausência de estresse (Controle) e com presença de estresse hídrico (PEG -0,1 MPa) para os genótipos BAF07 e BAF55. Massa seca de plântulas (MSP) (a, b), comprimento de plântula (CP) (c, d), massa seca restante em cotilédones (MSRC) (e, f), gasto metabólico (GM) (g, h). *:representa diferença significativa entre os genótipos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 57
- Figura 4 – Proteína (a) e amido (b) remanescente em cotilédones durante a formação de plântulas de feijão nos períodos de 0, 2, 4, 6 e 8 dias com ausência de estresse (Controle) e com presença de estresse hídrico (PEG -0,1 MPa), para os genótipos BAF07 e BAF55. *:representa diferença significativa entre os genótipos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 59
- Figura 5 – Atividade de alfa-amilase em cotilédones durante a formação de plântulas de feijão nos períodos de 0, 2, 4, 6 e 8 dias de germinação com ausência de estresse (Controle) e com presença de estresse hídrico (PEG -0,1 MPa), para os genótipos BAF07 e BAF55. *:representa diferença significativa entre os genótipos no tempo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro..... 60
- Figura 6 – Açúcar solúvel total em cotilédones (a, b) e eixo embrionário (c, d) durante a formação de plântulas de feijão nos períodos de 0, 2, 4, 6 e 8 dias com ausência de estresse (Controle) e com presença de estresse hídrico (PEG -0,1 MPa), para

	os genótipos BAF07 e BAF55. *:representa diferença significativa entre os genótipos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	62
Figura 7 –	Proteínas solúveis em cotilédones (a, b) e em eixo embrionário (c, d) durante a formação de plântulas de feijão nos períodos de 0, 2, 4, 6 e 8 dias com ausência de estresse (Controle) e com presença de estresse hídrico (PEG -0,1 MPa), para os genótipos BAF07 e BAF55. *:representa diferença significativa entre os genótipos no tempo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.	64
Figura 8 –	Diagrama de caixa demonstrando a variação e influência dos estresses salino (NaCl 150mmol/L) e hídrico (Polietileno Glicol (PEG) -0,2 MPa) sobre o comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total (CT), massa seca de raiz (MSR), massa seca de hipocótilo (MSH) e massa seca total (MST) de plântulas de o número de raízes secundárias (NRS), taxa de redução de reservas (TRRS), taxa de mobilização de reservas (TMR) feijão aos 10 dias após a montagem do teste.	73
Figura 9 –	Diagrama de caixa demonstrando a variação e influência dos estresses salino (NaCl 150mmol/L) e hídrico (Polietileno Glicol (PEG) -0,2 MPa) sobre o teor de umidade (a) e teor de prolina livre de plântulas de feijão aos 10 dias após a montagem do teste.....	74
Figura 10 –	Comprimento de plântulas (CP), massa seca de plântulas (MSP) e redução de reservas da semente (RRS) avaliados durante a germinação em condição de ausência de estresse (controle) e presença de estresse salino (NaCl) para os lotes dos genótipos BAF44 e BAF55. *:indica diferença significativa entre os lotes dentro do tempo de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	88
Figura 11 –	Redução de amido e redução de proteína total avaliados durante a germinação em condição de ausência de estresse (controle) e presença de estresse salino (NaCl) para os lotes dos genótipos BAF44 e BAF55. *:indica diferença significativa entre os lotes dentro do tempo de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	89
Figura 12 –	Atividade da alfa-amilase (α) avaliada durante a germinação em condição de ausência de estresse (controle) (a) e presença de estresse salino (NaCl) (b) para os lotes dos genótipos BAF44 e BAF55. *:indica diferença significativa entre os lotes dentro do tempo de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	90
Figura 13 –	Açúcares solúveis totais (AST) avaliados em cotilédones (a, b) e eixo embrionário (c, d) durante a germinação em condição de ausência de estresse (controle) e	

- presença de estresse salino (NaCl) para os lotes dos genótipos BAF44 e BAF55. *:indica diferença significativa entre os lotes dentro do tempo de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 92
- Figura 14 – Proteínas solúveis (PS) avaliadas em cotilédones (a, b) e eixo embrionário (c, d) durante a germinação em condição de ausência de estresse (controle) e presença de estresse salino (NaCl) para os lotes dos genótipos BAF44 e BAF55. *:indica diferença significativa entre os lotes dentro do tempo de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 94
- Figura 15 – Eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) de cotilédones durante a germinação em condição de ausência de estresse (a) e presença de estresse salino (NaCl) (b) para os lotes dos genótipos BAF44 e BAF55 nos tempos de germinação de zero (0d), um (1d), três (3d), cinco (5d) e sete dias (7d). M: marcador de massa molecular..... 95
- Figura 16 – Concentração de prolina em plântulas de feijão aos seis dias após a semeadura provenientes de lotes de alto, médio e baixo vigor em condições de ausência de estresse (Controle) e estresse hídrico (PEG). Médias seguidas de mesma letra minúscula na condição de germinação não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro..... 104
- Figura 17 – Comprimento de total de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de feijão aos dois, quatro e seis dias após a semeadura provenientes de lotes de alto, médio e baixo vigor em condições de ausência de estresse (controle) e presença de estresse hídrico. Médias seguidas de mesma letra minúscula no tempo de germinação não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade..... 105
- Figura 18 – Porcentagem de germinação aos nove dias, comprimento total (CT), massa seca de plântulas (MSP), redução de reservas da semente (RRS), atividade de alfa-amilase e eficiência de uso de reservas da semente (EURS) obtidas nas diferentes temperaturas de germinação para o lote de alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) aos cinco dias de germinação. *indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os lotes de sementes utilizados. A linha sólida e a linha pontilhada representam a regressão quadrática obtida para os lotes de sementes de alto vigor e baixo vigor, respectivamente. 119
- Figura 19 – Malondialdeído (MDA) determinados aos cinco dias de germinação em plântulas e cotilédones das sementes de alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) submetidas a

- germinação em 15°C, 18°C, 25°C, 32°C e 35°C. *indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os lotes de sementes utilizados. A linha sólida e a linha pontilhada representam a regressão quadrática obtida para os lotes de sementes de alto vigor e baixo vigor, respectivamente. 122
- Figura 20 – Catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e guaiacol peroxidase (GPX) determinadas aos cinco dias de germinação em plântulas e cotilédones das sementes de alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) submetidas a germinação em 15°C, 18°C, 25°C, 32°C e 35°C. *indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os lotes de sementes utilizados. A linha sólida e a linha pontilhada representam a regressão quadrática obtida para os lotes de sementes de alto vigor e baixo vigor, respectivamente. 123
- Figura 21 – Teor de prolina livre em plântulas e em cotilédones durante a germinação de sementes de feijão avaliados aos 4 e 7 dias em condições de ausência e presença de déficit hídrico. 134
- Figura 22 – Malondialdeído (MDA), guaiacol peroxidase (GPX), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) avaliados aos 4 dias de germinação em plântula e cotilédones nas condições de presença e ausência (controle) de déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra na condição de germinação não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade 136
- Figura 23 – Malondialdeído (MDA), guaiacol peroxidase (GPX), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) avaliados aos sete dias de germinação em plântula e cotilédones em condições de presença e ausência de déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra na condição de germinação não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 137
- Figura 24 – Malondialdeído (MDA), guaiacol peroxidase (GPX), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) e prolina avaliados aos sete dias de germinação em raízes e hipocótilo em condições de ausência (controle) e presença de déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra na condição de germinação não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 139
- Figura 25 – Procedimento de execução para determinar a resposta fisiológica de sementes sob condições de estresse por frio e após a submissão por estresse por frio. Malondialdeído (MDA); Peróxido de hidrogênio (H₂O₂); Catalase (CAT); Ascorbato peroxidase (APX); guaiacol peroxidase (GPX); massa seca de plântulas

	(MSP); comprimento de raiz (CR); comprimento de hipocótilo (CH); comprimento total (CT).....	145
Figura 26 –	Agrupamento dos lotes utilizados considerando os parâmetros fisiológicos avaliados.....	152
Figura 27 –	Análise de componentes principais demonstrando a associação entre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos com os grupos de vigor formados pela análise de agrupamento, considerando as avaliações no eixo embrionário na saída do estresse por frio (a) e em plântulas avaliadas quatro dias após a condição de estresse por frio (b).	153
Figura 28 –	Taxa de redução de amido (TRA) e atividade de alfa-amilase avaliada em cotilédones para os lotes de sementes com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) do genótipo BAF55 em condições de estresse salino aos cinco dias de germinação. *:indica diferença significativa entre os níveis de vigor.	165
Figura 29 –	Concentração de prolina determinado em hipocótilo (a), raiz (b) e cotilédones (c) aos cinco dias de germinação os lotes de sementes com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) do genótipo BAF55 em condições de estresse salino. *:indica diferença significativa entre os níveis de vigor.....	166
Figura 30 –	Concentração de malondialdeído (MDA) e peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) determinado em hipocótilo (a, d), raiz (b, e) e cotilédones (c, f) aos cinco dias de germinação para os lotes de sementes com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) do genótipo BAF55 em condições de estresse salino. *:indica diferença significativa entre os níveis de vigor.....	167
Figura 31 –	Atividade de guaiacol peroxidase (GPX), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) em hipocótilo (a, d, g), raiz (b, e, h) e cotilédones (c, f, i) aos cinco dias de germinação para os lotes de sementes com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) do genótipo BAF55 em condições de estresse salino. *:indica diferença significativa entre os níveis de vigor.....	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de produtividade, área plantada e produção total de grão de feijão no Brasil das safras 2021/2022-2022/2023.	26
Tabela 2 – Maiores produtores brasileiros da cultura do feijão.....	26
Tabela 3 – Germinação, índice de vigor e comprimento total de plântulas (CP) obtidos para os lotes de sementes dos genótipos de feijão avaliadas em condições de ausência (Controle) e presença de estresse salino 50 mmol L ⁻¹ (NaCl).....	42
Tabela 4 – Massa seca de sementes (MSS), massa seca restante nos cotilédones (MSRC), quantidade de amido antes da germinação (Amido Inicial) e após cinco dias de germinação (Amido Final) para os lotes de sementes dos genótipos de feijão avaliadas em condições de ausência (Controle) e presença (NaCl) de estresse salino.	44
Tabela 5 – Envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total (CT) e índice de vigor (IV), obtidos para os genótipos avaliadas.	55
Tabela 6 – Porcentagem de germinação, teor de prolina em cotilédones e grau de umidade em cotilédones (GU) em condições ótimas (Controle) e sob estresse hídrico (PEG), obtidos para os genótipos BAF07 e BAF 55.....	56
Tabela 7 – Comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total (CT), crescimento (C), uniformidade (U), índice de vigor (IV) das cultivares utilizadas.....	71
Tabela 8 – Primeira contagem de germinação (PCG) e porcentagem de germinação (G) em condições sem estresse (controle), estresse salino (NaCl) e estresse hídrico (PEG) para os genótipos avaliadas.	71
Tabela 9 – Índice de resposta cumulativa ao estresse salino (IRCES) e índice de resposta cumulativa ao estresse hídrico (IRCEH) entre os genótipos utilizadas.	75
Tabela 10 – Comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total (CT), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSH) e massa seca total (MST), número de raízes secundárias (NRS), taxa de mobilização de reservas (TMR) e taxa de redução de reservas (TRRS) em condição sem estresse (Água), estresse salino (NaCl) e estresse hídrico (PEG) para os genótipos avaliados aos 10 dias após a montagem do teste.	76

Tabela 11 – Coeficiente de correlação de Pearson (r) para as variáveis analisadas e a sua associação com o vigor inicial do lote de sementes em condições de estresse salino (NaCl) e estresse hídrico (PEG).....	78
Tabela 12 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) referente aos parâmetros associados ao desempenho de plântulas e a concentração de prolina em plântulas de diferentes genótipos de feijão.	79
Tabela 13 – Peso de mil sementes (PMS), teor de amido, teor de proteína total, primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), emergência a campo (EC), germinação em solução salina (GNaCl), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP).....	87
Tabela 14 – Qualidade fisiológica dos lotes do genótipo BAF42 utilizados em relação a germinação (G), germinação em estresse hídrico (GPEG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento total aos 3 dias (CT _{3dias}), massa seca de plântulas aos 3 dias (MSP _{3dias}) e índice de vigor (IV).....	103
Tabela 15 – Fósforo inorgânico (g Kg ⁻¹) cotilédones de sementes de feijão com vigor alto, médio e baixo durante a germinação nos tempos de embebição de zero, dois, quatro e seis dias em condições de ausência de estresse hídrico (Controle) e presença de estresse hídrico.	106
Tabela 16 – Fósforo inorgânico (g Kg ⁻¹) em eixo embrionário de sementes de feijão com vigor alto, médio e baixo durante a germinação nos tempos de embebição de zero, dois, quatro e seis dias em condições de ausência de estresse hídrico (Controle) e presença de estresse hídrico.	107
Tabela 17 – Teor de fitato (g Kg ⁻¹) durante a germinação dos lotes de sementes de feijão de alto, médio e baixo vigor.....	107
Tabela 18 – Atividade da enzima fitase (U mg ⁻¹ proteína) durante a germinação dos lotes de sementes de feijão de alto, médio e baixo vigor sob condições de ausência (Controle) e presença de estresse hídrico.....	109
Tabela 19 – Caracterização fisiológica referente aos lotes de sementes utilizados indicando o envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raiz (CR _{3dias}), comprimento de hipocótilo (CH _{3dias}), comprimento total (CT _{3dias}) e índice de vigor (IV _{3dias}) dos lotes com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) utilizados.....	117
Tabela 20 – Análise de regressão determinada para as variáveis porcentagem de germinação, comprimento total (CT), massa seca de plântulas (MSP), redução de reservas da semente (RRS), atividade de alfa-amilase e eficiência de uso de reservas da	

	semente (EURS) para alto e baixo vigor nas temperaturas de 15°C, 18°C, 25°C, 32°C e 35°C demonstrando o coeficiente de determinação (R^2) e a significância da curva de regressão.	117
Tabela 21 –	Análise de regressão determinada para as variáveis Malondialdeído (MDA), Catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e guaiacol peroxidase (GPX) determinadas aos cinco dias de germinação em plântulas e cotilédones das sementes de alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) submetidas a germinação em 15°C, 18°C, 25°C, 32°C e 35°C, demonstrando o coeficiente de determinação (R^2) e a significância da curva de regressão.	121
Tabela 22 –	Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação de sementes do genótipo BAF07 com diferentes níveis de vigor (alto (AV), médio (MV) e baixo (BV)).	132
Tabela 23 –	Comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total (CT) e massa seca de plântulas (MSP) avaliados nos períodos de 4 e 7 dias de germinação em condições de ausência de déficit hídrico (controle) e presença de déficit hídrico.	133
Tabela 24 –	Redução de reservas de cotilédones (RRC) avaliados nos períodos de 4 e 7 dias de germinação em condições de ausência de déficit hídrico (controle) e presença de déficit hídrico.	134
Tabela 25 –	Primeira contagem de germinação (PCG), plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM) dos lotes de sementes dos genótipos BAF55, BAF44 e BAF42 com contraste no vigor dos lotes utilizados em condições de ausência de frio e após estresse por frio.	148
Tabela 26 –	Desempenho de plântulas aos quatro dias após a condição de estresse por frio por sete dias à 5°C, demonstrando o comprimento de raiz (CR_{Frio}), hipocótilo (CH_{Frio}), total (CT_{Frio}) e massa seca de plântulas (MSP_{Frio}) para os lotes dos genótipos BAF55, BAF44 e BAF42 com contraste no vigor.	149
Tabela 27 –	Catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (GPX) e malondialdeído (MDA) avaliados em eixo embrionário após o estresse por frio por 7 dias a 5°C (Após o Estresse) e aos 4 dias de germinação após o estresse por frio por 7 dias a 5°C (4d após o estresse) dos genótipos BAF55, BAF44 e BAF42 com contraste no vigor dos lotes utilizados.	151

Tabela 28 – Germinação dos lotes de sementes do genótipo BAF55 com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) submetidos a condições de estresse por cloreto de sódio (NaCl).	162
Tabela 29 – Comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total (CT), massa seca de raiz (MSR), massa seca de hipocótilo (MSH), massa seca total (MST), proporção de mobilização de reservas para raiz (PMRR), hipocótilo (PMRH), relação raiz e hipocótilo (RH), massa seca remanescente em cotilédones (MSRC), redução de reservas da semente (RRS) e eficiência de uso de reservas da semente (EURS) dos lotes de semente com alto vigor (AV) e baixo vigor (BV) submetidos a condições de estresse por cloreto de sódio (NaCl).....	164
Tabela 30 – Malondialdeído (MDA) determinado em eixo embrionário e cotilédones dos lotes de sementes de alto e baixo vigor após o envelhecimento artificial.	171

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
1.1	OBJETIVO GERAL	23
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1	FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.): IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA	25
2.2	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES.....	27
2.3	GERMINAÇÃO E FORMAÇÃO DE PLÂNTULAS	29
2.4	ESTRESSE ABIÓTICO E VIGOR DE SEMENTES	32
3	CAPÍTULO 1 – VIGOR E ATIVIDADE DE ALFA-AMILASE EM SEMENTES DE FEIJÃO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO	37
3.1	RESUMO.....	37
3.2	INTRODUÇÃO	37
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.5	CONCLUSÃO	49
4	CAPÍTULO 2 – MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO EM CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA .	50
4.1	RESUMO.....	50
4.2	INTRODUÇÃO	50
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	52
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.5	CONCLUSÃO	65
5	CAPÍTULO 3 – PROLINA, GENÓTIPO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO DURANTE A GERMINAÇÃO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO E SALINO	66
5.1	RESUMO.....	66
5.2	INTRODUÇÃO	66
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	68
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
5.5	CONCLUSÕES	80
6	CAPÍTULO 4 – MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO	81
6.1	RESUMO.....	81
6.2	INTRODUÇÃO	81
6.3	MATERIAL E MÉTODOS	83
6.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
6.5	CONCLUSÃO	96
7	CAPÍTULO 5 – VIGOR DE SEMENTES E ATIVIDADE DE FITASE DURANTE A FORMAÇÃO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA	98
7.1	RESUMO.....	98
7.2	INTRODUÇÃO	98
7.3	MATERIAL E MÉTODOS	100
7.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
7.5	CONCLUSÃO	110
8	CAPÍTULO 6 – RESPOSTA ANTIOXIDANTE DE SEMENTES DE FEIJÃO COM CONTRASTE NO VIGOR DURANTE A GERMINAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE TÉRMICO.....	111
8.1	RESUMO.....	111

8.2	INTRODUÇÃO.....	111
8.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	113
8.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	117
8.5	CONCLUSÃO.....	125
9	CAPÍTULO 7 – RESPOSTA FISIOLÓGICA DO VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO DURANTE A GERMINAÇÃO SOB Deficit HÍDRICO	127
9.1	RESUMO.....	127
9.2	INTRODUÇÃO.....	127
9.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	129
9.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	131
9.5	CONCLUSÃO.....	140
10	CAPÍTULO 8 – ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E O VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO APÓS ESTRESSE POR FRIO.....	141
10.1	RESUMO.....	141
10.2	INTRODUÇÃO.....	141
10.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	143
10.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	147
10.5	CONCLUSÃO.....	155
11	CAPÍTULO 9 – RESPOSTA FISIOLÓGICA E ANTIOXIDANTE DO VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO DURANTE A GERMINAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO	156
11.1	RESUMO.....	156
11.2	INTRODUÇÃO.....	156
11.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	158
11.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	162
11.5	CONCLUSÃO.....	172
12	CONCLUSÃO.....	173
13	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	174
	REFERÊNCIAS.....	175
	APÊNDICES	193
	APÊNDICE A – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 1	193
	APÊNDICE B – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 2	195
	APÊNDICE C – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 3	202
	APÊNDICE D – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 4	204
	APÊNDICE E – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 5	205
	APÊNDICE F – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 6	207
	APÊNDICE G – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 7.....	208
	APÊNDICE H – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 8.....	210
	APÊNDICE I – ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CAPÍTULO 9	212

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é produzido e consumido principalmente nos países em desenvolvimento da América Latina, África e Ásia, sendo um alimento essencial para essas regiões como uma importante fonte de proteínas, carboidratos, fibras e minerais (NADEEM *et al.*, 2021). O cultivo de feijão é comumente realizado em regiões expostas a altas e baixas temperaturas, salinidade dos solos e seca (DUTTA *et al.*, 2018), os quais afetam a emergência, crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas (HAMPTON *et al.*, 2016; CASSIA *et al.*, 2018). O efeito desses estresses é dependente do momento em que ocorre, da intensidade do estresse e a espécie, podendo causar danos significativos e irreversíveis durante o processo de produção (WANG; FREI, 2011).

O uso de sementes com maior qualidade favorece o melhor desempenho das culturas agrícolas e, a qualidade de sementes é definida pelos parâmetros fisiológicos, físicos, sanitários e genéticos de um lote de sementes (MARCOS-FILHO, 2015b). Dentre esses, o parâmetro fisiológico (i.e., germinação e vigor) é estudado com maior frequência na literatura, visto que, pode ser utilizado como uma estratégia para evitar a perda de desempenho durante a emergência e formação de plântulas. As pesquisas associadas ao vigor de sementes de feijão demonstram que o vigor é uma característica é influenciada pelo genótipo (SHAIBU; IBRAHIM, 2016; GINDRI *et al.*, 2017), condições de produção e armazenamento (MARCOS-FILHO, 2015a, HAMPTON *et al.*, 2016; PINHEIRO *et al.*, 2020; MAITY *et al.*, 2023), sendo necessário cuidados específicos durante a escolha do genótipo e o processo de produção para evitar a perda da qualidade fisiológica de sementes.

O vigor é definido como o conjunto de atributos que determina o potencial para a emergência rápida, uniforme e completa de plântulas normais em uma ampla variação de condições ambientais (ISTA, 2014; MARCOS-FILHO, 2015a) e, esse conceito é baseado na maior capacidade de superação de estresses abióticos apresentada por sementes com vigor superior (MARCOS-FILHO, 2015b). Essa resposta do maior vigor do lote de sementes é verificada em condições de estresse hídrico, salino (PADILHA; COELHO; SOMMER, 2022), altas e baixas temperaturas (SBRUSSI; ZUCARELLI, 2014), sendo determinante para o melhor desempenho nessas condições.

Para que ocorra a formação de plântulas durante o processo de germinação, os compostos armazenados na semente como carboidratos, proteínas, lipídeos e fitato são hidrolisados e mobilizados em compostos que sejam possíveis de serem utilizados pelo embrião

(NONOGAKI, 2008). Entretanto, o processo de mobilização possui um controle fisiológico, bioquímico e fisiológico, o qual pode variar de acordo com o genótipo e as condições ambientais e, em condições de estresse ocorre redução da mobilização de reservas e desempenho durante a germinação (SOLTANI; GHOLIPOOR; ZEINALI, 2006; CHENG *et al.*, 2013a; PADILHA; COELHO; SOMMER, 2022) e, em geral, as sementes com maior vigor apresentam maior potencial de utilização dessas reservas, o que confere melhor desempenho (ANDRADE; COELHO, PADILHA, 2019; NERLING; COELHO; BRUMMER, 2022), contudo é necessário detalhar como as sementes de alta qualidade fisiológica realizam a mobilização e utilização das reservas em condições ambientais desfavoráveis (i.e., estresses abióticos), podendo ser uma resposta determinante para explicar as diferenças entre os lotes com vigor distinto.

Durante condições de estresse abióticos ocorre a perda da homeostase celular e, as plantas desenvolveram diversas estratégias para adaptação e superação desses estresses. Dentre essas estratégias ocorre a alteração em compostos (e.g., prolina, ácido ascórbico, carotenoides) e enzimas (e.g., catalase, peroxidases) que se apresentam como uma resposta coincidente em diversos estresses abióticos, sendo em geral, chamado de sistema antioxidante enzimático e não enzimático os quais buscam manter a homeostase durante a condição de estresse (SOARES *et al.*, 2019; BHAT *et al.*, 2022). O sistema antioxidante é uma estratégia para realizar o controle de espécies reativas de oxigênio (e.g., H_2O_2) as quais geram dano oxidativo em proteínas, lipídeos, organelas, DNA e RNA (MITTLER, 2017; XING *et al.*, 2023). A maior atividade antioxidante é verificada em plantas sob condições de estresse hídrico, salino, calor e frio, indicando a reposta antioxidante nessas condições e associado a maior capacidade de superação desses estresses, favorecendo o desempenho das plantas (BHAT *et al.*, 2022; LAXA *et al.*, 2019; NADARAJAH, 2020).

A relação entre mobilização de reservas das sementes e a atuação do sistema antioxidante em condições de estresse abiótico durante a germinação não são bem definidas, principalmente quando comparado entre lotes com níveis de vigor contrastante. Segundo Yu, Ho e Lo (2015), Thalmann e Santelia (2017) as enzimas envolvidas na hidrólise de reservas podem ser alteradas em condições de estresse abiótico, resultando em mudanças durante a degradação de um componente específico. De forma semelhante, é possível que a atividade antioxidante explique a capacidade de superação de estresses pelas sementes de alto vigor (MARCOS-FILHO, 2015b) atuando como diferencial entre os lotes de alto vigor, o que favorece a atividade de hidrólise, mobilização de reservas e conseqüentemente a formação de plântulas com desempenho superior mesmo sob condições de estresse abiótico por favorecer a

manutenção da homeostase vegetal. Desta forma, tem-se como hipótese geral do trabalho de que as sementes de maior vigor quando submetidas a condições de estresse abiótico durante a germinação, apresentam maior atividade enzimática associada a hidrólise de reservas e maior capacidade antioxidante, o que favorece as reações metabólicas e o melhor desempenho durante a germinação.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as diferenças associadas à hidrólise, mobilização das reservas e capacidade antioxidante em sementes e plântulas de feijão com contraste no vigor durante condições de estresse abiótico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a importância da hidrólise e mobilização de reservas presentes em sementes para a superação de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas durante a germinação;

Avaliar a relação da atividade de alfa-amilase associada a hidrólise de componentes de reserva com o vigor do lote de sementes em condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Verificar o efeito dos estresses abióticos durante o processo de germinação e mobilização de reservas;

Determinar a relação entre genótipo e o vigor de sementes em condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Determinar as diferenças fisiológicas que as sementes com níveis de vigor distintos demonstram durante condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Determinar os parâmetros fisiológicos de desempenho de plântulas associados ao vigor de sementes em condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Determinar a resposta do sistema antioxidante vegetal em cotilédones e plântulas submetidas a condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Determinar a associação entre atividade do sistema antioxidante e o vigor do lote de sementes durante a germinação em condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Verificar a influência do sistema antioxidante sob a formação de plântulas com melhor desempenho em condições de estresse hídrico, salino, altas e baixas temperaturas;

Determinar a relação entre a atividade antioxidante, a mobilização de reservas e o vigor do lote de sementes.

3 CAPÍTULO 1 – VIGOR E ATIVIDADE DE ALFA-AMILASE EM SEMENTES DE FEIJÃO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO ¹

3.1 RESUMO

As sementes com alto vigor possuem maior capacidade de hidrólise e mobilização das reservas armazenadas resultando na formação de plântulas vigorosas, sendo esse comportamento observado em condições de estresse abiótico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação da enzima alfa-amilase em lotes de sementes de feijão com contraste no vigor quando submetidos a condições de ausência e presença de estresse salino, buscando identificar a relação desta enzima com o vigor do lote de sementes nessas condições. Sete genótipos de feijão foram utilizados. A qualidade fisiológica foi determinada pela germinação, índice de vigor e comprimento de plântulas. A mobilização de reservas foi avaliada em condições com ausência e presença de estresse salino simulado com solução de NaCl com concentração de 50 mmol L⁻¹. As variáveis analisadas referentes a mobilização de reservas foram a redução das reservas, taxa de redução das reservas, massa seca de plântulas, taxa de mobilização de reservas, amido, taxa de redução de amido e atividade da alfa-amilase. Os resultados demonstraram que a condição de estresse afetou negativamente todas as variáveis avaliadas, contudo, os genótipos classificados como de maior vigor apresentaram melhor desempenho fisiológico sob o estresse. A alfa-amilase apresentou associação positiva com o vigor do lote de sementes favorecendo a utilização das reservas. O estresse salino em sementes de feijão afeta o desempenho de plântulas e reduz a atividade da alfa-amilase durante a germinação e, os lotes de sementes com alto vigor apresentaram maior atividade da enzima em ambas as condições

3.2 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é produzido e consumido principalmente nos países em desenvolvimento da América Latina, África e Ásia, sendo uma das leguminosas com maior importância mundial devido ao seu uso para a alimentação humana como fonte de amido, proteína, fibras e minerais (MUKANKUSI *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2016).

O cultivo do feijão é comumente realizado em regiões áridas e semiáridas, suscetíveis à salinização natural dos solos (DUTTA *et al.*, 2018). Os solos que apresentam salinidade podem comprometer a produtividade agrícola devido aos efeitos negativos na germinação, afetando o estande de plantas, comprimento de raízes, parte aérea e acúmulo de biomassa (LIANG *et al.*,

¹ Artigo Publicado na revista Semina: Ciências Agrárias (10.5433/1679-0359.2021v42n6SUPL2p3633)

4 CAPÍTULO 2 – MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO EM CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA

4.1 RESUMO

O processo de mobilização de reservas é um processo determinante durante a germinação e formação de plântulas. Esse processo pode ser comprometido em condições de estresse hídrico resultando em perdas de estande de plantas. O uso de sementes de alto vigor pode favorecer a superação do estresse relacionado a restrição hídrica durante a formação de plântulas devido a maior capacidade de mobilização de reservas para formar plântulas de melhor desempenho. O objetivo deste trabalho foi identificar como ocorre a utilização das reservas armazenadas em sementes de feijão durante uma condição estresse hídrico, buscando identificar a diferença na hidrólise e mobilização de reservas entre as sementes com vigor superior. Foram utilizadas sementes dos genótipos BAF55 (Alto vigor) e BAF07 (Baixo vigor). As avaliações foram realizadas aos dois, quatro, seis e oito dias de germinação. As variáveis avaliadas foram o comprimento e massa seca de plântulas, gasto metabólico, amido, proteína total, açúcares solúveis, proteínas solúveis e atividade de alfa-amilase. As sementes com maior vigor apresentaram maior massa seca e comprimento de plântulas mesmo quando submetidas a condições de estresse hídrico, resultado da maior hidrólise e mobilização de açúcares solúveis e uso das proteínas solúveis. As sementes de maior vigor apresentam maior capacidade de hidrólise e utilização de proteínas solúveis e açúcares solúveis, o que resulta em plântulas de melhor desempenho em condições de estresse hídrico.

4.2 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais leguminosas cultivadas mundialmente. Com as mudanças climáticas observadas ao longo dos últimos anos, a presença de restrição hídrica durante o ciclo das culturas afeta negativamente o crescimento e desenvolvimento (HEMPTON *et al.*, 2016).

A semeadura é um dos processos determinantes para a garantia da produção, em que, a redução do estande de plantas pode resultar em perdas na produção de grãos em mais de 15% (STRUKER *et al.*, 2019). Em condições de estresse hídrico a absorção de água é afetada devido ao baixo potencial hídrico do solo, resultando em atraso na protrusão radicular, redução da

5 CAPÍTULO 3 – PROLINA, GENÓTIPO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO DURANTE A GERMINAÇÃO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO E SALINO²

5.1 RESUMO

Dentre as principais causas da redução na porcentagem de emergência a campo, está a ocorrência de estresses abióticos, especialmente o estresse hídrico e salino. Ambos causam estresse osmótico e induzem a produção de prolina livre. Diversos estudos associam a maior concentração de prolina com a tolerância de genótipos a esses estresses. Entretanto é necessário determinar como o genótipo e o vigor influenciam na superação dos estresses, e como a concentração de prolina interage com esses fatores. O objetivo deste trabalho foi avaliar como as sementes de alto vigor toleram os estresses hídrico e salino, assim como determinar se existe associação do aminoácido prolina com as sementes de maior vigor. Foram utilizados os genótipos BAF07, BAF13, BAF23, BAF42, BAF44, BAF55 e BAF112, as quais foram submetidas a germinação em estresse hídrico (Polietileno glicol -0,2 Mpa) e salino (150 mmol L⁻¹). Aos 10 dias após a semeadura foram avaliados o comprimento, massa seca das plântulas e capacidade de mobilização de reservas, assim como o teor de prolina livre das plântulas. Os resultados demonstraram que as sementes de alto vigor favoreceram a superação dos estresses, formando plântulas com maior massa e comprimento, entretanto, o vigor apresentou correlação não significativa com a concentração de prolina em ambos os estresses. Dessa forma, concluiu-se que o vigor de sementes influencia na superação dos estresses hídrico e salino e deve ser utilizado como estratégia durante a semeadura e, o aminoácido prolina não está associado ao maior vigor do lote de sementes.

5.2 INTRODUÇÃO

O feijão é uma das culturas com grande importância mundial, sendo uma das principais fontes de alimento para a população humana em países da Ásia, África e América latina (DE RON *et al.*, 2016). Os principais limitantes da produção são os estresses hídrico e salino, os quais resultam em estresse osmótico, inibição da germinação, estresse oxidativo, inibição fotossintética, desbalanço nutricional e redução do crescimento (MOUKHATARI *et al.*, 2020).

Considerando que os efeitos dos estresses abióticos podem ser observados em todo o ciclo da planta, um dos momentos mais críticos para o sucesso da produção é a emergência de

² Artigo Publicado na Revista Ciência Agronômica ([10.5935/1806-6690.20220056](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220056))

6 CAPÍTULO 4 – MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO

6.1 RESUMO

A mobilização de reservas favorece a formação de plântula durante a germinação. Esse processo é influenciado pelo vigor de sementes e por condições de estresse salino. As sementes com maior vigor apresentam maior potencial de hidrólise e utilização de reservas e isso pode favorecer o desempenho em condições de estresse salino. O objetivo deste trabalho foi identificar como a utilização das reservas armazenadas em sementes de feijão contribuem para a superação do estresse salino, buscando identificar a diferença na hidrólise e mobilização de reservas entre as sementes com vigor superior. Foram utilizadas sementes dos genótipos BAF44 (baixo vigor) e BAF55 (alto vigor). O estresse salino foi simulado utilizando cloreto de sódio e as avaliações foram realizadas em um, três, cinco e sete dias de germinação. As variáveis foram o comprimento e massa seca de plântulas, gasto metabólico, amido, proteína total, açúcares solúveis, proteínas solúveis e atividade de alfa-amilase. As sementes com maior vigor apresentaram maior massa seca e comprimento de plântulas mesmo quando submetida a condições de estresse salino, resultado da maior hidrólise e mobilização de açúcares solúveis e uso das proteínas solúveis. As sementes de maior vigor apresentam maior capacidade de hidrólise e utilização de proteínas solúveis e açúcares solúveis, o que resulta em plântulas de melhor desempenho em condições de estresse salino.

6.2 INTRODUÇÃO

A produção de grãos ocorre em todo o mundo e por esse motivo diversas são as condições de produção as quais as culturas agrícolas são submetidas. Nesse sentido a presença de estresses abióticos são os principais limitantes da produção de uma cultura, resultando em grande decréscimo na produtividade (SINDHU *et al.*, 2020). Dentre os estresses abióticos, o cultivo em solo salino apresenta-se como um grande desafio para os produtores, considerando que seu efeito pode ocorrer em todos os estádios de crescimento das plantas resultando em efeito negativo na germinação, formação de plântulas, crescimento e desenvolvimento, culminando com a perda da produtividade (YADAV *et al.*, 2019). Nesse contexto, um solo salino ocorre, em geral, pelo acúmulo de cloreto de sódio natural ou decorrente da irrigação (NADEEM *et al.*, 2019a).

7 CAPÍTULO 5 – VIGOR DE SEMENTES E ATIVIDADE DE FITASE DURANTE A FORMAÇÃO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA

7.1 RESUMO

O fósforo é um elemento essencial e, durante germinação a sua disponibilidade pode favorecer a velocidade desse processo. A principal fonte de fósforo em sementes está em forma de ácido fítico o qual é hidrolisado pela enzima fitase e posterior disponibilização de fosfato. A presença de estresse hídrico durante a germinação retarda o processo o que pode afetar a disponibilidade de fósforo e a atuação da enzima fitase. Nesse sentido o objetivo do presente estudo foi avaliar a atividade da enzima fitase e a sua relação com o vigor do lote de sementes de feijão em condições de estresse hídrico. Foram utilizados três lotes de sementes do genótipo BAF42 com alto, médio e baixo vigor. Esses lotes foram submetidos a condição de germinação em presença e ausência de estresse hídrico e avaliados o desempenho de plântulas e o teor de fósforo inorgânico, fitato e fitase em eixo embrionário e cotilédones nos períodos de zero, dois, quatro e seis dias de germinação. Os resultados demonstram que as sementes de maior vigor apresentaram melhor desempenho de plântulas durante ambas as condições testadas e, a maior atividade da enzima fitase foi verificada para esses lotes principalmente após o segundo dia de germinação, indicando maior disponibilidade de minerais e fósforo para a formação da plântula. Conclui-se que a atividade da enzima fitase é associada ao vigor do lote de sementes e a sua importância é determinante durante os estádios mais avançados da germinação.

7.2 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão é uma das principais fontes de carboidratos, proteínas e minerais na dieta humana em diversos países na América latina, África e Ásia (BEEBE *et al.*, 2013). Apresenta entre 30-50 % de amido (MONTROYA *et al.*, 2008; PADILHA; COELHO, EHRHARDT-BROCARD, 2021), 19-31% de proteína (PEREIRA *et al.*, 2009), fonte de fibras e minerais como zinco, ferro, cálcio, magnésio, potássio e fósforo (PEREIRA *et al.*, 2011; LOS *et al.*, 2018). Entretanto, a principal forma de alocação dos minerais em sementes ocorre juntamente com o ácido fítico ou fitato, e a dificuldade de degradação deste composto faz com que este seja considerado um componente antinutricional (NKHATA *et al.*, 2018; GIBSON *et al.*, 2018). A quantidade de fitato presente em sementes varia de 0,3% a 1,1%, (PEREIRA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2011). sendo necessária a atuação de enzimas específicas para a sua degradação (NKHATA *et al.*, 2018).

8 CAPÍTULO 6 – RESPOSTA ANTIOXIDANTE DE SEMENTES DE FEIJÃO COM CONTRASTE NO VIGOR DURANTE A GERMINAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE TÉRMICO

8.1 RESUMO

Durante a emergência a campo diversos estresse abióticos podem ocorrer, como os estresses térmicos, os quais resultam em perda de porcentagem de plântulas emergidas e desempenho das plântulas. Nesse sentido, o uso de sementes de maior vigor entra como uma estratégia no sistema de produção para evitar essas perdas. Contudo, não estão elucidados os mecanismos utilizados por sementes de alto vigor para superar essas condições de estresse abiótico. Com isso o objetivo do presente estudo foi avaliar a relação do sistema antioxidante vegetal e o vigor do lote de sementes em condições de estresse por frio e calor. Foram utilizados dois lotes de sementes do genótipo BAF42 com dois níveis de vigor (alto e baixo vigor) submetidos a condições de germinação de 15 °C, 18 °C, 25 °C, 32 °C e 35 °C e as plântulas normais germinadas foram avaliadas quanto ao seu desempenho fisiológico (i.e., comprimento e massa seca de plântulas) e a resposta bioquímica (i.e., malondialdeído (MDA), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e guaiacol peroxidase (GPX)) aos cinco dias de germinação. Os resultados indicam que a temperatura fora da ótima da cultura durante a germinação resulta em redução de desempenho fisiológico e, em geral, aumento da atividade antioxidante principalmente em estresses mais severos (i.e., 15 °C e 35 °C), sendo essa relação dependente da estrutura avaliada. O vigor do lote de sementes foi pouco responsivo as condições de estresse em relação as enzimas, contudo, maior desempenho fisiológico foi observado para as sementes de maior vigor. Ness sentido, as plântulas produzidas por sementes de maior vigor não apresentam maior síntese de enzimas associadas ao sistema antioxidante em condições de estresse por frio ou calor durante a germinação.

8.2 INTRODUÇÃO

Durante o processo de produção de grãos a presença de estresses abióticos é inevitável, sendo que, a presença desses estresses causa a perda de desempenho das plântulas afetando diversos mecanismos fisiológicos que podem comprometer a produtividade (IMRAN *et al.*, 2021; HAMPTON *et al.*, 2016). Por esse motivo diversos pesquisadores buscam estudar a resposta das plantas nessas condições buscando identificar estratégias para superar essas condições (HAMPTON *et al.*, 2016). Dentre os estresses abióticos, a presença de temperaturas

9 CAPÍTULO 7 – RESPOSTA FISIOLÓGICA DO VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO DURANTE A GERMINAÇÃO SOB DÉFICIT HÍDRICO

9.1 RESUMO

O déficit hídrico é uma situação de estresse para a planta que ocasiona a produção de espécies reativas de oxigênio, onde a atividade do sistema antioxidante é indispensável para a superação do estresse. Com este trabalho, objetivou-se avaliar a resposta fisiológica de sementes com contraste de vigor quando submetidas à condição de déficit hídrico, buscando determinar as diferenças da atividade do sistema antioxidante entre os lotes de sementes. Foram utilizadas sementes do genótipo BAF07, submetidas a 5 e 10 dias de envelhecimento artificial. Após a obtenção dos lotes envelhecidos, juntamente com o lote original, foram conduzidos os testes de germinação e desempenho de plântulas (comprimento de raiz (CR), hipocótilo (CH) e total (CT)). Foram quantificadas as enzimas catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (GPX) e o aminoácido prolina, que são moléculas do sistema antioxidante, e ainda, o marcador de estresse oxidativo malondialdeído (MDA). O contraste de vigor provocado a partir do envelhecimento artificial e a imposição da condição de déficit hídrico, permitiu verificar as diferenças de respostas fisiológicas e metabólicas entre os lotes de sementes. Logo, sementes de baixo vigor além de apresentarem maior suscetibilidade ao déficit hídrico durante o processo de germinação, resultaram em plântulas e cotilédones com maior peroxidação lipídica e maior atividade das enzimas associadas ao sistema antioxidante.

9.2 INTRODUÇÃO

O feijão é uma das leguminosas de maior importância mundial, sendo determinante na dieta humana como fonte de proteínas, carboidratos e fibras nos diversos países da América Latina, África e Ásia (LOS *et al.*, 2018). As áreas de produção de feijão se estabelecem em regiões tropicais e subtropicais que apresentam frequentemente condições de déficit hídrico (ASSEFA *et al.*, 2019). Dentre os principais efeitos do déficit hídrico durante ao processo de produção de grãos são a redução da germinação, emergência de plantas, crescimento, fotossíntese, absorção de nutrientes, culminando com a redução da produtividade (NADEEM *et al.*, 2019a).

A germinação e a emergência de plântulas são diretamente associadas a qualidade fisiológica (germinação e vigor) do lote de sementes (MARCOS-FILHO, 2015b), em que, o

10 CAPÍTULO 8 – ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E O VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO APÓS ESTRESSE POR FRIO

10.1 RESUMO

A germinação de sementes é um dos momentos críticos durante o processo de germinação e, condições de estresse por frio afetam o potencial de emergência e formação de plântulas nesse momento. A resposta do vigor do lote de sementes contribui para a superação de estresses abióticos, dentre eles, o estresse por frio, contudo os mecanismos bioquímicos associados ao potencial de superação do estresse por frio por sementes de maior vigor é pouco estudado. Com isso, o objetivo do presente estudo foi determinar as diferenças no sistema antioxidante vegetal entre sementes com contraste no vigor para verificar a relação entre o vigor do lote de sementes e o sistema antioxidante. Foram utilizadas sementes dos genótipos BAF42, BAF44 e BAF55 com níveis de vigor distinto, totalizando seis lotes de sementes as quais foram submetidas a condições de germinação e teste de frio a 5 °C. Após o estresse por frio foram avaliados a peroxidação lipídica, peróxido de hidrogênio, catalase, guaiacol peroxidase e ascorbato peroxidase. Os resultados demonstram que sementes de maior vigor apresentam maior capacidade de superação do estresse por frio. Contudo, poucas alterações bioquímicas foram observadas durante o estresse por frio. As avaliações após a condição de estresse demonstraram que as sementes de menor vigor apresentaram maior suscetibilidade ao estresse e formaram plântulas com maior atividade antioxidante e maior peroxidação lipídica. Com isso, conclui-se que o sistema antioxidante avaliado não foi associado ao maior vigor do lote de sementes, sendo outro mecanismo não avaliado responsável pela sua capacidade de superação do estresse por frio.

10.2 INTRODUÇÃO

O feijão é uma cultura de extrema importância na alimentação humana mundial, sendo determinante como fonte de proteínas, carboidratos e minerais (NADEEM *et al.*, 2021). Processo produtivo da cultura apresenta diversos desafios, principalmente associados aos estresses abióticos, os quais resultam em perdas no desempenho da cultura e na produção de grãos (LONE *et al.*, 2021).

Dentre os aspectos que são relevantes durante a produção da cultura do feijão, o uso de sementes com qualidade é determinante, a qual gera ganhos em produtividade (MONDO *et al.*, 2016). A qualidade de sementes é determinada pelos parâmetros físicos, fisiológicos, genéticos

11 CAPÍTULO 9 – RESPOSTA FISIOLÓGICA E ANTIOXIDANTE DO VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO DURANTE A GERMINAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO

11.1 RESUMO

O estresse salino é um dos mais presentes nas áreas agricultáveis de regiões tropicais e subtropicais. Esse estresse resulta em perdas na germinação, emergência, desenvolvimento lento e conseqüentemente perda de produtividade. Durante essas condições diversas alterações morfológicas e bioquímicas ocorrem nas plântulas buscando superar essa condição adversa. Nesse sentido o uso de sementes de maior potencial fisiológico pode favorecer a superação desse estresse durante a emergência. Com isso o objetivo do presente estudo foi avaliar como o vigor do lote sementes contribui para a superação do estresse salino, buscando identificar a associação do sistema antioxidante com o vigor do lote de sementes. Foram utilizadas sementes do genótipo BAF55 com dois níveis de vigor. As sementes foram submetidas a germinação em condições de ausência de estresse (0 mmol L⁻¹ de cloreto de sódio (NaCl), 75 mmol L⁻¹ e 150 mmol L⁻¹ de NaCl na solução durante a germinação. Aos cinco dias foram avaliadas as alterações morfológicas e desempenho de plântulas, assim como as alterações nas enzimas catalase, ascorbato peroxidase, guaiacol peroxidase, prolina, malondialdeído e peróxido de hidrogênio. Verificou-se aumento da atividade antioxidante com os estresses impostos, com ausência de diferença significativa entre o nível de vigor, exceto na condição de 75 mmol L⁻¹ no hipocótilo das plântulas e, para prolina na condição de 150 mmol L⁻¹ em que o baixo vigor apresentou maior concentração. Conclui-se que as plântulas produzidas por sementes de maior vigor não apresentam maior atividade antioxidante em condições de estresse salino, não sendo essa a resposta bioquímica que explica o melhor desempenho das plântulas nessa condição.

11.2 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta-se como umas das principais espécies de *Phaseolus* a qual é cultivada mundialmente e, apresenta-se como uma determinante fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais e antioxidantes para a alimentação humana (NADEEM *et al.*, 2021). Considerando que a cultura é cultivada mundialmente, um dos principais aspectos estudados é a resposta da cultura a estresses abióticos (e.g., estresse hídrico, estresse por calor e estresse salino), sendo o estresse salino presente em diversas regiões

REFERÊNCIAS

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Estatísticas**. Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/estatisticas/#>. Acesso em: 01 mar. 2019.
- ADDA, A. *et al.* Effect of salt stress on α -amylase activity, sugars mobilization and osmotic potential of *Phaseolus vulgaris* L. seeds var. 'Cocorose' and 'Djadida' during germination. **Journal of Biological Sciences**, v. 14, n. 5, p. 370-375, 2014.
- AEBI, H. Catalase in vitro. In: **Methods in enzymology**. Academic press, 1984. p. 121-126.
- AFLAKI, F. *et al.* Investigation of seed germination indices for early selection of salinity tolerant genotypes: A case study in wheat. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 29, n. 3, p. 222-226, 2017.
- ALI, A S.; ELOZEIRI, A. A. Metabolic processes during seed germination. In: JIMENEZ-LOPES José. (Ed.). **Advances in Seed Biology**. Croatia, Intech, 2017. cap. 8 p. 141-166.
- ALI, Kashir *et al.* Chilling stress effects on structure, function and development of different plant processes. **Acta Scientific Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 50-58, 2022.
- ALI, Qasim *et al.* Drought tolerance potential of *Vigna mungo* L. lines as deciphered by modulated growth, antioxidant defense, and nutrient acquisition patterns. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, p. 801-812, 2016.
- ALSAEEDI, Abdullah H. *et al.* Engineered silica nanoparticles alleviate the detrimental effects of Na⁺ stress on germination and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 21917-21928, 2017.
- ALZHRANI, Saud M. *et al.* Physiological, biochemical, and antioxidant properties of two genotypes of *Vicia faba* grown under salinity stress. **Pakistan Journal of Botany**, v. 51, n. 3, p. 786-798, 2019.
- AL-AMERY, Maythem *et al.* Near-infrared spectroscopy used to predict soybean seed germination and vigour. **Seed Science Research**, v. 28, n. 3, p. 245-252, 2018.
- ALEXIEVA, V. *et al.* The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337-1344, 2001.
- ALVAREZ, María E.; SAVOURÉ, Arnould; SZABADOS, László. Proline metabolism as regulatory hub. **Trends in Plant Science**, v. 27, n. 1, p. 39-55, 2022.
- ANDRADE, Gisiane Camargo de; COELHO, Cileide Maria Medeiros; PADILHA, Matheus Santin. Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 488-497, 2019.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Vitamins and other nutrients. In: AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Vol. II. AOAC International, Arlington, cap. 45, p.58-61, 1995.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. Seed Vigor Testing Handbook. AOSA, Ithaca, New York, USA, 1995. 88p.

ARAUJO-NETO, A. C. *et al.* Germinação e crescimento inicial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. sob estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 283-292, 2020

AREFIAN, Mohammad *et al.* Comparative analysis of the reaction to salinity of different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes: a biochemical, enzymatic and transcriptional study. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 37, p. 391-402, 2018.

ARTEAGA, Sugenith *et al.* The use of proline in screening for tolerance to drought and salinity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Agronomy**, v. 10, n. 6, p. 817, 2020.

ASSEFA, Teshale *et al.* A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v. 39, p. 1-23, 2019.

AVCI, Süleyman; İLERI, Onur; DEMIRKAYA, Mehmet. Determination of Genotypic Variation among Sorghum Cultivars for Seed Vigor, Salt and Drought Stresse. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 3, p. 335-343, 2017.

AZEVEDO, R. A. de *et al.* Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280-292, 1998.

BAGHEL, Lokesh; KATARIA, Sunita; JAIN, Meeta. Mitigation of adverse effects of salt stress on germination, growth, photosynthetic efficiency and yield in maize (*Zea mays* L.) through magnetopriming. **Acta Agrobotanica**, v. 72, n. 1, 2019.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central Brasileira: 2012-2014**. Documentos/Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2012. 247 p.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.

BEEBE, Stephen E. *et al.* Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Frontiers in Physiology**, v. 4, p. 35, 2013.

BEGUM, Naheeda *et al.* Seed germination behavior, growth, physiology and antioxidant metabolism of four contrasting cultivars under combined drought and salinity in soybean. **Antioxidants**, v. 11, n. 3, p. 498, 2022.

BERNFELD, Peter. Amylase, α and β . **Methods in enzymology**, v. 1, p. 149-158, 1955.

BEWLEY, J. Derek *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer Science & Business Media, 2012. 392p.

BHAT, Kaisar Ahmad *et al.* Low temperature stress tolerance: An insight into the omics approaches for legume crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

BISBIS, M. B.; GRUDA, N.; BLANKE, M. Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality—A review. **Journal of Cleaner Production**, v.170, p.1602-1620, 2018.

BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. **Field Crops Research**, v.37, n.3, p.185-191, 1994.

BOUAJILA, Aida *et al.* Changes in phytase activity, phosphorus and phytate contents during grain germination of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 1151-1159, 2020.

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.

BRASIL. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Diário Oficial da União, seção 1, n.150, p.1- 4, 2003.

BRASIL, Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 20 set. 2013. Seção I, 38p.

BROWN, J. W. S. *et al.* Genetic variation in the subunits of globulin-1 storage protein of French bean. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 59, p. 83-88, 1981.

BUCKERIDGE, M.S. *et al.* Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CARVALHO, Kenia *et al.* The accumulation of endogenous proline induces changes in gene expression of several antioxidant enzymes in leaves of transgenic Swingle citrumelo. **Molecular Biology Reports**, v. 40, p. 3269-3279, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.

CASSIA, Raúl *et al.* Climate change and the impact of greenhouse gasses: CO₂ and NO_x, friends and foes of plant oxidative stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 273, 2018.

CASTAN, Danielle Otte Carrara; GOMES-JUNIOR, Francisco Guillien; MARCOS-FILHO, Julio. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**, v. 75, p. 167-172, 2018.

CASTRO, Renato Delmondez de; BRADFORD, Kent J.; HILHORST, Henk WM. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. **Germinação: Do básico ao aplicado** (AG Ferreira & F. Borghetti, eds.). Artmed, Porto Alegre, p. 51-68, 2004.

CAVERZAN, Andréia *et al.* How does seed vigor affect soybean yield components?. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1318-1327, 2018.

CHAUDHARY, Shikha *et al.* Identification and characterization of contrasting genotypes/cultivars for developing heat tolerance in agricultural crops: Current status and prospects. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 587264, 2020.

CHEN, Lin *et al.* Metabolomic analysis of energy regulated germination and sprouting of organic mung bean (*Vigna radiata*) using NMR spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 286, p. 87-97, 2019.

CHEN, Jibao *et al.* Molecular cloning and characterization of a gene encoding the proline transporter protein in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **The Crop Journal**, v. 4, n. 5, p. 384-390, 2016.

CHEN, Li *et al.* Exogenous melatonin promotes seed germination and osmotic regulation under salt stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **PLoS One**, v. 15, n. 1, p. e0228241, 2020.

CHEN, P. S.; TORIBARA, T. Y.; WARNER, Huber. Microdetermination of phosphorus. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 11, p. 1756-1758, 1956.

CHEN, Lei Tai *et al.* Relationships of wheat seed vigor with enzyme activities and gene expression related to seed germination under stress conditions. **Ying Yong Sheng tai xue bao/The Journal of Applied Ecology**, v. 28, n. 2, p. 609-619, 2017.

CHENG, Xinxin *et al.* Dynamic quantitative trait loci analysis of seed reserve utilization during three germination stages in rice. **PLoS One**, v. 8, n. 11, p. e80002, 2013.

CLEGG, K. M. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 40-44, 1956.

CHENG, Xinxin *et al.* Seed reserve utilization and hydrolytic enzyme activities in germinating seeds of sweet corn. **Pakistan Journal of Botany**, v. 50, n. 1, p. 111-116, 2018.

CHENG, Xiaoyan *et al.* A rice lectin receptor-like kinase that is involved in innate immune responses also contributes to seed germination. **The Plant Journal**, v. 76, n. 4, p. 687-698, 2013.

CHENG, Jinping *et al.* Physiological characteristics of seed reserve utilization during the early seedling growth in rice. **Brazilian Journal of Botany**, v. 38, p. 751-759, 2015.

CHOUDHURY, Feroza K. *et al.* Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. **The Plant Journal**, v. 90, n. 5, p. 856-867, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção e balanço de oferta e demanda de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 10 mai. 2023.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. Seed vigor and vigor testing. In: COPELAND, L.O. **Principles of Seed Science and Technology**. Springer, Boston, MA, 2001. p.165-191.

CORBINEAU, Françoise. Markers of seed quality: from present to future. **Seed Science Research**, v. 22, n. S1, p. S61-S68, 2012.

COSTA, Giovana Ermetice de Almeida *et al.* Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.

DANTAS, S. A. G. *et al.* Strategy for selection of soybean genotypes tolerant to drought during germination. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, p. 4-8, 2017.

DARKWA, Kwabena *et al.* Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. **The Crop Journal**, v. 4, n. 5, p. 367-376, 2016.

DELARMELINO-FERRARESI, Leisli M.; VILLELA, Francisco A.; AUMONDE, Tiago Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.

DELGADO, Carolina Maria Luzia; COELHO, Cileide Maria Medeiros de; BUBA, Gesieli Priscila. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 154-161, 2015.

DE RON, Antonio M. *et al.* History of the common bean crop: its evolution beyond its areas of origin and domestication. **Arbor**, v. 192, n. a317, 2016.

DECROS, Guillaume *et al.* Get the balance right: ROS homeostasis and redox signalling in fruit. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1091, 2019.

DONG, Q. *et al.* Seedling growth, physiological characteristics, nitrogen fixation, and root and nodule phytase and phosphatase activity of a low-phytate soybean line. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 149, p. 225-232, 2020.

DUTTA, T. *et al.* Response of pulses to drought and salinity stress response: a physiological perspective. In: **Pulse Improvement**. Springer, Cham, 2018. p. 77-98.

DREYER, Anna; DIETZ, Karl-Josef. Reactive oxygen species and the redox-regulatory network in cold stress acclimation. **Antioxidants**, v. 7, n. 11, p. 169, 2018.

EBONE, Luciano Antônio; CAVERZAN, Andréia; CHAVARRIA, Geraldo. Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 145, p. 34-42, 2019.

EHRHARDT-BROCARDO, Natalia Carolina Moraes; COELHO, Cileide Maria Medeiros. Hydration patterns and physiologic quality of common bean seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 1791-1799, 2016.

EHRHARDT-BROCARDO, Natalia Carolina Moraes et al. Callose accumulation in roots of soybean seedlings under water deficit. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 31, n. 4, p. 475-481, 2019.

EL-MOUKHTARI, Ahmed *et al.* How does proline treatment promote salt stress tolerance during crop plant development?. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 1127, 2020.

EL-MOWAFY, M. R.; KISHK, A. M. S. Effect of Soaking Treatments and Temperature During Germination on Germinability and Rice (*Oryza sativa* L.) Seed Quality. **Journal of Plant Production**, v. 8, n. 4, p. 537-540, 2017.

ERBAŞ, Sabri; TONGUÇ, Muhammet; ŞANLI, Arif. Mobilization of seed reserves during germination and early seedling growth of two sunflower cultivars. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 89, 2016.

ESSEMINE, Jemaa *et al.* Effect of temperature on root and shoot development in wheat seedlings during early growth stage. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 6, p. 375, 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT on-line database**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 02 abr. 2023.

FAROOQ, Muhammad *et al.* Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 199-217, 2017.

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

FINCH-SAVAGE, William E.; BASSEL, George W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016.

FREITAS, Gabriela Moraes *et al.* Cold tolerance response mechanisms revealed through comparative analysis of gene and protein expression in multiple rice genotypes. **PLoS One**, v. 14, n. 6, p. e0218019, 2019.

FRANÇA-NETO, José de Barros *et al.* A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.

FURLAN, Ana Laura *et al.* Proline metabolic dynamics and implications in drought tolerance of peanut plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 151, p. 566-578, 2020.

- GALOTTA, María Florencia *et al.* Subtilase activity and gene expression during germination and seedling growth in barley. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, p. 197-206, 2019.
- GARCIA-CAPARROS, Pedro *et al.* Oxidative stress and antioxidant metabolism under adverse environmental conditions: a review. **The Botanical Review**, v. 87, p. 421-466, 2021.
- GEPTS, P.; BLISS, F. A. F1 hybrid weakness in the common bean: Differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. **Journal of Heredity**, v.76, n.6, p.447-450, 1985.
- GEPTS, Paul *et al.* Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. **Economic Botany**, v.40, n.4, p.451-468, 1986.
- GEPTS, Paul. Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (Fabaceae) beans. **Economic Botany**, v.44, n.3, p.28-38, 1990.
- GEPTS, Paul *et al.* Genomics of Phaseolus Beans, a Major Source of Dietary Protein and Micronutrients in the Tropics. In: DELMER, D. P. **Genomics of tropical crop plants**. P. H. Moore, & R. Ming (Eds.). Springer Science + Business Media, LLC. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-71219-2.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.
- GIBSON, Rosalind S.; RABOY, Victor; KING, Janet C. Implications of phytate in plant-based foods for iron and zinc bioavailability, setting dietary requirements, and formulating programs and policies. **Nutrition Reviews**, v. 76, n. 11, p. 793-804, 2018.
- GILL, Sarvajeet Singh *et al.* Glutathione and glutathione reductase: a boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 204-212, 2013.
- GINDRI, Diego Medeiros *et al.* Seed quality of common bean accessions under organic and conventional farming systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 152-160, 2017.
- GOMMERS, Charlotte M. M.; MONTE, Elena. Seedling establishment: a dimmer switch-regulated process between dark and light signaling. **Plant Physiology**, v. 176, n. 2, p. 1061-1074, 2018.
- GRZYBOWSKI, Camila Ribeiro de Souza *et al.* Efeito do potencial osmótico na interação genótipo e vigor de sementes de milho. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 12, n. 3, 2019.
- GUZMÁN-ORTIZ, Fabiola Araceli *et al.* Enzyme activity during germination of different cereals: A review. *Food Reviews International*, v. 35, n. 3, p. 177-200, 2019.
- HAMPTON, John G. *et al.* Climate change: seed production and options for adaptation. **Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 33, 2016.

- HARSH, A. *et al.* Effect of short-term heat stress on total sugars, proline and some antioxidant enzymes in moth bean (*Vigna aconitifolia*). **Annals of Agricultural Sciences**, v. 61, n. 1, p. 57-64, 2016.
- HEATH, Robert L.; PACKER, Lester. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: II. Role of electron transfer. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 3, p. 850-857, 1968.
- HENNING, Fernando Augusto *et al.* Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, p. 727-734, 2010.
- HUANG, M. *et al.* Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 337-366, 2015.
- HUI, Qianru *et al.* Gibberellic acid promoting phytic acid degradation in germinating soybean under calcium lactate treatment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 644-651, 2018.
- HODGES, D. Mark *et al.* Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**, v. 207, p. 604-611, 1999.
- IGNATENKO, Anna *et al.* Exogenous salicylic acid treatment induces cold tolerance in wheat through promotion of antioxidant enzyme activity and proline accumulation. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 41, p. 1-10, 2019.
- IBRAHIM, Ehab A. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, p. 38-46, 2016.
- IMRAN, Qari Muhammad *et al.* Abiotic stress in plants; stress perception to molecular response and role of biotechnological tools in stress resistance. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1579, 2021.
- ISTA. International Seed Testing Association. Seed Vigour Testing. International Rules for Seed Testing, Zurich, Switzerland, 2014.
- JIANHUA, Zhang; MCDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, v. 25, p. 123-131, 1997.
- JOVOVIĆ, Mirjana *et al.* Effect of salinity and drought stress on germination and early seedlings growth of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetika-Belgrade*, v. 50, n. 1, p. 285-298, 2018.
- KAKAR, Naqeebullah *et al.* Evaluating rice for salinity using pot-culture provides a systematic tolerance assessment at the seedling stage. **Rice**, v. 12, n. 1, p. 1-14, 2019.
- KALAI, Tawba *et al.* Salicylic acid alleviates the toxicity of cadmium on seedling growth, amylases and phosphatases activity in germinating barley seeds. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 6, p. 892-904, 2016.

KAYA, Mehmet Demir *et al.* Efficiency of vigor tests and seed elemental concentrations to estimate field emergence in soybean (*Glycine max*). **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 18, n. 5, 2016.

KARMOUS, Inès; EL FERJANI, Ezzedine; CHAOUI, Abdelilah. Copper excess impairs mobilization of storage proteins in bean cotyledons. **Biological Trace Element Research**, v. 144, p. 1251-1259, 2011.

KHAN, T. A.; YUSUF, M.; FARIDUDDIN, Q. Hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism: Signalling and its effect under abiotic stress. **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1237-1248, 2018.

KHAN, Muhammad Wajid; HUSSAIN, Zahoor; FAROOQ, Muhammad. Maintenance of Tissue Water Status, Osmoregulation, and Antioxidant Defence System Improves Heat Tolerance in Okra Genotypes with Contrast Heat Tolerance. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, n. 4, p. 4273-4281, 2022.

KRAUS, Trevor E.; MCKERSIE, Bryan D.; FLETCHER, R. Austin. Paclobutrazol-induced tolerance of wheat leaves to paraquat may involve increased antioxidant enzyme activity. **Journal of Plant Physiology**, v. 145, n. 4, p. 570-576, 1995.

KOLASINSKA, Krystyna; SZYRMER, Jerzy; DUL, Stefania. Relationship between laboratory seed quality tests and field emergence of common bean seed. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 470-475, 2000.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos, FRANÇA-NETO, José de Barros, GOMES JUNIOR, Francisco Guilhien.; NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: F. C. KRZYZANOWSKI, R. D. VIEIRA, J. B. FRANÇA-NETO, J. MARCOS-FILHO, (Eds.), **Vigor de sementes: conceitos e testes** (pp. 79-140). Londrina, PR: ABRATES, 2020.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA-NETO, José de Barros; HENNING, Ademir Assis. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Circular técnica, v. 136, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1091765/a-alta-qualidade-da-semente-de-soja-fator-importante-para-a-producao-da-cultura>>. Acesso em: 12 jan 2020.

LAEMMLI, U. K. Preparation of slab gels for one-or two-dimensional Polyacrylamide sodium dodecyl sulfate gel electrophoresis. **Nature**, v. 227, p. 680-685, 1970.

LAMBERS, Hans. Phosphorus acquisition and utilization in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 73, p. 17-42, 2022.

LATTA, Mi; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LAXA, Miriam *et al.* The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. **Antioxidants**, v. 8, n. 4, p. 94, 2019.

LI, Junpeng *et al.* Exogenous melatonin improves seed germination in *Limonium bicolor* under salt stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 14, n. 11, p. 1659705, 2019.

LIANG, Wenji *et al.* Plant salt-tolerance mechanism: A review. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 495, n. 1, p. 286-291, 2018.

LIU, Yang *et al.* Physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) germination to elevated ammonium concentrations: reserve mobilization, sugar utilization, and antioxidant metabolism. **Plant Growth Regulation**, v. 81, p. 209-220, 2017.

LIU, Li *et al.* Salinity inhibits rice seed germination by reducing α -amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 275, 2018.

LONE, Ajaz A. *et al.* Common beans and abiotic stress challenges. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 40, n. 15, p. 41-53, 2021.

LOS, Francine Gomes Basso *et al.* Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 63-71, 2018.

MCCREADY, R. M. *et al.* Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, n. 9, p. 1156-1158, 1950.

MCDONALD, M.B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology** v.17, p.93-101, 1993.

MAIA, Josemir Moura *et al.* Seca e salinidade na resposta antioxidativa de raízes de feijão caupi. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 11, n. 1, p. 59-93, 2015.

MAITY, Aniruddha *et al.* Climate change impacts on seed production and quality: current knowledge, implications, and mitigation strategies. **Seed Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 65-96, 2023.

MARCHI, José Luís de; CICERO, Silvio Moure; GOMES JUNIOR, Francisco Guilhien. Utilização da análise computadorizada de plântulas na avaliação do potencial fisiológico de sementes de amendoim tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 652-662, 2011.

MARCOS-FILHO, Julio. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, p. 363-374, 2015b.

MARCOS-FILHO, Julio. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos *et al.* (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2

MARCOS-FILHO, Julio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015a. p. 660.

MARTINS, Andréa Bicca Noguez *et al.* Analysis of seed quality: a nonstop evolving activity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 49, p. 3549-3554, 2014.

MATTHEWS, Stan et al. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization. **Seed Science Research**, v. 22, n. S1, p. S69-S73, 2012.

MAVI, K.; DEMIR, I.; MATTHEWS, S. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 1, p. 14-25, 2010.

MELO, Rita Carolina de *et al.* Genetic variation in the trait root distribution over segregating generations of common bean. **Euphytica**, v. 207, n. 3, p. 665-674, 2016.

MENG, Aiju; WEN, Daxing; ZHANG, Chunqing. Dynamic Changes in Seed Germination under Low-Temperature Stress in Maize. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 10, p. 5495, 2022.

MENTEN, J.O.M.; MORAES, M.H.D.; NOVENBRE, A.D.L.C.; ITO, M.A. **Qualidade das sementes de feijão no Brasil**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/SementesFeijao/index.htm>. Acesso em: 05 set. 2021.

MAMBRIN, Riteli Baptista *et al.* Seleção de linhagens de feijão com base no padrão e na qualidade de sementes. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 147-156, 2015.

MICHELS, Adelina Ferreira *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de feijão crioulo produzidas no oeste e planalto catarinense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 620-632, 2014.

MITTLER, Ron. ROS are good. *Trends in plant science*, v. 22, n. 1, p. 11-19, 2017.

MILLER, Gail Lorenz. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MONDO, Vitor Henrique Vaz; NASCENTE, Adriano Stephan; CARDOSO NETO, Manoel Oliveira. Common bean seed vigor affecting crop grain yield. **Journal of Seed Science**, v. 38, p. 365-370, 2016.

MONERRI, C.; GUARDIOLA, J. L. Estudio electroforético de las amilasas del guisante. **Revista Agroquímica y de Tecnología de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 424-434, 1986.

MONTOYA, Carlos A. *et al.* Susceptibility of phaseolin to in vitro proteolysis is highly variable across common bean varieties (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 6, p. 2183-2191, 2008.

MONTZKA, S.A.; DLUGOKENCKY, E.J.; BUTLER, J.H. Non-CO₂ greenhouse gases and climate change. **Nature**, v.476, n.7358, p.43, 2011.

MOROSAN, Mihaela *et al.* Comparative analysis of drought responses in *Phaseolus vulgaris* (common bean) and *P. coccineus* (runner bean) cultivars. **The EuroBiotech Journal**, v. 1, n. 3, p. 247-252, 2017.

MUKANKUSI, Clare *et al.* Genomics, genetics and breeding of common bean in Africa: A review of tropical legume project. **Plant Breeding**, v. 138, n. 4, p. 401-414, 2019.

MUNAWEERA, T. I. K. *et al.* Modern plant biotechnology as a strategy in addressing climate change and attaining food security. **Agriculture & Food Security**, v. 11, n. 1, p. 1-28, 2022.

NADARAJAH, Kalaivani K. ROS homeostasis in abiotic stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 15, p. 5208, 2020.

NADEEM, Muhammad Azhar *et al.* Common bean as a potential crop for future food security: an overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 35, n. 1, p. 759-787, 2021.

NADEEM, Muhammad *et al.* Grain legumes and fear of salt stress: Focus on mechanisms and management strategies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 4, p. 799, 2019a.

NADEEM, Muhammad *et al.* Research progress and perspective on drought stress in legumes: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 10, p. 2541, 2019b.

NAGUIB, Deyala Mohamed; ABDALLA, Hanan. Metabolic status during germination of nano silica primed Zea mays seeds under salinity stress. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 22, p. 415-423, 2019.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, Francisco Carlos.; VIEIRA, Roberval Dalton.; FRANÇA NETO, José de Barros (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-24.

NAKANO, Yoshiyuki; ASADA, Kozi. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NERLING, Daniele; COELHO, Cileide Maria Medeiros; BRÜMMER, Adriele. Biochemical profiling and its role in physiological quality of maize seeds. **Journal of Seed Science**, v. 40, p. 07-15, 2018.

NIE, Lixiao *et al.* Enhancement in rice seed germination via improved respiratory metabolism under chilling stress. **Food and Energy Security**, v. 9, n. 4, p. e234, 2020.

NONOGAKI, Hiro. Seed germination and reserve mobilization, in: Encyclopedia of Life Sciences, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 2008. Disponível em: doi:10.1002/9780470015902.a0002047.pub2. Acesso em: 03 maio 2019.

OLIVEIRA, Gustavo Evangelista *et al.* Physiological quality and amylase enzyme expression in maize seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 40-48, 2013.

OU, Keqin *et al.* Phytase activity in brown rice during steeping and sprouting. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p. 598-603, 2011.

PADILHA, Matheus Santin; COELHO, Cileide Maria Medeiros; ANDRADE, Gisiane Camargo de. Seed reserve mobilization evaluation for selection of high-vigor common bean cultivars. **Revista Caatinga**, v. 433, n. 4, p. 927-935, 2020.

PADILHA, Matheus Santin; COELHO, Cileide Maria Medeiros; EHRHARDT-BROCARD, Natalia Carolina Moraes. Vigor and alpha-amylase activity in common bean seeds under salt stress conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 3633-3650, 2021.

PADILHA, Matheus Santin; COELHO, Cileide Maria Medeiros; SOMMER, Ânderson Scalvi. Seed vigor, genotype and proline in common bean seedling formation under drought and saline stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, 2022.

PANTOLA, Suman; BARGALI, K. Vibhuti; BARGALI, Surendra S. Screening of three leguminous crops for drought stress tolerance at germination and seedling growth stage. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 87, n. 4, p. 467-472, 2017.

PEREIRA, Welison Andrade *et al.* Influência da disposição, número e tamanho das sementes no teste de comprimento de plântulas de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 113-121, 2009.

PEREIRA, Tamara *et al.* Diversity in common bean landraces from south Brazil. **Acta Botanica Croatica**, v. 68, n. 1., p. 79-92, 2009.

PEREIRA, Tamara. *et al.* Diversidade no teor de nutrientes em grãos de feijão crioulo no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.33, n.3, p. 477-485, 2011.

PESKE, Silmar Teichert; VILLELA, Francisco Amaral; MENEGHELLO, Geri E. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Becker e Peske, 2019. 579 p.

PER, Tasir S. *et al.* Approaches in modulating proline metabolism in plants for salt and drought stress tolerance: Phytohormones, mineral nutrients and transgenics. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 126-140, 2017.

PEREIRA, Welison Andrade; PEREIRA, Sara Maria Andrade; DIAS, Denise Cunha Fernandes dos Santos. Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 63-69, 2015.

PINHEIRO, Daniel Teixeira *et al.* Weathering deterioration in pre-harvest of soybean seeds: physiological, physical, and morpho-anatomical changes. **Scientia Agricola**, v. 78, 2021.

PRAZERES, Camila Segalla; COELHO, Cileide Maria Medeiros. Hydration curve and physiological quality of maize seeds subjected to water deficit. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1179-1186, 2017.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. AGIPLAN. Brasília, 289p. 1985.

PUTHUR, Jos T. Antioxidants and cellular antioxidation mechanism in plants. **South Indian Journal of Biological Sciences**, v. 2, n. 1, p. 9-13, 2016.

PUNIA, Himani *et al.* Discerning morpho-physiological and quality traits contributing to salinity tolerance acquisition in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **South African Journal of Botany**, v. 140, p. 409-418, 2021.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2022.

RAZA, Ali *et al.* Can omics deliver temperature resilient ready-to-grow crops?. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 41, n. 8, p. 1209-1232, 2021.

RAMPIM, Leandro *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja comercial e salva. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 476-486, 2016.

RABOY, Victor. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. **Plant Science**, v. 177, n. 4, p. 281-296, 2009.

REJEB, Kilani Ben; ABDELLY, Chedly; SAVOURÉ, Arnould. How reactive oxygen species and proline face stress together. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 278-284, 2014.

REN, Yongbing *et al.* DFR1-mediated inhibition of proline degradation pathway regulates drought and freezing tolerance in Arabidopsis. **Cell Reports**, v. 23, n. 13, p. 3960-3974, 2018.

ROCHA, Cartiane Rubshirley Macêdo da; SILVA, Vanessa Neumann; CICERO, Silvio Moure. Avaliação do vigor de sementes de girassol por meio de análise de imagens de plântulas. **Ciência Rural**, v. 45, p. 970-976, 2015.

ROHMAN, M. M. *et al.* Evaluation of salt tolerant mungbean (*Vigna radiata* L.) Genotypes on growth through bio-molecular approaches. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 44, n. 3, p. 469-492, 2019.

SAGLAM, A. *et al.* The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 58, p. 60-68, 2011.

SAKO, Y. *et al.* A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SANGHERA, Gulzar S. *et al.* Engineering cold stress tolerance in crop plants. **Current Genomics**, v. 12, n. 1, p. 30, 2011.

SANTOS, Candice Mello Romero; MENEZES, Nilson Lemos de; VILLELA, Francisco Amaral. Teste de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, p. 28-35, 2003.

SARKER, Umakanta; OBA, Shinya. Catalase, superoxide dismutase and ascorbate-glutathione cycle enzymes confer drought tolerance of *Amaranthus tricolor*. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 16496, 2018.

- SBRUSSI, Cesar Augusto Gasparetto et al. Germination of corn seeds with different levels of vigor in response to different temperatures. **Semina: Ciências Agrárias** (Londrina), v. 35, n. 1, p. 215-226, 2014.
- SCAPPA-NETO, Angelo *et al.* Efeito do teor inicial de água de sementes de feijão e da câmara no teste de envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 747-751, 2001.
- SHAIBU, A. S. *et al.* Genetic variability and heritability of seedling vigor in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in sudan savanna. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v. 4, n. 4, p. 62-66, 2016.
- SHAIK, Shahnoor S. *et al.* Starch bioengineering affects cereal grain germination and seedling establishment. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 9, p. 2257-2270, 2014.
- SHARAFI, Saed. Germination, seed reserve utilization and seedling growth rate of five crop species as affected by salinity and drought stress. **Life Science Journal**, v. 1, n. 9, p.94-101, 2012.
- SHARMA, Sushma *et al.* Impact of High Temperature on Germination, Seedling Growth and Enzymatic Activity of Wheat. **Agriculture**, v. 12, n. 9, p. 1500, 2022.
- SIGEF. Sistema de Gestão da Fiscalização. **Indicadores**. Controle da Produção de Sementes e Mudanças. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/sigefsementes/index.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2018.
- SINDHU, Swati *et al.* Mitigation of abiotic stress in legume-nodulating rhizobia for sustainable crop production. **Agricultural Research**, v. 9, p. 444-459, 2020.
- SIMÕES, Adriano do Nascimento *et al.* The effects of storage temperature on the quality and phenolic metabolism of whole and minimally processed kale leaves. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, p. 101-107, 2015.
- SILVA, Rosemeire Carvalho da; GRZYBOWSKI, Camila Ribeiro de Souza; PANOBIANCO, Maristela. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 491-499, 2016.
- SILVA, K. F. O. *et al.* Darkness and low-light alter reserve mobilization during the initial growth of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 33, n. 1, p.
- SILVA, Laércio Junio da; MEDEIROS, André Dantas de; OLIVEIRA, Ariadne Morbeck Santos. SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 250-257, 2019.
- SNIDER, John L. *et al.* The impact of seed size and chemical composition on seedling vigor, yield, and fiber quality of cotton in five production environments. **Field Crops Research**, v. 193, p. 186-195, 2016.

SOARES, Cristiano *et al.* Plants facing oxidative challenges—A little help from the antioxidant networks. **Environmental and Experimental Botany**, v. 161, p. 4-25, 2019.

SOLTANI, A.; GHOLIPOOR, M.; ZEINALI, E. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 55, n. 1-2, p. 195-200, 2006.

SRIVASTAVA, Vandana; SONI, Anish; SONAM, Kumari. Analysis on effect of cold stress in bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). **American Journal of BioScience**, v. 3, n. 4, p. 145-166, 2015.

STRUKER, Steven *et al.* Influence of seeds vigor in the attributes of soybean yield. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 698-703, 2019.

SUN, Zhuotao; HENSON, Cynthia A. A quantitative assessment of the importance of barley seed α -amylase, β -amylase, debranching enzyme, and α -glucosidase in starch degradation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 284, n. 2, p. 298-305, 1991.

TAÏBI, Khaled *et al.* Salt-tolerance of *Phaseolus vulgaris* L. is a function of the potentiation extent of antioxidant enzymes and the expression profiles of polyamine encoding genes. **South African Journal of Botany**, v. 140, p. 114-122, 2021.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Artmed Editora, p. 8758, 2017.

TAN-WILSON, Anna L.; WILSON, Karl A. Mobilization of seed protein reserves. **Physiologia Plantarum**, v. 145, n. 1, p. 140-153, 2012.

TAYADE, Rupesh *et al.* Insight into the prospects for the improvement of seed starch in legume—a review. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1213, 2019.

THALMANN, Matthias; SANTELIA, Diana. Starch as a determinant of plant fitness under abiotic stress. **New Phytologist**, v. 214, n. 3, p. 943-951, 2017.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. 1 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEKRONY, D.M. Seed vigor testing - 1982. **Journal of Seed Technology**, v. 8, n. 1, p. 55-60, 1983.

UL-HASSAN, Mahmood *et al.* Linking plants functioning to adaptive responses under heat stress conditions: a mechanistic review. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-18, 2021.

VAN DOORN, Wouter G.; KETSA, Saichol. Cross reactivity between ascorbate peroxidase and phenol (guaiacol) peroxidase. **Postharvest Biology and Technology**, v. 95, p. 64-69, 2014.

VAN DER HOORN, R. A. L. Plant proteases: from phenotypes to molecular mechanisms. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.191-223, 2008.

- VARGAS, Yulieth *et al.* Physiological and genetic characterization of heat stress effects in a common bean RIL population. **PLoS One**, v. 16, n. 4, p. e0249859, 2021.
- VILLELA, Francisco Amaral; DONI FILHO, Luiz; SEQUEIRA, Eliseo Leclerc. Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno Glicol 6000 e da Temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 6, p. 1957-1968, 1991.
- VERBRUGGEN, Nathalie; HERMANS, Christian. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v. 35, p. 753-759, 2008.
- VERMA, Giti *et al.* Reactive oxygen species mediate axis-cotyledon signaling to induce reserve mobilization during germination and seedling establishment in *Vigna radiata*. **Journal of Plant Physiology**, v. 184, p. 79-88, 2015.
- VOIGT, Eduardo Luiz *et al.* Source–sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, n. 1, p. 80-89, 2009.
- WANG, L. L. *et al.* Effects of exogenous gibberellic acid and abscisic acid on germination, amylases, and endosperm structure of germinating wheat seeds. **Seed Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 64-76, 2016.
- WANG, Lu; PATRICK, John W.; RUAN, Yong-Ling. Live long and prosper: roles of sugar and sugar polymers in seed vigor. **Molecular Plant**, v. 11, n. 1, p. 1-3, 2018b.
- WANG, Yaliang *et al.* Reduced bioactive gibberellin content in rice seeds under low temperature leads to decreased sugar consumption and low seed germination rates. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 133, p. 1-10, 2018a.
- WANG, Yunxia; FREI, Michael. Stressed food–The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 141, n. 3-4, p. 271-286, 2011.
- WAQAS, Muhammad Ahmed *et al.* Thermal stresses in maize: effects and management strategies. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 293, 2021.
- WEI, Xiaoshuang *et al.* Soybean mutants lacking abundant seed storage proteins are impaired in mobilization of storage reserves and germination. **ACS omega**, v. 5, n. 14, p. 8065-8075, 2020.
- WILCOX, James R. *et al.* Isolation of high seed inorganic P, low-phytate soybean mutants. **Crop Science**, v. 40, n. 6, p. 1601-1605, 2000.
- XING, Muye *et al.* Physiological Alterations and Nondestructive Test Methods of Crop Seed Vigor: A Comprehensive Review. **Agriculture**, v. 13, n. 3, p. 527, 2023.
- YADAV, Shiv Poojan *et al.* Impact of salt stress on growth, productivity and physicochemical properties of plants: A Review. **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 2, p. 1793-1798, 2019.

YU, Su-May; LO, Shuen-Fang; HO, Tuan-Hua David. Source–sink communication: regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 12, p. 844-857, 2015.

ZEID, I. M. *et al.* Promotive effect of ascorbic acid, gallic acid, selenium and nano-selenium on seed germination, seedling growth and some hydrolytic enzymes activity of cowpea (*Vigna unguiculata*) seedling. **Journal of Plant Physiology and Pathology** 7, v. 1, p. 2, 2019.

ZILIO, Marcio *et al.* Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 21-30, 2013.

ZULFIQAR, Faisal; ASHRAF, Muhammad. Bioregulators: unlocking their potential role in regulation of the plant oxidative defense system. **Plant Molecular Biology**, v. 105, p. 11-41, 2021.

ZHAO, Ming *et al.* Mobilization and role of starch, protein, and fat reserves during seed germination of six wild grassland species. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 234, 2018.