

Efeito do armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro especial tipo exportação

Effect of storage on the physiological quality of export-type special bean seeds

Adailza Guilherme **CAVALCANTE**^{1, 4}; Flávia Constantino **MEIRELLES**¹; Vinícius Augusto **FILLA**¹; Alian Cássio Pereira **CAVALCANTE**²; Leandro Borges **LEMO**¹ & Raunira da Costa **ARAÚJO**³

RESUMO

A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica é importante para proporcionar um rendimento da cultura e possibilitar aumento na produtividade. Objetivou-se avaliar as características fisiológicas das sementes de feijoeiro com grãos especial para exportação durante o armazenamento prolongado em temperatura não controlada. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Agricultura pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Jaboticabal. Foram utilizadas cinco cultivares de feijoeiro com grãos especial para exportação: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado durante oito meses (outubro de 2018 a junho de 2019), utilizando quatro repetições por cultivar. Avaliaram-se as características fisiológicas de sementes e morfológicas de plântulas ao longo do armazenamento. Todas as variáveis averiguadas foram influenciadas com o decorrer do período de armazenamento das sementes. Quando armazenadas em temperaturas não controladas, as características fisiológicas das sementes são afetadas de forma mais severa para todas as cultivares. A partir dos 180 dias de armazenamento, as sementes diminuem significativamente seu poder germinativo e vigor.

Palavras-chave: conservação; *Phaseolus vulgaris* L.; poder germinativo; vigor.

ABSTRACT

The use of seeds with high physiological quality is important to provide crop yield and increase productivity. The objective was to evaluate the physiological characteristics of bean seeds with special grains for export during prolonged storage at uncontrolled temperatures. The work was conducted in the Agriculture Laboratory belonging to the Faculty of Agricultural and Veterinary Sciences of the Universidade Estadual Paulista, located in the municipality of Jaboticabal. Five bean cultivars with special grains for export were used: BRS Arctic, BRS Executive, BRS FS 305, BRS Embaixador and IPR Garça, distributed in a completely randomized design for eight months (October 2018 to June 2019), using four replications per grow crops. The physiological characteristics of seeds and morphological characteristics of seedlings were evaluated throughout storage. All variables evaluated were influenced over the period of seed storage. When stored at uncontrolled temperatures, the physiological characteristics of the seeds are more severely affected for all cultivars. After 180 days of storage, the seeds significantly reduce their germination power and vigor.

Keywords: conservation; *Phaseolus vulgaris* L.; vigor.

Recebido em: 9 out. 2023

Aceito em: 20 dez. 2023

¹ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Avenida Prof. Paulo Donato Castellane, s/n – CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil.

² Centro de Ensino Superior de São Gotardo (CESG), São Gotardo, MG, Brasil.

³ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Bananeiras, PB, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: adailzacavalcante@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro é um dos grãos mais produzidos no Brasil, onde desempenha importante papel nutricional e socioeconômico, principalmente para as populações de baixo poder aquisitivo (LEITE *et al.*, 2009). Seus grãos possuem alto teor proteico, o que o torna uma das principais fontes de proteína da dieta alimentar da população (ZUCARELI *et al.*, 2015).

A semente é um dos insumos de maior significância para o alcance de altas produtividades agrícolas. A qualidade da semente, caracterizada pelos atributos genético, físico, sanitário e fisiológico, é fundamental no processo de produção de qualquer espécie vegetal multiplicada por sementes (GOMES JÚNIOR & SÁ, 2010).

A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica é fundamental para o estabelecimento adequado da plantação (SILVA *et al.*, 2018), a fim de assegurar uma população adequada de plantas, mesmo sob variações climáticas encontradas durante o estabelecimento da cultura, e possibilitar aumento na produtividade (TEKRONY & EGLI, 1991). O uso de sementes fora dos padrões estabelecidos diminui a germinação e atrasa o crescimento de plântulas (LOBO JÚNIOR *et al.*, 2013), interferindo no rendimento final da cultura.

Apesar de o teste de germinação ser o procedimento mais utilizado para avaliação da capacidade das sementes de produzirem plântulas normais em condições ideais, nem sempre indica diferenças de desempenho entre lotes de sementes durante o armazenamento ou em campo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Por isso, para a análise da qualidade de sementes, há necessidade de complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor (DIAS *et al.*, 2006), que incluem características de plântulas, tais como primeira contagem e velocidade de germinação, comprimento de plântulas ou de suas partes constituintes (raiz primária, hipocótilo e/ou epicótilo) e massa seca de plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

Avaliar os atributos fisiológicos da semente é de suma importância para garantir a capacidade da semente em se transformar numa planta normal e vigorosa (OLIVEIRA *et al.*, 2019). A semente destinada à semeadura deve ser cuidadosamente beneficiada e conservada, para garantir a manutenção da qualidade fisiológica, até o momento da utilização (GUEDES *et al.*, 2012).

Para reduzir o processo de deterioração das sementes, é necessário que, após a coleta, elas sejam armazenadas adequadamente para diminuir o processo de deterioração (VILLELA & PEREZ, 2004). O armazenamento é fundamental para garantir o controle da qualidade fisiológica das sementes, mantendo o vigor em nível razoável entre a semeadura e a colheita, de modo a conservar a sua viabilidade (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Os prejuízos que mais contribuem para a redução na germinação e no vigor durante o armazenamento são os danos causados pela umidade da semente, danos mecânicos (MENEGHELLO, 2014). De acordo com Heberle *et al.* (2019), as alterações bioquímicas podem se refletir em prejuízos às sementes e plântulas, com redução do vigor e aumento do número de plântulas com anormalidades morfológicas, principalmente durante o armazenamento. A umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores ambientais que influenciam a qualidade das sementes armazenadas, porém pouco se sabe a respeito do comportamento fisiológico de sementes de feijoeiro especial, armazenadas em condições ambientais, em virtude da escassez de informações sobre essas cultivares. Tendo em vista o exposto, objetivou-se avaliar as características fisiológicas das sementes de feijoeiro com grãos especial para exportação durante o armazenamento prolongado em temperatura não controlada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (Unesp), coordenadas geográficas 21°14'50" S, 48°17'5" W, com altitude média de 595 m, em Jaboticabal, São Paulo, Brasil. As sementes utilizadas foram produzidas durante a safra de outono-inverno na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (Fepe), pertencente à Unesp-Jaboticabal, com semeio em maio e colheita em agosto de 2018. De acordo com a classificação de

Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Utilizaram-se cinco cultivares de feijoeiro com grãos especial para exportação: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura do feijoeiro. A colheita das plantas ocorreu de forma manual no estágio de maturação fisiológica e, em seguida, as plantas foram levadas para um galpão ventilado onde foram feitas a separação das vagens das plantas e o beneficiamento e a homogeneização das sementes, as quais foram acondicionadas em embalagens de papel. Após 40 dias da colheita, os grãos/sementes foram acondicionados em embalagem plástica fechada (15,5 x 12 cm), armazenados sob condição ambiente em bancadas em laboratório durante oito meses (outubro de 2018 a junho de 2019) e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, utilizando quatro repetições por cultivar. Durante o armazenamento, foram mensuradas as temperaturas máxima, mínima, média (°C) e a umidade relativa do ambiente (%), com auxílio do termo-higrômetro da marca Cetec, modelo 7663.02.0.00, medidas realizadas três vezes na semana, cujos valores se encontram na figura 1.

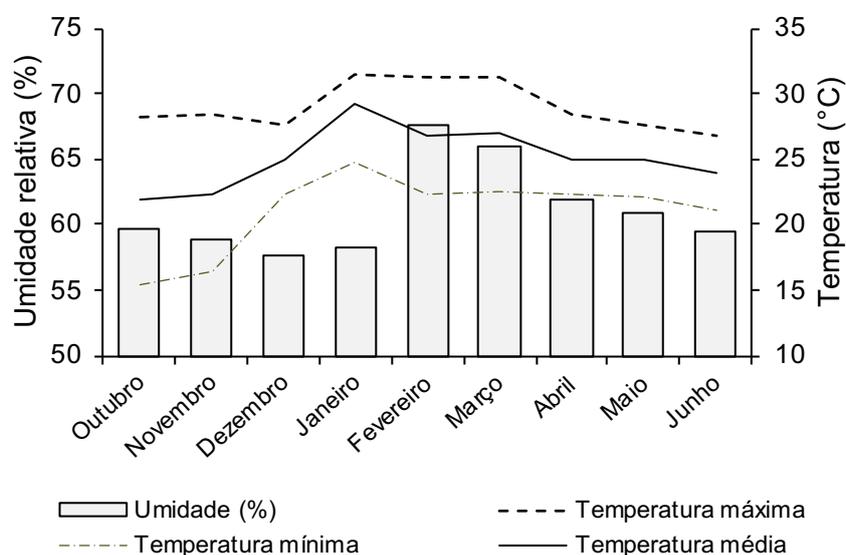


Figura 1 – Temperaturas máxima, mínima, média e umidade relativa do ambiente, mensuradas durante o período de armazenamento das sementes de feijoeiro especial. Fonte: primária.

Durante o armazenamento avaliaram-se os atributos qualitativos dos grãos/sementes em três períodos (recém-colhido, 120 e 240 dias após o armazenamento), com exceção da condutividade elétrica, que foi averiguada durante cinco períodos (recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias). Efetuaram-se as seguintes avaliações:

Teor de água: determinado em estufa regulada a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Germinação (%): avaliação feita com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram semeadas a três centímetros de profundidade em caixas plásticas (26 x 16 x 9 cm) contendo areia peneirada, esterilizada e umedecida com água destilada. As caixas foram mantidas em condições laboratoriais, sob temperatura ambiente não controlada, e a avaliação foi realizada no quinto e nono dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

Valor da primeira contagem de germinação (%): avaliação feita juntamente com o teste de germinação e que constou do registro da porcentagem de plântulas normais, verificada aos cinco dias após a instalação do teste (NAKAGAWA, 1999).

Índice de velocidade de emergência: medido em conjunto com o teste de germinação, calculando-se o índice segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), como segue:

$$IVE = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

IVE – índice de velocidade de emergência;

N1, N2, ..., Nn – número de plântulas germinadas a 1, 2 e n dias após a montagem do teste;

D1, D2, ..., Dn – número de dias após a instalação do teste.

As contagens ocorreram no quinto e nono dia após a instalação do teste de germinação.

Altura de plântulas (cm): avaliação realizada em 10 plântulas de cada subamostra de cada tratamento, obedecendo ao mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Após nove dias da emergência, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas com auxílio de uma régua (NAKAGAWA, 1999).

Diâmetro do hipocótilo: a avaliação obedeceu ao mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Avaliação aos nove dias após a emergência, medindo as partes das plântulas normais emergidas com auxílio de um paquímetro digital.

Massa seca da parte aérea (mg pl⁻¹): foi avaliada em 10 plântulas, obtida a partir da medição da altura e do diâmetro do hipocótilo, excluindo destas os cotilédones. As repetições de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de papel identificados e levados à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 65°C, até atingirem massa constante (NAKAGAWA, 1999). Após esse período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001 g.

Massa seca da raiz (mg pl⁻¹): avaliação feita em 10 plântulas de cada subamostra de cada tratamento, obedecendo ao mesmo procedimento da massa seca da parte aérea.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05) e as médias agrupadas pelo teste de Scot-Knott. As variáveis teor de água e condutividade elétrica foram comparadas por análise de regressão, realizada com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes aumentou durante o armazenamento em todas as épocas de avaliação, independentemente da cultivar (figura 2A). As oscilações de temperatura e umidade relativa do ambiente (figura 1) podem ter influenciado nessa variável durante o armazenamento, tendo em vista que as sementes do feijoeiro têm características higroscópicas que permitem troca de vapor de água com o ambiente, favorecendo o processo de adsorção de água. De acordo com Araújo *et al.* (2005), tal oscilação ocorre até o equilíbrio higroscópico, quando a pressão de vapor de água da atmosfera e a do ambiente são iguais.

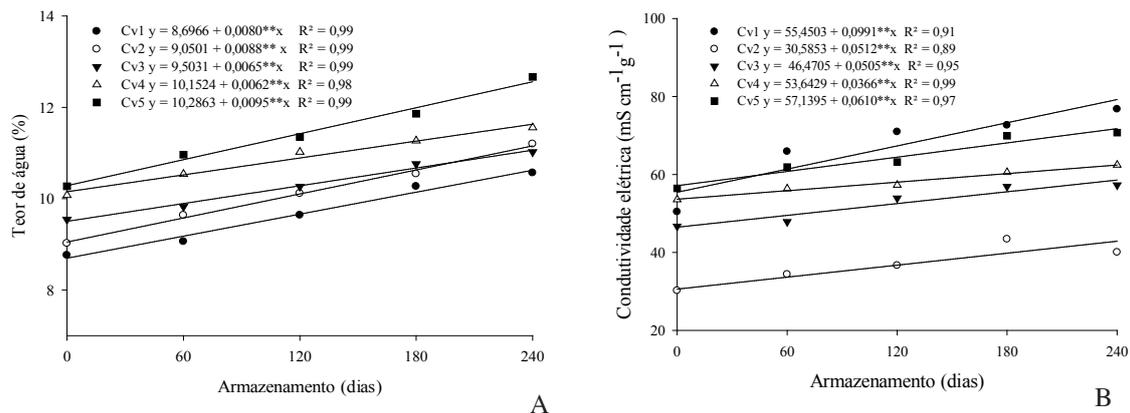


Figura 2 – Teor de água (A) e condutividade elétrica (B) das sementes em função do período de armazenamento em temperatura ambiente do feijoeiro com grãos especial para exportação. Cv1 = BRS Ártico, Cv2 = BRS Executivo, Cv3 = BRS FS 305, Cv4 = BRS Embaixador e Cv5 = IPR Garça. Fonte: primária.

Com as oscilações de temperatura e umidade relativa (figura 1A), as sementes permaneceram com teor de água inferior a 13% durante todo o período de armazenamento, o que é recomendado para o armazenamento de sementes, pois o processo respiratório da semente se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade durante o armazenamento (BRAGANTINI, 2005).

A condutividade elétrica aumentou com o armazenamento das sementes para todas as cultivares avaliadas, todavia de forma menos intensa para a cultivar BRS Executivo, a qual apresentou os menores valores em todas as épocas de armazenamento (figura 2B). Isso indica maior vigor das sementes e menor intensidade de desorganização nos sistemas de membranas das células, ocasionando aumento de sua permeabilidade (SANTOS & PAULA, 2005; OLIVEIRA, 2012).

O reumedecimento das sementes decorrente do aumento no teor de água (figura 2A) pode ter promovido uma danificação no sistema de membranas (SMANIOTTO *et al.*, 2014), acarretando a desorganização da estrutura da semente e, conseqüentemente, maior quantidade de lixiviação de solutos na solução. A liberação de solutos é considerada um dos primeiros eventos do processo deteriorativo das sementes (SANTOS *et al.*, 2005). O aumento na quantidade de solutos na solução foi constatado em trabalhos desenvolvidos por Rosa (2009), Silva *et al.* (2010) e Zucareli *et al.* (2015).

Para germinação, primeira contagem e índice de velocidade de emergência, houve interação entre as cultivares e o armazenamento (tabela 1). Isso pode ser explicado pelo tamanho das sementes das cultivares para exportação com massa de 100 grãos de tamanho médio (25 a 40 g) a grande (> 40) (BLAIR *et al.*, 2010) que, durante a colheita e a trilha mecanizada, tenham sofrido danos mecânicos que interferiram nessas variáveis. Outro fator que pode ter contribuído é o teor de água das sementes abaixo de 11% no momento da colheita (figura 2A), que as torna suscetíveis a dano mecânico imediato (CUNHA *et al.*, 2009). As sementes de feijão são particularmente suscetíveis a danos de natureza mecânica, uma vez que o eixo embrionário está situado sob tegumento pouco espesso que, praticamente, não oferece proteção (FACCION *et al.*, 2011).

Durante a colheita, no processo de trilha, os danos mecânicos ocasionados nas sementes podem ser imediatos (tegumentos quebrados, cotilédones separados e/ou quebrados a olho nu) ou latentes (trincas microscópicas e/ou abrasões ou danos internos no embrião) (PAIVA *et al.*, 2000; LOPES *et al.*, 2011). Esses danos na semente provocam redução no potencial fisiológico e na qualidade e, por conseguinte, influenciam a porcentagem de germinação, o aumento do número de plântulas anormais e na redução no vigor das plântulas no campo (TOLEDO *et al.*, 2009).

Tabela 1 – Valores de F e médias para as variáveis, porcentagem de germinação (Ger), primeira contagem (PC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de cultivares de feijão do grupo com grãos especial tipo exportação durante o armazenamento. Jaboticabal (SP), 2018. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($P < 0,05$). Legenda: ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Cultivares (C)	Ger	PC	IVE
	--	-----%-----	--
B BRS Ártico	52,7	30,0	7,2
B BRS Executivo	54,2	31,5	7,4
B BRS FS 305	54,2	26,2	7,2
B BRS Embaixador	49,8	34,4	7,1
B IPR Garça	67,7	45,5	9,5
Armazenamento (A)			
0 0	66,8	57,8	9,7
120	64,3	39,2	9,2
2 240	36,2	3,6	4,2
CV (%)	10,4	20,9	11,2
Teste F			
C	433,2**	484,2**	9,9**
A	4303,7**	11401,1**	138,7**
C x A	118,6**	354,0**	3,4**
Média geral	55,7	33,5	7,7

A altura de plântula, o diâmetro do hipocótilo e o acúmulo de massa seca da parte aérea foram influenciados pela interação entre cultivar e armazenamento, não havendo interação para acúmulo de massa seca radicular das plântulas (tabela 2). As cultivares BRS Executivo e BRS Embaixador foram as que acumularam maior massa seca radicular das plântulas. Independentemente da cultivar, com o decorrer do tempo de armazenamento, o acúmulo de massa seca radicular foi influenciado de modo negativo, proporcionando plântulas com menor desenvolvimento radicular e, portanto, menos vigorosas.

Tabela 2 – Valores de F e médias para as variáveis altura de plântulas (AP), diâmetro do hipocótilo (DH), massa seca radicular (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de feijão do grupo com grãos especial tipo exportação durante o armazenamento. Jaboticabal (SP), 2018. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($P < 0,05$). Legenda: ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Cultivar (C)	AP	DH	MSR	MSPA
	--cm--		--mm--	--mg planta ¹ --
BRS Ártico	17,1	3,2	231,1 b	341,1
BRS Executivo	20,3	3,3	272,2 a	432,2
BRS FS 305	19,8	3,5	258,8 b	377,7
BRS Embaixador	19,0	3,5	306,6 a	418,8
IPR Garça	19,3	3,0	241,1b	512,6
Armazenamento (A)				
0	23,0	3,6	390,0 a	915,8
120	19,7	3,0	301,3 b	199,1
240	14,6	3,2	94,6 c	134,6
CV (%)	4,9	9,0	21,4	12,2

continua...

Continuação da tabela 2

Cultivar (C)	AP	DH	MSR	MSPA
	--cm--		--mm--	--mg planta ⁻¹ --
Teste F				
C	13,8**	0,5**	7874,4 ^{ns}	37538,5**
A	264,4**	1,4**	344486,6**	2820557,6**
C x A	5,9**	0,3**	8564,4 ^{ns}	10390,3**
Média geral	19,1	3,3	262,0	416,5

As variáveis germinação e primeira contagem da germinação apresentaram diferença significativa durante o armazenamento (tabela 3). No início do armazenamento, a cultivar IPR Garça foi a que teve os maiores valores para germinação e primeira contagem com 80,3 e 68,3%, respectivamente. As demais cultivares se mantiveram abaixo dos padrões mínimos de 80% de germinação aceitáveis pelo Ministério da Agricultura para comercialização de sementes (MAPA, 2013), mesmo sendo recém-colhidas (tabela 3).

A partir dos 180 dias até o final do período de armazenamento, todas as cultivares mostraram uma redução significativa nas variáveis analisadas, o que significa que os danos mecânicos sofridos durante a colheita e a trilha das sementes e o ambiente de armazenamento influenciaram no desempenho germinativo e na primeira contagem.

Tabela 3 – Desdobramento da interação entre cultivares e o armazenamento das sementes para germinação (Ger) e primeira contagem (PC) de cultivares de feijão do grupo com grãos especial tipo exportação durante o armazenamento. Jaboticabal (SP), 2018. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). Legenda:** significativo a 1% de probabilidade.

Cultivares	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	Ger			PC		
	--%--			--%--		
BRS Ártico	66,6 Ba	56,3 Bb	35,3 Ac	41,0 Ca	40,3 Ba	4,6 Bb
BRS Executivo	66,3 Ba	63,3 Ba	33,0 Ab	59,6 Ba	41,3 Ab	2,6 Bc
BRS FS 305	67,3 Ba	56,3 Bb	38,0 Ac	58,6 Ba	38,0 Ab	2,0 Bc
BRS Embaixador	66,3 Ba	50,2 Cb	33,0 Ac	62,3 Ba	32,0 Ab	2,0 Bc
IPR Garça	81,3 Aa	70,3 Aa	42,0 Ab	68,3 Aa	45,6 Ab	8,6 Ac
Média	69,6	59,3	36,3	58,0	39,4	4,0
Teste F	213,7**	413,0**	43,5**	860,9**	306,9**	24,4**

Os valores obtidos para o índice de velocidade de emergência, altura de plântulas, diâmetro do hipocótilo e massa seca da parte aérea se encontram na tabela 4. Pelo índice de velocidade de emergência, é possível estimar o número médio de plântulas normais por dia e, quanto maior o valor obtido, subentende-se maior velocidade de germinação e vigor (NAKAGAWA, 1994). A partir dos 120 dias de armazenamento, observa-se uma redução no índice de velocidade de emergência, com média de 8,4, notando-se, no final do armazenamento, a média de 4,1, uma redução de 51,2%. Isso mostra a susceptibilidade das cultivares utilizadas ao armazenamento prolongado em condições ambientais.

A diminuição da velocidade de emergência e a maior desuniformidade de emergência aumentam a susceptibilidade das sementes a ataques de microrganismos presentes no solo, à menor estatura inicial de plântulas e ao menor acúmulo de massa seca, comprometendo o estande final da lavoura (SCHUCH *et al.*, 2000; KOLCHINSKI *et al.*, 2006), corroborando os resultados obtidos na germinação.

Tabela 4 – Desdobramento da interação entre cultivares e o armazenamento das sementes para índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plântula (AP), diâmetro do hipocótilo (DH) e massa seca parte aérea (MSPA) de cultivares de feijão do grupo com grãos especial para exportação durante o armazenamento. Jaboticabal (SP), 2018. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($P < 0,05$). Legenda: ** e * significativo a 1 e 5 % de probabilidade.

Cultivares	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	IVE ----			AP --cm--		
BRS Ártico	9,1 Ba	8,1 Ca	4,3 Ab	22,0 Ba	18,6 Bb	10,6 Cc
BRS Executivo	10,0 Aa	8,4 Cb	3,7 Ac	24,0 Aa	21,0 Ab	16,0 Ac
BRS FS 305	10,1 Aa	7,2 Cb	4,3 Ac	24,6 Aa	19,0 Bb	16,0 Ac
BRS Embaixador	9,1 Ba	8,3 Ca	3,7 Ab	24,0 Aa	20,3 Ab	14,0 Bc
IPR Garça	12,8 Aa	10,0 Aa	4,7 Ab	21,6 Ba	19,6 Bb	16,6 Ac
Média	10,2	8,4	4,1	23,2	19,7	14,6
Teste F	8,5**	7,6**	0,5*	5,0**	2,7*	18,0**

Cultivares	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	DH ---mm plântula ⁻¹ ---			MSPA ---mg plântula ⁻¹ ---		
BRS Ártico	3,3 Aa	3,3 Ba	3,0 Ba	780,0 Ca	150,0 Bb	93,3 Ab
BRS Executivo	4,0 Aa	3,0 Ab	3,0 Bb	870,0 Ba	183,3 Bb	143,3 Ab
BRS FS 305	4,0 Aa	3,6 Ab	3,0 Ab	730,0 Ca	180,0 Bb	133,3 Ab
BRS Embaixador	3,6 Aa	3,0 Ba	3,0 Ba	836,6 Ba	160,0 Bb	160,0 Ab
IPR Garça	3,0 Aa	3,0 Ba	3,0 Ba	872,6 Aa	322,0 Ab	143,3 Ac
Média	3,6	3,2	3,0	817,8	199,1	134,6
Teste F	0,1**	1,0**	0,7**	41699,6**	14743,0**	1876,6*

Ao decorrer do armazenamento das sementes, obteve-se redução significativa da altura das plântulas para todas as cultivares. No período recém-colhido, a média foi de 23,2 cm e, ao final do armazenamento, de 14,6 cm, resultando em uma redução de 38,1% (tabela 4). As cultivares não apresentaram diferença significativa quando recém-colhidas, com média de 3,6 mm plântula⁻¹; aos 240 dias, a média foi de 3,0 mm plântula⁻¹, resultando em uma redução de 0,6 mm no diâmetro do hipocótilo. Para o acúmulo de massa seca da parte aérea, observa-se redução significativa para todas as cultivares com o decorrer do tempo, obtendo-se uma redução de 83,5% comparando recém-colhidos com a última data avaliada (tabela 4).

A avaliação do crescimento inicial de plântulas é outro parâmetro utilizado para avaliar o vigor, que, por sua vez, indica o quão vigorosa é a plântula. Trata-se de um método fácil que determina a contribuição das estruturas vegetais no rendimento das espécies, possibilitando, dessa maneira, indicar a estimativa do desenvolvimento e da contribuição dos processos morfofisiológicos sobre o desenvolvimento vegetal, podendo ser usado para avaliar o comportamento vegetal em diversas condições ambientais e manejo (AUMONDE *et al.*, 2012). Em virtude, provavelmente, dos danos mecânicos sofridos pelas sementes no momento da colheita e das condições ambientais durante o armazenamento, a qualidade fisiológica foi afetada, como se observou nas variáveis analisadas durante o experimento.

CONCLUSÃO

Quando armazenadas em temperaturas não controladas, as sementes de feijoeiro especial para exportação mostram redução significativa da qualidade fisiológica.

A partir dos 120 dias de armazenamento, há redução do poder germinativo e do vigor das sementes.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), código de financiamento 001, a concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor. Ao Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal da Unesp-Jaboticabal o auxílio nas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS

Araújo, L. F., Oliveira, L. D. S., Perazzo Neto, A., Alsina, O. L. & Silva, F. L. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2005; 9(3): 379-384.
doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000300013>

Aumonde, T. Z., Marini, P., Moraes, D. M., Maia, M. S., Pedó, T., Tillmann, M. A. A. & Villela, F. A. Classificação do vigor de sementes de feijão miúdo pela atividade respiratória. *Revista Interciência*. 2012; 37(1): 55-58.

Azevedo, M. R. Q. A., Gouveia, J. P., Trovão, D. M. D. M. & Queiroga, V. D. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2003; 7(3): 519-524.
doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300019>

Blair, M. W., González, L. F., Kimani, P. M. & Butare, L. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *Theoretical Applied Genetic*. 2010; 121(1): 237-248.

Bragantini, C. Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão; 2005. 28 p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS; 2009. 395 p.

Carvalho, N. M. & Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal: Funep; 2000. 524 p.

Cunha, J. P. A. R., Oliveira, P., Santos, C. M. & Mion, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. *Ciência Rural*. 2009; 39(5): 1420-1425.
doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000063>

Dias, D. C. F. S., Bhering, M. C., Tokuhisa, D. & Hilst, P. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. *Revista Brasileira de Sementes*. 2006; 28: 154-162.
doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000063>

Faccion, C. E. Qualidade de sementes de feijão durante o beneficiamento e armazenamento. Lavras: UFLA; 2011. 49 p.

Ferreira, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*. 2014; 38(2): 109-112.
doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

- Gomes Júnior, F. G. & Sá, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. *Revista Brasileira de Sementes*. 2010; 32(1): 34-44, 2010.
doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100004>
- Guedes, R. S., Alves, E. U., Bruno, R. L. A., Gonçalves, E. P., Costa, E. G. & Medeiros, M. S. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*. 2012; 4(1): 68-75.
doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000100010>
- Heberle, E., Araujo, E. F., Lacerda Filho, A. F., Cecon, P. R., Araujo, R. F. & Amaro, H. T. R. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. *Revista de Ciências Agrárias*. 2019; 42(3): 657-665.
doi: <https://doi.org/10.19084/rca.17283>
- Kolchinski, E. M., Schuch, L. O. B. & Peske, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. *Revista Brasileira de Agrociência*. 2006; 12(2):163-166.
- Leite, U. T., Araújo, G. A. A., Miranda, G. V., Vieira, R. F., Pires, A. A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. *Revista Ceres*. 2009; 56(2): 225-231.
- Lobo Júnior, M., Duarte, L., Martins, B. D. M. Testes para avaliação da qualidade de sementes de feijão comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão; 2013. 4 p. (Circular Técnica; 90). [Acesso em: 21 abr. 2020]. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/970251/1/circular tecnica90.pdf>.
- Lopes, M. M., Prado, M. O. D., Sader, R. & Barbosa, R. M. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. *Bioscience Journal*. 2011; 27(2): 230-238.
- Maguire, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. *Crop Science*. 1962; 2: 176-177.
- Mapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 45, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII – Padrões para produção e comercialização de sementes de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.). [Acesso em: 16 mar. 2020]. Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_24861657_InstrucaoNormativa_N_45_DE_17_de_setembro_de_2013.aspx.
- Marcos Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ; 2005. 495 p.
- Meneghello, G. E. Qualidade de sementes: umidade e temperatura. *Seeds News*. 2014; 18: 28-32.
- Nakagawa, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira, R. D. & Carvalho, N. M. (ed.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: Funep; 1994. p. 49-85.
- Nakagawa, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanoski, F. C., Vieira, R. D. & França Neto, J. B. (ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates; 1999. p. 2.1-2.24.
- Oliveira, F. S., Dias, M. F. S., Pereira, R. C. & Andrade, C. A. B. Produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*. 2019; 35(68): 99-116.
- Oliveira, S. Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas. Curitiba: UFPR; 2012. 404 p.
- Paiva, L. E., Medeiros Filho, S. & Fraga, A. C. Beneficiamento de sementes de milho colhidas mecanicamente em espigas: efeitos sobre danos mecânicos e qualidade fisiológica. *Ciência e Agrotecnologia*. 2000; 24(4): 846-856.
- Rosa, M. S. Teste de condutividade elétrica para sementes de milho e de soja armazenadas sob baixa temperatura [Dissertação de Mestrado]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2009.
- Santos, S. R. G. & Paula, R. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs – Euphorbiaceae. *Revista Brasileira de Sementes*. 2005; 2:(2): 136-145.
doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000200020>

- Santos, C. M. R., Menezes, N. L. & Villela, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*. 2005; 27(1): 104-114.
doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100013>
- Schuch, L. O. B., Nedel, J. L. & Assis, F. N. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. *Scientia Agrícola*. 2000; 7(2): 305- 312.
doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000200018>
- Silva, E. C., Galvão, C. S., Miranda, R. A., Portal, R. K. V. P. & Peixoto, N. Germinação e vigor em sementes de feijão mungo-verde em função do período de armazenamento. *Scientia Agraria Paranaensis*. 2018; 17(3): 385-388.
- Silva, F. S., Porto, A. G., Pascuali, L. C. & Silva, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. *Revista de Ciências Agroambientais*. 2010; 8(1): 45-56.
- Smaniotto, T. A. S., Resende, O., Marçal, K. A. F., Oliveira, D. E. C. & Simon, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2014; 18(4): 446-453.
doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>
- Tekrony, D. M. & Egli, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop Science*. 1991; 31(3): 816-822.
doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054x>
- Toledo, M. Z., Fonseca, N. R., César, M. L., Soratto, R. P., Cavariani, C. & Crusciol, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2009; 39(2): 124-133.
- Villela, F. A. & Perez, W. B. Tecnologia de sementes – coleta, beneficiamento e armazenamento. In: Ferreira, A. G. & Borghetti, F (coord.). *Germinação – do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed; 2004. p. 265-280.
- Zucareli, C., Brzezinski, C. R., Abati, J., Werner, F., Ramos Júnior, E. U. & Nakagawa, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015; 19(8): 803-809.
doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>