

Redução da germinação de feijão-preto (*Phaseolus vulgaris* L.) sob armazenamento em frio e ambiente

Reduction of germination of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under cold and environmental storage

Agatha Teresa Rosado Calderón¹, Manuel Jesús Zavala León², Johnny Abraham Burgos Díaz², Jorge Ismael Tucuch Haas², Marco Antonio Torres Mendoza³ e María Alma Rangel Fajardo^{2,*}

¹ INIFAP. Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE). Campo Experimental Edzna. Km 15.5 Carretera Campeche-Pocuyaxum. San Francisco de Campeche, México.

² INIFAP. Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE). Campo Experimental Mocochá. km 25 Antigua carretera Mérida-Motul. CP.97454, México

³ Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Península de Yucatán. Km 10 Carretera Mérida-Progreso, Comisaria Temozón Norte, 97300 Mérida, Yucatán, México

(*E-mail: rangel.alma@inifap.gob.mx)

<https://doi.org/10.19084/rca.31413>

Recebido/received: 2023.05.06

Aceite/accepted: 2023.07.11

RESUMO

As características de armazenamento das sementes contribuem para manter ou diminuir a qualidade das mesmas. Neste pressuposto, o objetivo do estudo consistiu em analisar o efeito do frio durante vários períodos de tempo em 12 cultivares de feijão-preto. Para cada cultivar determinou-se o peso de 100 sementes armazenadas tanto em condição ambiental (27,22 °C e 62 % HR) quanto em frio (4,1°C e 13 % HR) durante 18 meses, nos quais se tomaram amostras ao início, 3, 6, 9, 12 e 18 meses para avaliar a porcentagem de germinação e plântulas anormais. Durante o armazenamento diminuiu a germinação e aumentaram as plântulas anormais. Identificaram-se diferenças entre as cultivares, das quais 'Comapa' tolera o armazenamento sob condições do trópico com somente 16,5 pontos percentuais de redução, enquanto as cultivares 'Veracruz' e 'Exp. 2' registraram reduções de 50,5 e 40 pontos percentuais, respectivamente.

Palavras-chave: Deterioração de sementes, qualidade de sementes, plântulas anormais.

ABSTRACT

The seed storage characteristics will contribute to maintaining or decreasing the quality of the seeds themselves. In this assumption, the objective of the study was to analyze the effect of cold during several periods of time in 12 black bean cultivars. The twelve black bean varieties were conditioned, the weight of 100 seeds was determined and they were stored under two conditions (27,22 °C and 62 % HR) and refrigerated (4,1°C and 13 % HR) for 18 months, in which samples were taken at the beginning, 3, 6, 9, 12 and 18 months to evaluate the percentage of germination and abnormal seedlings. During storage, germination decreased and abnormal seedlings increased. Differences were identified among the varieties of which 'Comapa' tolerated storage under tropical conditions with only 16,5 percentage points of reduction while the 'Veracruz' and 'Exp. 2' varieties recorded reductions of 50,5 and 40 percentage points, respectively.

Keywords: Seed deterioration, seed quality, abnormal seedlings

INTRODUÇÃO

A conservação de sementes é uma atividade importante para manter e assegurar as necessidades básicas de alimentação, vestuário e proteção do homem. O armazenamento das sementes é um passo fundamental para manter a viabilidade e germinação; assim como reduzir ao mínimo o processo de deterioração das sementes. A resposta das sementes às condições de armazenamento é diferente entre espécies, cultivares e inclusive entre lotes (Maia *et al.*, 2011; Matsue *et al.*, 2015).

Existem fatores que afetam a qualidade das sementes durante o armazenamento como a temperatura, umidade relativa, pragas, doenças, entre outros. As condições tropicais complicam a gestão e conservação de sementes. A germinação e o vigor são afetados pelas altas temperaturas e umidade presentes nesses tipos de clima (Kandil *et al.*, 2013). Nessas condições pode-se favorecer a presença de espécies reativas de oxigênio que estão relacionadas com o início da deterioração das sementes via detrimento funcional e estrutural das proteínas e material genético (Kurek *et al.*, 2019). Uma gestão adequada durante o armazenamento pode reduzir e atrasar consideravelmente a deterioração e perda na viabilidade das sementes (Gebeyehu, 2020). No caso de sementes de feijão tem sido reportados mudanças na estrutura celular das testas, tornando-as duras e nalguns casos obscurecendo-as, o que indica um incremento na presença de compostos fenólicos e um aumento da atividade da enzima peroxidase (Rios *et al.*, 2002). Por isso, recomenda-se um armazenamento no máximo de cinco meses para evitar os problemas de endurecimento (Mederos, 2006), que em alguns casos relacionam-se com latência da semente ou problemas de imbebição da mesma (Morales-Santos *et al.*, 2017). A temperatura e umidade são fatores fundamentais na conservação. Tem sido observado que altas temperaturas aceleram o processo de endurecimento das sementes de feijão (Brackmann *et al.*, 2002). Segundo Sadaka *et al.* (2016) é necessário estimar o tempo de armazenamento apropriado, que dependerá da temperatura de armazenamento e teor de umidade da semente. Farias *et al.* (2022) recomendam até 9 meses de armazenamento em câmaras frias com uma umidade da semente de 10-13 %. Enquanto, Hendges *et al.* (2017) mencionam que temperaturas de armazenamento de 10 °C, evitam

perdas em sementes de feijão ao manter baixos níveis metabólicos e de respiração (Srivastava *et al.*, 2015), devido a que durante o tempo de armazenamento as sementes vão apresentando perdas por deterioração, manifestando baixa velocidade e porcentagem de germinação (Cassol *et al.*, 2016).

O objetivo do trabalho consistiu em avaliar o efeito das condições de armazenamento sob condição ambiental no trópico e sob frio na resposta à germinação em diferentes cultivares de feijão-preto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas 12 cultivares de feijão-preto ('Veracruz', 'Cotaxtla 91', 'Medellín', 'Jamapa', 'Exp. 1', 'Comapa', '8025', 'Huasteco 81', 'INIFAP', 'Tropical', 'Michigan' y 'Exp. 2'). As cultivares foram produzidas no ciclo outono-inverno 2020-2021 na localidade de Castamay, município de Campeche, México, nas coordenadas 19° 48' 52" N e 90° 25' 58" O. As amostras foram acondicionadas e trasladadas às instalações do Campo Experimental Mochochá do Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizada no município de Mochochá, Yucatán, México, no km 25 da estrada Mérida-Motul (21° 06' 26,9" N 89° 26' 20,1" W).

De cada cultivar foi obtida uma amostra de um quilo de semente, a qual foi dividida em duas amostras de 500 g, as quais foram colocadas em sacos de alumínio com dupla barreira hermética. Todas as cultivares foram armazenadas com uma umidade de 13 g H₂O kg⁻¹ ms. O primeiro lote completo de amostras das cultivares foi colocado em condições de ambiente do laboratório. O segundo lote foi acomodado em geladeira (Whirlpool® modelo Admiral). Em ambos os ambientes se contou com um data logger (Watch Dog Serie 1000. Mod. 1600), programado para registrar temperatura e umidade relativa durante o tempo de armazenamento de 18 meses (Figura 3).

Prévio ao armazenamento, registrou-se o peso de 100 sementes de acordo com a metodologia proposta por Moreno (1996), assim por cada cultivar tomaram-se aleatoriamente oito amostras de 100 sementes, logo pesadas com auxílio de uma báscula digital (Velab®, modelo VE-1000), ao finalizar o

tempo de armazenamento, foram de novo pesadas as amostras de cada cultivar por tipo de armazenamento e foi determinado o peso de 100 sementes de acordo com a metodologia mencionada.

Durante os meses de armazenamento (início, 3, 6, 9, 12 e 18) tomaram-se amostras aleatórias de cada uma das cultivares, de cada tipo de armazenamento foi determinado a porcentagem de germinação. Para isso, preparam-se quatro repetições de 25 sementes, seguindo o procedimento da ISTA (2005). Em toalhas de papel previamente umedecidas com água destilada, colocaram-se as sementes distribuídas uniformemente e foram dobradas em forma de rolo, e em seguida colocaram-se em forma vertical na câmara de germinação a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$. A primeira contagem foi realizada quatro dias depois da sementeira, e um segundo registro aos sete dias. Contabilizou-se o número de plântulas normais e anormais, ambos os resultados foram reportados em porcentagem.

As análises estatísticas realizaram-se por separado, para o peso de 100 sementes foi utilizado um delineamento completamente ao acaso (DCA) com um arranjo fatorial duplo, onde o fator um foram as cultivares e fator dois, o tipo de armazenamento. Em relação com a resposta à germinação, foi usado o mesmo delineamento (DCA), porém com arranjo fatorial triplo, onde o fator um foram as cultivares, o fator dois, o tempo de armazenamento e o fator três, o tipo de armazenamento. As comparações de médias de Scott-Knott (0,05) foram feitas com o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro das variáveis avaliadas foram observadas diferenças ($p \leq 0,05$), tanto nos fatores simples quanto nas interações. No caso da variável peso de 100 sementes, as cultivares foram diferentes. A cultivar 'Comapa' superou com 3,86 g a cultivar 'Medellín', que registrou o menor peso, porém, o peso de 100 sementes não produziu diferenças devidas ao tipo de armazenamento, mas foi possível observar leves aumentos. Para as sementes armazenadas em refrigeração, o peso incrementou 0,04 g, enquanto que em condições ambientais o aumento foi de 0,34 g, este é um processo natural devido a que as sementes constantemente entram

em equilíbrio com o ambiente; contudo, isto pode afetar negativamente a longevidade das sementes no armazenamento ao acelerar o processo de deterioro (Bakhtavar *et al.*, 2019; Antonio-Bautista *et al.*, 2020). Já na interação da cultivar com o tipo de armazenamento observaram-se diferenças ($p \leq 0,05$), porém, manteve-se a tendência da cultivar 'Comapa' com as sementes de maior peso e 'Medellín' com as sementes com menor peso (Figura 1). Não obstante, as cultivares 'Comapa' e 'Exp. 2' apresentaram maior incremento de peso em condições ambientais com aumentos de 0,68 e 0,65 g, respectivamente, enquanto as cultivares 'Veracruz' e 'Michigan' somente incrementaram 0,02 g com relação ao peso inicial. No caso do armazenamento em frio, 'Exp. 1' e 'Tropical' registraram maior aumento em peso com valores de 0,38 e 0,31 g, respectivamente, quando comparadas com as cultivares 'Veracruz', 'INIFAP' e 'Medellín', que registraram, ao final da avaliação, reduções em peso de 0,20, 0,26 e 0,15 g, respectivamente (Figura 1). Por outro lado, a germinação registrada foi diferente nas 12 cultivares, 'Veracruz', 'Cotaxtla 91', 'Medellín', 'Jamapa', 'Exp. 1' e 'Comapa' não foram diferentes ($p \leq 0,05$) e tiveram a porcentagem de germinação mais alta, enquanto 'Michigan' e 'Exp. 2' foram as cultivares com menor porcentagem de germinação, registrando 12,75 e 14,83 pontos porcentuais menos que a cultivar 'Veracruz', que obteve a maior porcentagem de germinação, e junto com a cultivar 'Cotaxtla' apresentaram a maior porcentagem de plântulas anormais (Quadro 1).

O tipo de armazenamento influenciou na germinação, assim sob refrigeração superou em 6 pontos porcentuais a condição ambiental, resposta que

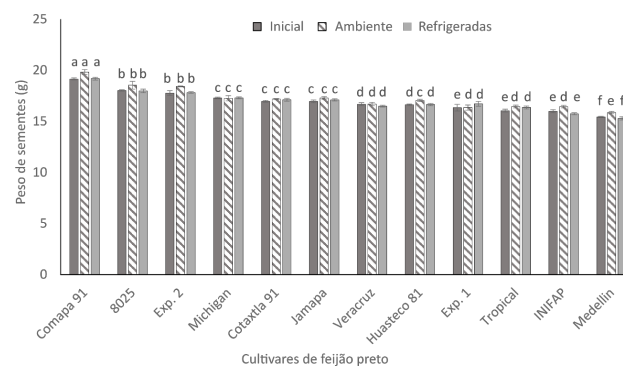


Figura 1 - Peso de 100 sementes de feijão-preto em diferentes tipos de armazenamento.

Quadro 1 - Fatores simples das variáveis avaliadas em 12 cultivares de feijão-preto

Cultivares	Peso de 100 sementes (g)	Germinação (%)	Plântulas anormais (%)
'Veracruz'	16,61 d	61,75 a	23,6 a
'Cotaxtla 91'	17,07 c	60,92 a	20,75 a
'Medellín'	15,52 f	60,75 a	19,12 b
'Jamapa'	17,10 c	60,42 a	17,0 b
'Exp. 1'	16,46 e	60,25 a	17,42 b
'Comapa'	19,38 a	58,08 a	15,83 b
'8025'	18,17 b	56,08 b	18,42 b
'Huatesco 81'	16,76 d	55,83 b	17,48 b
'INIFAP'	16,05 e	54,42 b	17,08 b
'Tropical'	16,28 e	54,42 b	15,54 b
'Michigan'	17,27 c	49,00 c	18,46 b
'Exp. 2'	17,99 b	46,92 c	18,13 b
Tipo de armazenamento			
Inicial	16,97 a	na	
Refrigerado	17,27 a	60 a	18,7 a
Ambiente	16,93 a	54 b	17,8 a
Tempo de armazenamento (meses)			
0		68 a	14,71 c
3		63 a	15,79 c
6		53 b	21,0 b
9		65 a	14,75 c
12		57 b	17,0 c
18		33 c	26,2 a

Médias com letra desigual na coluna são estatisticamente diferentes. Scott-Knott (0.05)

coincide com outros trabalhos (Stanisavljević *et al.*, 2020), onde a temperatura de armazenamento é fundamental na resposta da germinação. Na interação das cultivares contra o tipo de armazenamento observaram-se diferenças ($p \leq 0,05$). As cultivares 'Jamapa' e 'Cotaxtla 91' mantiveram a germinação acima do 50 % quando se mantiveram em refrigeração, porém, em condições ambientais a germinação diminuiu drasticamente, assim 'Jamapa' perdeu 10,2 pontos percentuais, enquanto 'Cotaxtla 91' registrou 7,2 pontos percentuais de redução. A cultivar 'Exp. 2' foi fortemente afetada, em condições de refrigeração registrou 13,8 pontos percentuais abaixo de 'Jamapa', e a diferença entre armazenamento em refrigeração ou ambiente foi de 8,5 pontos percentuais. Cabe mencionar que a melhor média de germinação foi para 'Veracruz', mas quando se submetem a condições de refrigeração, a melhor resposta obtive-se com a cultivar 'Jamapa', porém, a cultivar 'Veracruz' somente reduziu 5,16 pontos percentuais entre armazenamento refrigerado e ambiental (Figura 2).

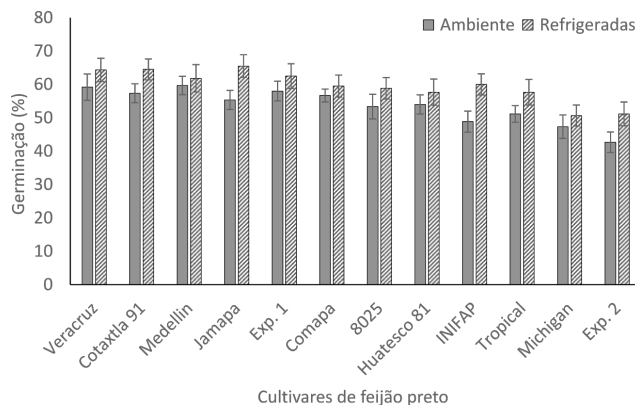


Figura 2 - Germinação de sementes de 12 cultivares de feijão-preto submetidas a dois tipos de armazenamento.

As cultivares que apresentaram maiores reduções na germinação, dependendo do tipo de armazenamento, foram 'Jamapa' e 'INIFAP' com 10,2 e 11,7, respectivamente. Observou-se que algumas cultivares, apesar de não se destacarem na germinação, não apresentaram fortes afetações na germinação dependente do armazenamento. 'Medellín' e 'Comapa' somente reduziram 2,17 e 2,83 pontos percentuais, ou seja, pode-se considerar que toleram melhor as condições de armazenamento sem afetar de forma importante a germinação. As temperaturas de armazenamento oscilaram entre 2 e 6 °C para as condições refrigeradas, a exceção do mês de fevereiro na qual se apresentou um prejuízo na refrigeração que incrementou a temperatura em média até 12 °C e umidade relativa de 50 % (Figura 3). Isto pode ter influenciado a resposta da germinação durante o período de armazenamento.

Ao analisar a resposta da germinação com base no tempo de armazenamento esta diminuiu

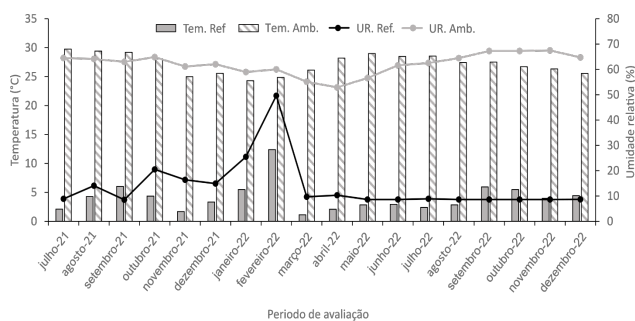


Figura 3 - Temperatura e umidade relativa durante o armazenamento de 12 cultivares de feijão-preto na Península de Yucatán, México.

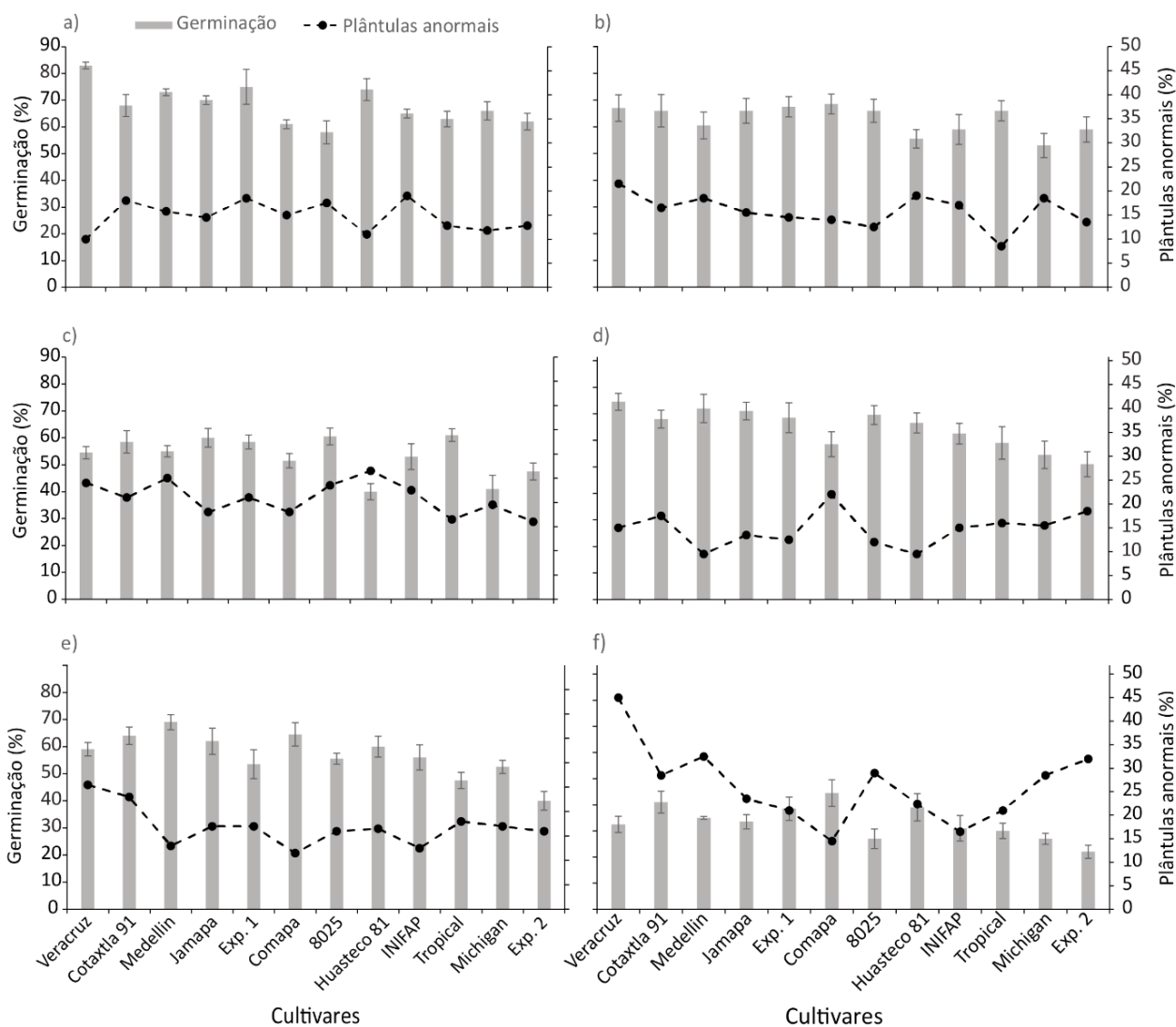


Figura 4 - Germinação e plântulas anormais de 12 cultivares de feijão-preto armazenadas por diferentes períodos. a) 0 meses; b) 3 meses; c) 6 meses; d) 9 meses; e) 12 meses e f) 18 meses.

consideravelmente. Após 18 meses reduziu 48 % em média com relação à germinação inicial, e incrementou-se a porcentagem de plântulas anormais em 11,49 pontos percentuais (Quadro 1). A média de germinação obtida durante o sexto mês foi menor que aos nove meses, enquanto que a porcentagem de plântulas anormais foi superior aos nove meses, esta variação atribuiu-se às avarias na refrigeração, que causou aumento da temperatura e umidade dentro da geladeira (Figura 3). Em quanto à interação das cultivares com relação ao tempo de armazenamento, todas as cultivares apresentaram afetações e registram-se diferenças ($p \leq 0,05$) na resposta, a maioria das cultivares reduziram a

germinação durante o tempo de avaliação e aumentaram as plântulas anormais, por exemplo, 'Exp. 2' e 'Veracruz' diminuíram a germinação até 64 e 60 %, respectivamente, enquanto 'Michigan', '8025', 'Jamapa', 'Medellín', 'Tropical' e 'INIFAP' apresentaram reduções acima do 50 %, a cultivar 'Comapa' apresentou uma redução de 27 % ao final da avaliação, e a porcentagem de plântulas anormais manteve-se entre 11 e 22 %, enquanto 'Veracruz' passou de 10 % a 45 % de plântulas anormais ao final da avaliação (Figura 4). Nesse sentido, também Tahir *et al.* (2023) observaram que o aumento na atividade de formas ativas de oxigênio em sementes de arroz durante o armazenamento levou

à diminuição da germinação; além disso, as espécies reativas de oxigênio (ROS), em vários tipos de sementes armazenadas, foram aumentando com a deterioração, reduzindo a germinação (Stegner *et al.*, 2022). Inclusive com essas reduções obtidas, a gestão das sementes sob armazenamento refrigerado foi a melhor opção. Verificaram-se diferenças ($p \leq 0,05$) na germinação entre armazenar em condições ambientais, as quais oscilaram entre 25 e 30 °C, e 55 e 65 % de umidade relativa (Figura 3), contra armazenar em refrigeração (4 °C e 13 % HR), reportando-se uma redução de 4 pontos percentuais (Quadro 1).

Durante os 18 meses de avaliação manteve-se esta tendência, a resposta de maior germinação nas sementes armazenadas sob refrigeração (Figura 5), com exceção de 18 meses que apresentou uma leve redução de 4 pontos percentuais sem que seja significativamente diferente ($p \leq 0,05$); de igual forma, a presença de plântulas anormais foi incrementando; em média foram 19 % de plântulas anormais em condição ambiental contra 18 % das sementes refrigeradas durante o período de avaliação, porém, aos 18 meses incrementou mais do 100 % com relação ao mês do início, na porcentagem de plântulas anormais que indica deterioração de sementes armazenadas (Figura 5). Os resultados obtidos coincidem com os reportados por vários autores, que explicam como a umidade relativa e temperatura de armazenamento podem influir na resposta da germinação, afetando a qualidade fisiológica das sementes (Gonçalves Francisco & Usberti, 2008; Pérez Camacho *et al.*, 2012; Hendges *et al.*, 2017; Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2022). A viabilidade das sementes está diretamente relacionada com o poder da germinação e está dependerá do tempo e condições do armazenamento, sementes armazenadas a temperaturas e umidade relativa altas associam-se com altas taxas de respiração e incremento da atividade enzimática (Gebeyehu, 2020). Nesse sentido, Rios *et al.* (2002) reportam aumento do composto polifenoloxidase, relacionado com o escurecimento das testas. Rani *et al.* (2013) reportam, em sementes de feijão de coloração bege com listras marrons, reduções da germinação, incremento na presença de ácidos gordos livres e mudança na cor das testas, com o aumento no tempo de armazenamento e temperatura. Segundo Stegner *et al.* (2022) e Kurek *et al.* (2019) a presença de compostos como os tocoferóis contribuem

para reduzir os danos que se apresentam durante o armazenamento. Esses autores reportam altas concentrações destes compostos em sementes de feijão, isso permite manter a germinação até cinco anos, porém, existem fatores que influenciam a concentração desses compostos como o solo, a temperatura, a umidade durante a produção e enchimento da semente (Haro *et al.*, 2020) e estas concentrações afetam a longevidade em armazenamento. Outros autores indicam que a longevidade das sementes relaciona-se com a quantidade de lipídios que contêm, assim espécies com altas concentrações de lipídios podem ter menor vida de armazenamento, enquanto as sementes com muita proteína e/ou carboidratos apresentam menos danos (Nagel & Börner, 2010). Para feijão reportam-se altas concentrações de proteínas (14 a 33 %), 56 % de carboidratos, 12 % de água, 4,5 % de fibra, 4 % de cinza e 1,5 % de lipídios (Rios *et al.*, 2002; Morales-Santos *et al.*, 2017), porém, inclusive com estas características na composição, as condições ambientais durante a produção, o acondicionamento pós-colheita e as condições de gestão do armazenamento influenciam no tempo da viabilidade das sementes (Permuy Abeleira *et al.*, 2008). Inclusive existe variabilidade genética relacionada com a germinação, como mencionam Maia *et al.* (2011) com 97 linhagens de feijão. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram efeitos na germinação devido ao armazenamento, mas foi possível identificar, entre as cultivares avaliadas, que há algumas menos afetadas, como a cultivar 'Comapa', cuja germinação não foi a mais destacada na avaliação (58 %), mas foi a que apresentou o maior peso de 100 sementes (19,38 g) e a redução na germinação foi a mais baixa, dependendo do tipo de armazenamento, enquanto as cultivares 'Veracruz' e 'Jamapa' apresentaram reduções importantes na germinação sob condição ambiental. Neste trabalho foi possível observar deterioração de todas as cultivares até mesmo as refrigeradas, que mostraram reduções na germinação e incremento na presença de plântulas anormais, o qual pode ser explicado por Ebone *et al.* (2019) e Zhang *et al.* (2021), que indicam que o deterioração das sementes é inevitável e as altas temperaturas e umidade aceleram o processo, que pode ser explicado em três fases 1) leves reduções de vigor causados pela redução de açúcares reduzidos. 2) danos oxidativos e peroxidação de lipídios e 3) destruição das membranas das mitocôndrias e colapso celular. De acordo com

Ellis (2019) e Zhou *et al.* (2020) o tempo e momento no início da deterioração das sementes dependerá de vários fatores, desde a produção em campo até as condições de armazenamento e vai variar com as modificações que se apresentam nos diferentes sistemas de produção. Nas condições do trópico limita-se o tempo de armazenamento das sementes, devido à rapidez dos processos metabólicos, pelo que os sistemas refrigerados são a melhor opção

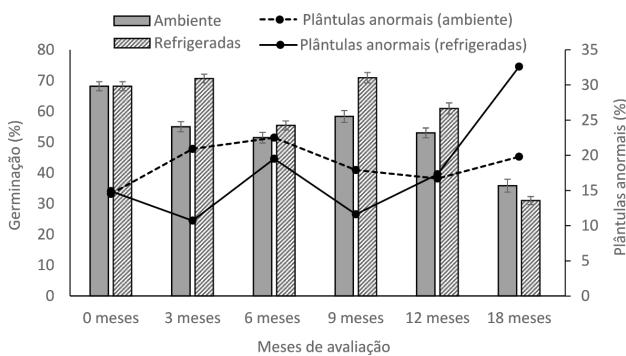


Figura 5 - Germinação de sementes de feijão-preto e plântulas anormais submetidas a dois tipos de armazenamentos durante 18 meses.

para armazenar e conservar por determinado período de tempo. Nos bancos comunitários, onde o tempo de armazenamento é mínimo, com uma geladeira seria o suficiente para manter em ótimas condições as sementes e evitar a perda de coleções genéticas valiosas para os agricultores.

CONCLUSÕES

O armazenamento de sementes de feijão-preto foi afetado pelas condições ambientais do trópico, reduzindo consideravelmente a germinação. Verificaram-se diferenças entre as cultivares na tolerância ao armazenamento em condições ambientais, podendo identificarse a cultivar 'Comapa' como a menos afetada.

É importante fazer a gestão adequada do armazenamento (temperatura e umidade) que permita prolongar a viabilidade das sementes a conservar. Temperaturas abaixo de 5 °C e umidades relativas controladas de 13 % permitem manter a germinação até um ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonio-Bautista, A.; Vázquez-Badillo, M.E.; Reyes-Valdés, M.H.; Flores-López, C.; Cruz-Gutiérrez, E. J. & González-Uribe, D.U. (2020) - Equilibrio higroscópico en semillas forestales de zonas áridas y su efecto en la calidad fisiológica. *Polibotánica*, vol. 50, p. 67–81. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.5>
- Bakhtavar, M.A.; Afzal, I. & Basra, S.M.A. (2019) - Moisture adsorption isotherms and quality of seeds stored in conventional packaging materials and hermetic Super Bag. *PLoS One*, vol. 14, n. 2, art. e0207569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207569>
- Brackmann, A.; Neuwald, D.A.; Ribeiro, N.D. & Freitas, S.T. de (2002) - Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. *Ciência Rural*, vol. 32, n. 6, p. 911–915. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782002000600001>
- Cassol, F.D.R.; Fortes, A.M.T.; Mendonça, L.C.; Buturi, C.V. & Marcon, T.R. (2016) - Physiological behavior of bean's seeds and grains during storage. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 88, n. 2, p. 1069–1077. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140640>
- Ebone, L.A.; Caverzan, A. & Chavarria, G. (2019) - Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 145, p.34–42. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.028>
- Ellis, R.H. (2019) - Temporal patterns of seed quality development, decline, and timing of maximum quality during seed development and maturation. *Seed Science Research*, vol. 29, n. 2, p. 135–142. <https://doi.org/10.1017/S0960258519000102>
- Farias, M.J.; Russi, N.U.; Taschetto, F.T.; Swarowsky, A. & Denardi, M.J. (2022) - Physiological and sanitary quality of black bean seeds dependent on storage time and initial seed moisture content. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 16, n. 2, p. 78–80. <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i2.13898>
- Gebeyehu, B. (2020) - Effect of Seed Storage Period and Storage Environment on Seed Quality. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, vol. 6, n. 6, p. 185–190. <https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20200606.14>
- Gonçalves Francisco, F. & Usberti, R. (2008) - Seed health of common bean stored at constant moisture and temperature sanidade de sementes de feijão armazenadas a umidade e temperatura constantes. *Scientia Agricola*, vol. 65, n. 6, p. 613–619. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000600007>
- Haro, R.J.; Dardanelli, J.L. & Martínez, M.J. (2020) - Effect of soil temperature during seed filling period on oleic/linoleic ratio, tocopherols and sugar contents in peanut kernels. *Grasas y Aceites*, vol. 71, n. 3, art. e369. <https://doi.org/10.3989/GYA.0449191>
- Hendges, C.; Luzzi, D.; Walcker, R.; Finger, J.I.; Carmelo, D.B.; Lubian, C.; Rinaldi, L.K.; Chiapetti, T.P.; Belmonte, C.; Chidichima, L.P. da S. & Kaefer, J.E. (2017) - Physiological Potential of Bean Seeds under Different Storage Temperatures. *Journal of Agricultural Science*, vol. 9, n. 12, p. 82-87. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n12p82>
- ISTA (2005) - *International Rules for Seed Testing*. Edition 2005. International Seed Testing Association. Bassersdorf, CH- Switzerland.
- Kandil, A.; Sharief, E.; Sheteiwy, M. (2013) - Effect of Seed Storage Periods, Conditions and Materials on Germination of Some Soybean Seed Cultivars. *American Journal of Experimental Agriculture*, vol. 3, n. 4, p. 1020–1043. <https://doi.org/10.9734/ajea/2013/3590>
- Kurek, K.; Plitta-Michalak, B. & Ratajczak, E. (2019) - Reactive oxygen species as potential drivers of the seed aging process. *Plants*, vol. 8, n. 6, art. 174. <https://doi.org/10.3390/plants8060174>
- Maia, L.G.S.; Silva, C.A.; Ramalho, M.A.P. & De Fátima Barbosa Abreu, Â. (2011) - Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 2, p. 361–367. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000200018>
- Matsue, Y.; Uchikawa, O.; Sato, H.; Tanaka, K.; Matsue, Y.; Uchikawa, O.; Sato, H. & Tanaka, K. (2005) Productivity of the Soybean Seeds Stored for Various Periods. *Plant Production Science*, vol. 8, n. 4, p. 393-396. <https://doi.org/10.1626/pps.8.393>
- Mederos, Y. (2006) - Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, vol. 27, n. 3, p. 55–62.

- Morales-Santos, M.E.; Peña-Valdivia, C.B.; García-Esteva, A.; Aguilar-Benítez, G. & Kohashi-Shibata, J. (2017) - Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociência*, vol. 51, n. 1, p. 43–62.
- Moreno, M.E. (1996) - *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. México. 393 p.
- Muñoz-Gutiérrez, L.; Ríos-Saucedo, J.C.; García-García, D.A. & Hernández- Pérez, C.A. (2022) - Efecto del almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semillas de *Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, vol. 9, n. 2, art. 3165. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3165>
- Nagel, M. & Börner, A. (2010) - The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. *Seed Science Research*, vol. 20, n. 1, p. 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0960258509990213>
- Pérez Camacho, I.; González Hernández, V.; Ayala, G.O.J.; Carrillo, S.J.A.; Garcia, S.G.; Peña, L.A. & Cruz, C.E. (2012) - *Physalis ixocarpa* physiological seed quality in terms of maturity at harvest and storage conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, n. 1, p. 67–78.
- Permuy Abeleira, N.; Chaveco Pérez, O.; González Ferrer, J.; García Sánchez, E. & Hidalgo Figueroa, N. (2008) - Postharvest Losses of Common Bean Seed in a Traditional Storage System. *Agricultura Técnica en México*, vol. 34, n. 1, p. 91–100.
- Rani, P.R.; Chelladurai, V.; Jayas, D.S.; White, N.D.G. & Kavitha-Abirami, C.V. (2013) - Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. *Journal of Stored Products Research*, vol. 52, p. 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.11.003>
- Rios, A.O.; Abreu, C.M.P. & Corrêa, A.D. (2002) - Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 26, n. 3, p. 550–558.
- Sadaka, S.; Atungula, G. & Olatunde, G. (2016) - *Agriculture and Natural Resources Safe Grain Storage Period*. University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating.
- Srivastava, V.; Soni, A. & Sonam, K. (2015) - Analysis on Effect of Cold Stress in Bean Seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *American Journal of BioScience*, vol. 3, n. 4, p. 145–166. <https://doi.org/10.11648/j.ajbio.20150304.15>
- Stanisavljević, R.; Poštić, D.; Štrbanović, R.; Tabaković, M.; Jovanović, S.; Milenković, J.; Đokić, D. & Terzić, D. (2020) - Effect of seed storage on seed germination and seedling quality of *Festulolium* in comparison with related forage grasses. *Tropical Grasslands*, vol. 8, n. 2, p. 125–132. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(8\)125-132](https://doi.org/10.17138/TGFT(8)125-132)
- Stegner, M.; Wagner, J. & Roach, T. (2022) - Antioxidant depletion during seed storage under ambient conditions. *Seed Science Research*, vol. 32, n. 3, p. 150–156. <https://doi.org/10.1017/S0960258522000101>
- Tahir, A.; Afzal, I.; Khalid, E.; Razzaq, M. & Arif, M.A.R. (2023) - Rice seed longevity in the context of seed moisture contents and hypoxic conditions in the storage environment. *Seed Science Research*, vol. 33, n. 1, p. 39–49. <https://doi.org/10.1017/s0960258522000289>
- Zhang, K.; Zhang, Y.; Sun, J.; Meng, J. & Tao, J. (2021) - Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 158, p. 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.031>
- Zhou, W.; Chen, F.; Luo, X.; Dai, Y.; Yang, Y.; Zheng, C.; Yang, W. & Shu, K. (2020) - A matter of life and death: Molecular, physiological, and environmental regulation of seed longevity. *Plant Cell and Environment*, vol. 43, n. 2, p. 293–302. <https://doi.org/10.1111/pce.13666>