



Physiological seed quality in cultivars of the carioca bean produced in the North of São Paulo and kept under storage

Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão carioca produzidas no Norte de São Paulo e mantidas sob armazenamento

Carolina Cipriano Pinto^{1*}, Juliano Costa da Silva², Camila Baptista do Amaral³, Carina Oliveira e Oliveira⁴, Jordana de Araújo Flôres⁵, Leandro Borges Lemos⁶

Abstract: New bean cultivars, in addition to having high productivity, should meet requirements regarding the physiological attributes of the seeds, maintaining them during storage, minimising their deterioration and guaranteeing the producer a crop that is quickly and uniformly established. The aim of this study was to evaluate the physiological attributes of the seeds of thirteen bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) from the carioca commercial group, produced during the winter-spring harvest in the North of the state of São Paulo, at two different times: after harvest and during the eighth month of storage. The experimental design was completely randomised, in a 13 x 2 factorial scheme with four replications. The factors corresponded to the 13 carioca bean cultivars (Pérola, BRSMG Majestoso, BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, IPR Campos Gerais, IPR Tangará, IPR Andorinha, IPR 139, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Alvorada, IAC Milênio and Bola Cheia) and two periods of evaluation (0: after harvest and 8: eight months after harvest). Each of the cultivars under study displayed physiological qualities that were within the required standards after harvest. The BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, BRSMG Majestoso, IAC Imperador and IPR Andorinha cultivars maintain germination within these standards after eight months of storage. The seeds of the IAC Imperador cultivar show greater vigour than those of the other cultivars when produced during the winter-spring harvest in the North of the state of São Paulo.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L. Physiological attributes. Storage. Genotypes.

Resumo: As novas cultivares de feijoeiro, além de ter alta produtividade, devem atender as exigências quanto aos atributos fisiológicos das sementes e mantê-las durante o armazenamento, minimizando a sua deterioração e garantindo ao produtor uma lavoura que se estabeleça de forma rápida e uniforme. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos fisiológicos das sementes de treze cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo comercial carioca, produzidas na safra inverno-primavera no Norte do estado de São Paulo, em duas épocas: após a colheita e no oitavo mês de armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 13 x 2, com quatro repetições. Os fatores corresponderam as 13 cultivares de feijão carioca (Pérola, BRSMG Majestoso, BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, IPR Campos Gerais, IPR Tangará, IPR Andorinha, IPR 139, IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Alvorada, IAC Milênio e Bola Cheia) e duas épocas de avaliação (0: após colheita e 8: aos oito meses após a colheita). Todas as cultivares estudadas apresentam qualidades fisiológicas dentro dos padrões após a colheita. As cultivares BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, BRSMG Majestoso, IAC Imperador e IPR Andorinha mantêm a germinação dentro dos padrões após 8 meses de armazenamento. As sementes da cultivar IAC Imperador apresentam maior vigor que as demais cultivares quando produzidas na safra inverno-primavera no Norte do estado de São Paulo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Atributos fisiológicos. Estocagem. Genótipos.

*Corresponding author

Submitted for publication on 30/06/2020, approved on 10/12/2020 and published on 16/02/2021

¹Engenheira Agrônoma. Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Pelotas – RS, Brasil. E-mail: carolina.ccp@hotmail.com

²Professor Titular de Engenharia Agrônoma do Centro Universitário de Votuporanga, UNIFEV. E-mail: jcsagro@gmail.com

³Engenheira Agrônoma. Doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal – SP, Brasil. E-mail: camila.agro07@gmail.com

⁴Engenheira Agrônoma. Doutorado em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba – SP, Brasil. E-mail: carina.oliveiras@ymail.com

⁵Professora - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, IFRO, Vilhena – RO, Brasil. E-mail: jordana_flores@hotmail.com

⁶Professor Assistente - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal – SP, Brasil. E-mail: leandrobl@fcav.unesp.br

INTRODUCTION

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most highly produced crops in Brazil and around the world. Its importance is due to the food and nutrition security afforded by the high protein content of its grain, which make it one of the principal sources of protein in the human diet, in addition to its cultural relevance in the cuisine of several countries (BARBOSA; GONSAGA, 2012; ZUCARELI *et al.*, 2015).

The production of this legume requires various inputs, including high quality seeds. This input is of greatest significance in the context of productivity, and in order to be considered of high quality, must present satisfactory sanitary, physical, genetic and physiological characteristics (SILVA *et al.*, 2014).

Respiration and other metabolic processes in the seeds remain active after harvest, in most cases causing a loss of quality. These processes can be reduced and/or delayed by reducing the humidity, which is commercially the most common way of prolonging conservation time. But even under low humidity, the seeds lose their quality due to weight loss and energy consumption by the respiratory process, an increase in cracking and the occurrence of pests and fungi. In addition, long periods of storage can increase cooking time, reduce germination and cause darkening of the integument in light-coloured beans of the carioca type, reducing their commercial value (BRACKMANN *et al.*, 2002).

During storage, the product undergoes gradual, irreversible and cumulative deterioration, whose speed depends on the environment, the chemical components and the physical condition of the seeds at the start of storage (SARTORI, 1996). Storage after harvest should therefore be carried out in such a way as to reduce the biochemical reactions that cause a loss of physiological seed quality, in addition to providing conditions that help protect against the development of insects or fungi (ZUCARELI *et al.*, 2015).

Seed quality is the result of the interaction of four factors: genetic, physical, sanitary and physiological (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). The physiological factor is evaluated using tests of germination and vigour. Germination alone does not guarantee seed quality, being an efficient test to obtain information on the potential for producing a normal plant under favourable field conditions. However, when the seeds are in the ground, conditions can be adverse and influence germination; for this reason, behaviour under such conditions is estimated using tests of vigour (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas mais produzidas no Brasil e no mundo. A sua importância é devida à segurança alimentar e nutricional baseadas no alto conteúdo proteico dos seus grãos, tornando-o, portanto, uma das principais fontes de proteína da dieta humana, além de ter relevância cultural na culinária de diversos países (BARBOSA; GONZAGA, 2012; ZUCARELI *et al.*, 2015).

A produção dessa leguminosa requer diversos insumos, entre eles sementes de alta qualidade. Esse insumo é de maior significância no contexto de produtividade e, para que seja considerada de alta qualidade, deve apresentar características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas (SILVA *et al.*, 2014).

A respiração e outros processos metabólicos das sementes continuam ativos após a colheita, ocasionando, na maioria das vezes, perdas de qualidade. Esses processos podem ser diminuídos e/ou retardados por meio da redução da umidade, que é a forma mais usada comercialmente para prolongar o tempo de conservação. Mas mesmo com uso de baixa umidade, as sementes perdem qualidade devido à perda de peso e consumo de energia pelo processo respiratório, pelo aumento de rachaduras e ocorrência de pragas e fungos. Além disso, o longo período de armazenamento pode elevar o tempo de cozimento, diminuir a germinação e causar escurecimento do tegumento em feijão claro, do tipo carioca, depreciando seu valor comercial (BRACKMANN *et al.*, 2002).

Durante o armazenamento ocorre a deterioração do produto de forma gradativa, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, dos seus próprios componentes químicos e da condição física das sementes no início do armazenamento (SARTORI, 1996). Portanto, o armazenamento após a colheita deve ser conduzido de maneira a reduzir as reações bioquímicas que provocam perda da qualidade fisiológica das sementes, além de proporcionar condições de proteção contra o desenvolvimento de insetos e fungos (ZUCARELI *et al.*, 2015).

A qualidade de sementes é resultado da interação de quatro fatores: genético, físico, sanitário e fisiológico (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O fator fisiológico é avaliado pelos testes de germinação e vigor. Somente a germinação não garante a qualidade da semente, sendo um teste eficiente para obter informações sobre o potencial para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo. Entretanto, quando as sementes estão no solo as condições podem ser adversas, influenciando na germinação, e para isso estima-se o comportamento destas condições pelos testes de vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Vigour represents the sum of attributes that afford the seed the potential to germinate, emerge and quickly result in normal seedlings under a wide range of environmental conditions (BAALBAKI *et al.*, 2009). Seed deterioration is a process that affects vigour. This process begins with the seeds still in the field after physiological maturity and continues during harvest, processing and storage (MARCOS FILHO, 1999), being affected by the cultivar.

The bean has many varieties, and although a large number of studies of the crop have been carried out, the new varieties require more research, especially post-harvest (ANDRADE *et al.*, 2006). The aim of this study therefore was to evaluate the physiological attributes of the seeds of thirteen bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*) from the carioca commercial group, produced during the winter-spring harvest in the North of the state of São Paulo (SP), at two different times: after harvest and during the eighth month of storage.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried out in Jaboticabal, SP, at the Faculty of Agricultural and Veterinary Sciences, located at 21°15'22" S and 48°18'58" W, at an altitude of 565 m. The climate in the region is type Aw, humid tropical with a rainy season during the summer and a dry season during the winter.

The experimental design was completely randomised, in a factorial scheme (13 x 2) with four replications. The factors corresponded to thirteen cultivars of the carioca bean (Pérola, BRSMG Majestoso, BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, IPR Campos Gerais, IPR Tangará, IPR Andorinha, IPR 139 (Juriti Claro), IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Alvorada, IAC Milênio and Bola Cheia) and two periods of evaluation (0: after harvest and 8: eight months after harvest).

The seeds used were produced during the winter-spring harvest. Twelve seeds were planted per metre at a spacing of 0.45 m between rows to obtain a population density of 240,000 plants ha⁻¹. Each experimental plot comprised four rows, 5 m in length, with the two central rows considered the working area, disregarding 0.5 m from the end of each row. When sowing, fertilisation consisted of 300 kg ha⁻¹ of 08-28-16 commercial formulation. Cover fertiliser was applied in two stages: the first at stage V₄, consisting of 50 kg ha⁻¹ N, using 20-00-20 formulation, and the second at stage V_{4.5}, of 60 kg ha⁻¹ N using urea, followed by an irrigation depth of 15 mm of water.

O vigor representa a soma de atributos que conferem à semente o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais (BAALBAKI *et al.*, 2009). A deterioração da semente é um processo que afeta o vigor. Esse processo começa com as sementes, ainda no campo após a maturidade fisiológica, e continua durante a colheita, beneficiamento e armazenamento (MARCOS FILHO, 1999), sendo afetado pela cultivar.

O feijão possui muitas variedades e por mais que exista uma grande quantidade de estudos realizados sobre a cultura, as novas variedades demandam pesquisas, principalmente, na área pós-colheita (ANDRADE *et al.*, 2006). Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar os atributos fisiológicos das sementes de treze cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do grupo comercial carioca, produzidas na safra inverno-primavera no Norte do estado de São Paulo, em duas épocas, após a colheita e no oitavo mês de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em Jaboticabal (SP), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, situada na latitude de 21°15'22" S e longitude 48°18'58" W, a 565 m de altitude. O clima da região é tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (13 x 2), com quatro repetições. Os fatores corresponderam a treze cultivares de feijão carioca (Pérola, BRSMG Majestoso, BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, IPR Campos Gerais, IPR Tangará, IPR Andorinha, IPR 139 (Juriti Claro), IAC Imperador, IAC Formoso, IAC Alvorada, IAC Milênio e Bola Cheia) e duas épocas de avaliação (0: após a colheita e 8: oito meses após a colheita).

As sementes utilizadas foram produzidas durante a safra de inverno-primavera, em que foram distribuídas 12 sementes por metro de sulco e espaçamento de 0,45 m entre linhas, visando obter densidade populacional de 240.000 plantas ha⁻¹. Cada parcela experimental constituiu de 4 linhas com 5 m de comprimento, sendo considerada área útil as duas linhas centrais, desprezando 0,5 m de cada extremidade. A adubação de semeadura constou de 300 kg ha⁻¹ do formulado comercial 08-28-16. As adubações de cobertura foram realizadas em duas etapas: a primeira no estágio V₄ que constou de 50 kg ha⁻¹ de N, via fertilizante formulado 20-00-20 e a segunda no estágio V_{4.5} de 60 kg ha⁻¹ de N, via ureia, seguidas por aplicação de lâmina d'água de 15 mm.

The bean crop was maintained under irrigation by means of a conventional sprinkler system. During the experiment, phytosanitary practices were carried out as needed. Between 25 and 30 DAE, pyraclostrobin (75 g ha⁻¹ ai) and a mixture of thiametoxan + lambda-cyhalothrin (14.1 + 10.6 g ha⁻¹ ai) were applied using a spray regulated for a volume of 150 L ha⁻¹. Weeds were controlled manually until the spaces between the rows were covered by the crop.

During the harvest, which was carried out at the maturation stage of each cultivar, when the seeds presented 18% wb, the plants were uprooted and left to dry under full sun followed by mechanical threshing to standardise the moisture content of the grains to 13% wb. After weighing, the grains were sieved, with any samples retained by a no. 13 sieve (13/64 in) being used to evaluate the physiological attributes. The samples were then placed in airtight plastic bags (15.5 x 12 cm), using five bags containing 340 g of grain per cultivar and stored under ambient conditions for eight months (January to August 2014).

Each week, the temperature and relative humidity of the environment, both where the seeds were stored and inside the packaging of one sample per cultivar, were evaluated using a thermo-hygrometer. The device has a sensor that was placed inside the sample to assess the maximum and minimum temperature and humidity. The relative humidity (%) of the environment averaged 51%, with a mean temperature of 24.7 °C. The mean air temperature was 23.7 °C with a relative humidity of 51% (Figure 1). The water content of the seeds entered a state of hygroscopic balance with the relative humidity, each cultivar maintaining a similar value over time, with mean values of 11.1%, 11.8% and 12.2% after 0, 4 and 8 months of storage respectively.

To determine the variables of physiological quality, the following evaluations were carried out:

Water content (%): in an oven at 105 ± 3 °C for 24 h, as per the instructions of the Rules for Seed Analysis (BRAZIL, 2009).

Standard germination test (%): performed with four sub-samples of 50 seeds from each treatment, which were sown at a depth of 3 cm in plastic boxes (26 x 16 x 9 cm) containing sieved, sterilised sand, moistened with distilled water at 60% of the retention capacity. The boxes were kept in the laboratory, at a temperature between 20 and 25 °C, with the evaluations made 5 and 9 days after setting up the test (BRAZIL, 2009).

A cultura do feijoeiro foi mantida sob irrigação por meio de sistema do tipo aspersão convencional. Durante o experimento foram realizadas práticas fitossanitárias de acordo com a necessidade. Entre 25 e 30 DAE, foi realizada a aplicação de piraclostrobina (75 g ha⁻¹ de i.a.) e da mistura tiametoxan + lambda-cialotrtrina (14,1 + 10,6 g ha⁻¹ de i.a.), utilizando pulverizador regulado para volume de calda de 150 L ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capina manual até o fechamento das entrelinhas pela cultura.

Por ocasião da colheita, que foi realizada no estágio de maturação de cada cultivar, as sementes apresentavam 18% b.u., as plantas foram arrancadas e colocadas para secagem a pleno sol e posterior trilha mecanizada, padronizando o teor de umidade dos grãos para 13% b.u. Após a pesagem, procedeu-se o rendimento de peneira. As amostras retidas na peneira 13 (13/64" pol.) foram utilizadas nas avaliações dos atributos fisiológicos. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados (15,5 x 12 cm), com 340 g de grãos, utilizando-se 5 sacos por cultivar e armazenados sob condições ambientais durante 8 meses (janeiro a agosto de 2014).

Semanalmente, avaliou-se a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente onde se encontravam armazenadas as sementes e no interior da embalagem de uma amostra por cultivar, utilizando-se um termo-higrômetro. O aparelho possui sensor que foi acondicionado no interior de uma amostra para avaliar temperatura máxima e mínima e a umidade. A umidade relativa do ar (%) do ambiente teve média de 51% e a temperatura foi de 24,7 °C. A temperatura média do ar foi de 23,7 °C e umidade relativa do ar de 51% (Figura 1). Os teores de água das sementes entraram em equilíbrio higroscópico com a umidade do ar, e todas as cultivares mantiveram valores semelhantes ao longo do tempo, apresentando médias de 11,1%, 11,8% e 12,2% aos 0, 4 e 8 meses de armazenamento, respectivamente.

Para a determinação das variáveis de qualidade fisiológica foram realizadas as seguintes avaliações:

Teor de água (%): foi realizado em estufa a 105 ±3 °C, durante 24 h, seguindo as instruções das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Teste padrão de germinação (%): realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamento. 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 a 60% da capacidade de retenção. As caixas foram mantidas em laboratório, com temperatura entre 20 e 25 °C, realizando-se as avaliações aos 5 e 9 dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

First count germination test: carried out together with the germination test and consisting of recording the percentage of normal seedlings, verified 5 days after setting up the test.

Accelerated ageing (%): conducted using four sub-samples of 50 seeds from each treatment, distributed on an aluminium mesh tray fixed inside Gerbox plastic boxes. Forty mL of distilled water were placed at the bottom of each box, which were then left for 72 h in a germinator set to 42 °C, as per the methodology proposed by Marcos Filho (1999). The seeds corresponding to each sub-sample were left to germinate for 5 days, as described in the germination test above, when a count was taken of all normal seedlings and the data transformed into a germination percentage.

Electrical conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$): conducted with four sub-samples of 25 seeds from each treatment. Seed weight was obtained using a precision scale (0.01 g). The seeds were then placed in a container containing 75 mL of deionised water and kept in a germination chamber at 25 °C for 24 h (VIEIRA; KRYSANOWSKI, 1999). After this period, the electrical conductivity of the imbibition solution was taken using a digital conductivity meter. The result, obtained in $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, was divided by the weight (g) of the sample, so that the final value for electrical conductivity was expressed based on the sample weight.

Seedling length (cm): carried out on four sub-samples of ten seeds from each treatment following the same procedure as in the germination test. Five days after sowing, the primary root and hypocotyl of all normal emerged seedlings were measured with the aid of a ruler (NAKAGAWA, 1999).

Seedling dry weight (mg per seedling): normal seedlings were evaluated by measuring their length excluding the cotyledons. The replications of each treatment were packed in paper bags, identified, taken to a forced air circulation oven and maintained at a temperature of 65 °C to constant weight (NAKAGAWA, 1999). After this period, the weight of each replication was evaluated on a balance with an accuracy of 0.001 g.

Immersion in sodium hypochlorite (mechanical damage - %): four sub-samples of 100 seeds were used for each treatment, placed in Petri dishes and covered with 5% sodium hypochlorite solution for 10 minutes. The seeds were then distributed on paper towels and the number of swollen seeds was counted.

Primeira contagem do teste de germinação: realizada juntamente com o teste de germinação e constou do registro da porcentagem de plântulas normais, verificada aos 5 dias após a instalação do teste.

Envelhecimento acelerado (%): conduzido com quatro sub-amostras de 50 sementes, para cada tratamento, distribuídas sobre bandeja de tela de alumínio, fixada no interior de caixas plásticas tipo Gerbox. No fundo das caixas foram colocados 40 mL de água destilada, sendo posteriormente levadas a um germinador, regulado a 42 °C por 72 h, conforme metodologia proposta por Marcos Filho (1999). As sementes correspondentes a cada sub-amostra foram colocadas para germinar da mesma forma descrita no teste de germinação, durante 5 dias, quando se realizou a contagem de plântulas normais, sendo feita a transformação dos dados em porcentagem de germinação.

Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$): conduzido com quatro sub-amostras de 25 sementes para cada tratamento. A massa das sementes foi obtida em balança de precisão (0,01 g), a seguir colocadas para embeber em recipiente contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em câmara (germinador) à temperatura de 25 °C durante 24 h (VIEIRA; KRZYKANOWSKI, 1999). Após esse período foi realizada a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, usando condutivímetro digital. O resultado obtido em $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ foi dividido pela massa da amostra (g), para que o valor final da condutividade elétrica fosse expresso com base na massa da amostra.

Comprimento de plântulas (cm): realizado a partir de quatro sub-amostras de dez sementes de cada tratamento, obedecendo o mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Após cinco dias da semeadura foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e hipocótilo), com auxílio de uma régua (NAKAGAWA, 1999).

Massa seca de plântulas (mg por plântula): foram avaliadas as plântulas normais, obtidas a partir da medição do comprimento, excluindo destas os cotilédones. As repetições de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 65 °C até atingirem massa constante (NAKAGAWA, 1999). Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001 g.

Teste de imersão em hipoclorito de sódio (dano mecânico - %): foram utilizadas quatro sub-amostras de 100 sementes para cada tratamento, colocadas em placas de Petri e cobertas com solução de hipoclorito de sódio a 5%, durante 10 minutos. Após este período, as sementes foram distribuídas sobre folhas de papel-toalha, procedendo-se à contagem do número de sementes intumescidas.

The results were submitted to the Shapiro-Wilk test of normality, which indicated that there was no need for transformation. The data were then submitted to analysis of variance by F-test ($p \leq 0.05$) and the mean values grouped by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$). All analyses were carried out using the System for Analysis of Variance – SISVAR software (FERREIRA, 2011).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk que indicou a não necessidade de transformação. Em seguida, foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), e as médias agrupadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises foram executadas empregando o programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

Physiological quality is directly influenced by the water content of the seeds, especially under storage conditions, when it was found that the seeds entered a state of hygroscopic balance, never reaching values greater than 12.2% during storage (Figure 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade fisiológica é diretamente influenciada pelo teor de água das sementes, principalmente durante as condições de armazenamento, observou-se que as sementes entraram em equilíbrio higroscópico, não atingindo valores acima de 12,2% durante o armazenamento (Figura 1).

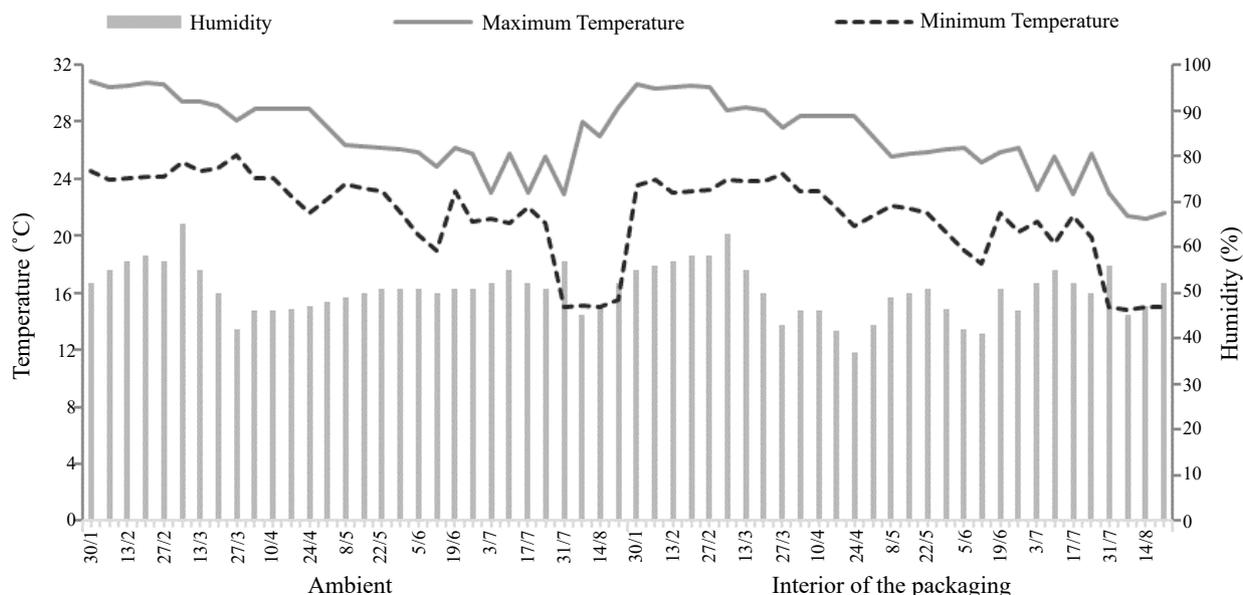


Figure 1 - Maximum and minimum temperatures and moisture content recorded in the environment and inside the packaging during the storage of carioca bean cultivars, Jaboticabal, SP, 2014.

Figura 1 - Temperaturas máxima e mínima e teor de umidade registrados no ambiente e no interior da embalagem durante o armazenamento das cultivares de feijão carioca, Jaboticabal, SP, 2014.

According to Silva *et al.* (2014) and Abreu *et al.* (2013), conditions at the place of storage have a direct influence on the water content of the seeds due to their hygroscopic character, causing great changes in the temperature and relative humidity in the storage environment, altering the rate of seed deterioration and consequently reducing the physiological quality of the seeds.

De acordo com Silva *et al.* (2014) e Abreu *et al.* (2013), as condições do local de armazenamento influenciam diretamente no teor de água das sementes, devido ao seu caráter higroscópico, provocando grandes mudanças na temperatura e na umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento e alterando a taxa de deterioração das sementes e, consequentemente, reduzindo a qualidade fisiológica das sementes.

The low moisture content of the seeds and storage environment reduces enzyme activity and the metabolic activity of the seeds and microorganisms, enabling physiological quality to be maintained for a longer period, delaying deterioration and increasing conservation time (CARDOSO *et al.*, 2012; RESENDE *et al.*, 2010).

For the attributes: germination, first count germination, accelerated ageing, electrical conductivity, hypocotyl length, primary root length and seedling dry weight, significant interactions were seen between the factors cultivar (C) and storage time (S) for all the variables under analysis (Table 1). There was a significant effect from the isolated factors on all the evaluated characteristics.

From the data in Table 2, it can be seen that the BRSMG Madrepérola, IPR 139 and Bola Cheia cultivars showed the highest values for germination when freshly harvested; however, there was a reduction after 8 months of storage. The BRS Estilo, IAC Imperador and IPR Andorinha cultivars stood out for maintaining their germination power throughout the storage period.

In general, the cultivars presented greater than 80% germination at the start of storage. As such, each cultivar can be used for seeds when freshly harvested, as they all showed germination above the recommended standard of 80% (MAPA, 2013). After eight months of storage, only the BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, BRSMG Majestoso, IAC Imperador, IPR Andorinha cultivars still showed values greater than 80%.

O baixo teor de umidade da semente e do ambiente de armazenamento reduz a atividade metabólica das sementes e da atividade dos microrganismos e enzimas, possibilitando a manutenção da qualidade fisiológica por um período mais prolongado, retardando a deterioração e conservando por maior tempo (CARDOSO *et al.*, 2012; RESENDE *et al.*, 2010).

Quanto aos atributos germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento do hipocótilo e raiz primária e massa seca de plântula, foram observadas interações significativas entre os fatores cultivares (C) e épocas de armazenamento (A) para todas as variáveis analisadas (Tabela 1). Houve efeito significativo dos fatores isolados sobre todas as características avaliadas.

De acordo com dados da Tabela 2, é possível verificar que as cultivares BRSMG Madrepérola, IPR 139 e Bola Cheia apresentaram os maiores valores de germinação quando recém colhidas. No entanto, houve diminuição após 8 meses de armazenamento. As cultivares BRS Estilo, IAC Imperador e IPR Andorinha se sobressaíram por manterem seu poder germinativo durante todo o período de armazenamento.

Em geral, as cultivares apresentaram germinação superior a 80% no início do armazenamento. Com isso, todas as cultivares estariam aptas a serem utilizadas como sementes quando recém colhidas, pois apresentaram germinação acima do padrão recomendado para sementes de feijão, que corresponde 80% de germinação (MAPA, 2013). Já após oito meses de armazenamento, apenas as cultivares BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, BRSMG Majestoso, IAC Imperador, IPR Andorinha apresentaram valores acima de 80%.

Table 1 - Summary of the analysis of variance of the data for germination (G), first count (FC), accelerated ageing (A), electrical conductivity (EC), hypocotyl length (HL), primary root length (RL) and seedling dry weight (DW), from the seeds of carioca bean cultivars (C) during storage (S). Jaboticabal, SP, 2014

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao teste de germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (E), condutividade elétrica (Cd), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento de raiz primária (CR) e massa seca de plântula (MS) de sementes de cultivares (C) de feijão carioca durante o armazenamento (A). Jaboticabal, SP, 2014

Cultivar	G	FC (%)	A	EC ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	HL (cm)	RL	DW (mg seedling ⁻¹)
F-test							
C	15.354**	7.967**	76.842**	149.534**	11.383**	7.421**	19.191**
S	293.334**	186.671**	228.584**	1121.183**	475.600**	132.628**	556.500**
Interaction C x S	15.256**	2.906**	7.656**	11.984**	22.476**	7.118**	21.724**
CV (%)	3.51	13.59	4.48	3.34	8.32	9.84	8.62

**Significant at 1% probability.

**Significativo a 1% de probabilidade.

Table 2 - Germination and first count germination in seeds of carioca bean cultivars during storage. Jaboticabal, SP, 2014⁽¹⁾

Tabela 2 - Germinação e primeira contagem de germinação de sementes de cultivares de feijão carioca, durante o armazenamento. Jaboticabal, SP, 2014⁽¹⁾

Cultivar	Storage (months)			
	0	8	0	8
	Germination		First count	
	(%)			
BRS Pérola	81 Ac	75 Bd	75 Aa	67 Aa
BRS Estilo	88 Ab	88 Aa	83 Aa	71 Aa
BRSMG Madrepérola	93 Aa	81 Bb	79 Aa	50 Bb
BRSMG Majestoso	86 Ab	84 Ab	61 Ab	46 Bb
IAC Alvorada	88 Ab	79 Bc	79 Aa	48 Bb
IAC Formoso	89 Ab	72 Bd	72 Ab	37 Bc
IAC Imperador	90 Ab	89 Aa	76 Aa	65 Aa
IAC Milênio	91 Ab	66 Be	79 Aa	55 Bb
IPR Andorinha	90 Ab	89 Aa	79 Aa	40 Bc
IPR Campos Gerais	80 Ac	77 Ac	67 Ab	32 Bc
IPR 139	93 Aa	79 Bc	80 Aa	50 Bb
IPR Tangará	91 Ab	74 Bd	85 Aa	60 Ba
Bola Cheia	95 Aa	76 Bc	83 Aa	71 Aa
Mean	89	79	77	53
F-test	8.840**	21.469**	2.384*	8.489**

⁽¹⁾Mean values followed by the same uppercase letter on a line and lowercase letter in a column, do not differ statistically by Scott-Knott test ($p \leq 0.05$). * and ** Significant at 5 and 1% probability respectively.

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

After twelve months storage in a cold chamber at 10 °C and 65% relative humidity, Silva *et al.* (2014) found that the BRSMG Madrepérola cultivar also maintained a germination rate of more than 80%. This shows that the BRSMG Madrepérola cultivar, both under ambient conditions and in a cold chamber, preserves its germination potential.

The result shown by the Pérola cultivar in the present study corroborates that of Silva *et al.* (2010), where regardless of the type of packaging used, seed germination in this cultivar decreased when stored under uncontrolled environmental conditions in the laboratory.

Após doze meses de armazenamento em câmara fria a 10 °C e 65% de umidade relativa do ar, Silva *et al.* (2014) observaram que a cultivar BRSMG Madrepérola também manteve o índice de germinação superior a 80%. Tal fato demonstra que a cultivar BRSMG Madrepérola, tanto em condições ambientais quanto em câmara fria, preserva seu potencial germinativo.

O resultado apresentado pela cultivar Pérola no presente estudo corrobora com o de Silva *et al.* (2010), que independente do tipo de embalagem utilizada, a germinação das sementes de feijão dessa cultivar, decresceu quando armazenadas em condições ambientais não controladas de laboratório.

Germination in the Carioca Precoce, IAC Carioca Tibatã and IAC Carioca cultivars was not affected until after 12 months of storage, maintaining a germination rate greater than 80% until 18 months, even under uncontrolled environmental conditions (ZUCARELI *et al.*, 2015).

First count germination is relevant as it shows evidence of seed vigour and is performed using the standard germination test. As vigour reflects the manifestation of a series of attributes that determine the potential for rapid and uniform seedling emergence, it is understood that germination speed is one of the first variables to be affected by the loss of seed quality (MARCOS FILHO, 2015).

The BRSMG Majestoso and IPR Campos Gerais cultivars presented a lower percentage of normal seedlings (less than 70%) when the first count germination was evaluated (Table 2), indicating low vigour. After eight months of storage, the BRS Pérola, BRS Estilo, IAC Imperador, IPR Tangara and Bola Cheia cultivars had the highest values for first count germination (greater than 60%).

The results of the first count germination test indicated that the samples with the highest percentage of normal seedlings in the first evaluation are the most vigorous, as they show the greatest speed for this process. This behaviour was also seen by Silva *et al.* (2014) and Zucareli *et al.* (2015) after 12 months storage of seed batches of bean cultivars, in which the results were influenced by the genotype.

The accelerated ageing test showed a relationship with germination; the IAC Imperador cultivar, which maintained its potential during storage, also stood out in the accelerated ageing test compared to the other cultivars (Table 3). The IPR Andorinha cultivar showed a similar result, since, despite not obtaining a higher value at the start, it maintained germination even under the adverse conditions of accelerated ageing.

On the other hand, before storage, the IAC Milênio and BRSMG Madrepérola cultivars already had lower values for accelerated ageing than the other cultivars and, after 8 months of storage, it was these cultivars that showed the greatest drop in potential in this test, with values of less than 45%. The storage time causes changes in the physiological quality of the seeds, with variations between genotypes for the accelerated ageing test (BERTOLIN *et al.*, 2011).

A germinação das cultivares Carioca Precoce, IAC Carioca Tibatã e IAC Carioca, não foram afetadas até 12 meses de armazenamento e se mantiveram até 18 meses com germinação acima dos 80%, mesmo em condições de ambiente não controladas (ZUCARELI *et al.*, 2015).

A primeira contagem de germinação é relevante por apresentar indícios do vigor de sementes e é realizada por meio do teste padrão de germinação. Como o vigor reflete a manifestação de uma série de atributos que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme de plântulas, entende-se que a velocidade da germinação é uma das primeiras variáveis afetadas com a perda de qualidade das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

As cultivares BRSMG Majestoso e IPR Campos Gerais apresentaram menores porcentagens de plântulas normais (abaixo de 70%) quando se avaliou a primeira contagem de germinação (Tabela 2), indicando baixo vigor. Aos 8 meses de armazenamento, as cultivares BRS Pérola, BRS Estilo, IAC Imperador, IPR Tangara e Bola Cheia apresentaram os maiores valores (acima de 60%) de primeira contagem de germinação.

Os resultados da primeira contagem do teste de germinação indicaram que as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais, na primeira avaliação, são as mais vigorosas, por apresentarem maior velocidade no processo. Este comportamento também foi observado por Silva *et al.* (2014) e Zucareli *et al.* (2015), ambos após 12 meses de armazenamento de lotes de sementes de cultivares de feijão, em que o genótipo causou influência sobre os resultados.

O teste de envelhecimento acelerado demonstrou relação com a germinação, e a cultivar IAC Imperador, que manteve seu potencial durante o armazenamento, também se destacou no teste de envelhecimento acelerado em comparação com as demais cultivares (Tabela 3). A cultivar IPR Andorinha demonstrou resultado semelhante, pois, ainda que não tendo obtido maior valor no início, conservou a germinação mesmo sob as condições adversas do envelhecimento acelerado.

Por outro lado, as cultivares IAC Milênio e BRSMG Madrepérola antes do armazenamento já apresentavam valores de envelhecimento acelerado inferiores às demais cultivares e, após 8 meses de armazenamento, foram as cultivares que mostraram maior queda de potencial neste teste, com valores inferiores à 45%. O tempo de armazenamento provoca mudanças na qualidade fisiológicas das sementes, causando variação entre os genótipos para o teste de envelhecimento acelerado (BERTOLIN *et al.*, 2011).

Table 3 - Accelerated ageing and electrical conductivity in seeds of carioca bean cultivars during storage. Jaboticabal, SP, 2014⁽¹⁾

Tabela 3 - Envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de cultivares de feijão carioca, durante o armazenamento. Jaboticabal, SP, 2014⁽¹⁾

Cultivar	Storage (months)			
	0	8	0	8
	Accelerated ageing		Electrical conductivity	
	(%)		$(\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1})$	
BRS Pérola	57 Af	57 Ad	102.46 Af	108.90 Bf
BRS Estilo	69 Ad	64 Bb	103.90 Af	128.74 Bh
BRSMG Madrepérola	56 Af	45 Bf	85.74 Ad	112.59 Bf
BRSMG Majestoso	70 Ad	63 Bb	77.00 Ac	92.95 Bc
IAC Alvorada	75 Ac	64 Bb	83.07 Ad	102.76 Be
IAC Formoso	78 Ab	65 Bb	74.57 Ac	97.59 Bd
IAC Imperador	87 Aa	75 Ba	71.48 Ab	84.12 Ba
IAC Milênio	57 Af	44 Bf	87.45 Ad	116.08 Bg
IPR Andorinha	71 Ad	71 Aa	85.42 Ad	111.15 Bf
IPR Campos Gerais	68 Ad	58 Bc	96.65 Ae	132.05 Bh
IPR 139	60 Ae	60 Ac	64.33 Aa	80.86 Ba
IPR Tangará	69 Ad	52 Be	71.02 Ab	88.59 Bb
Bola Cheia	62 Ae	53 Be	86.47 Ad	101.85 Be
Mean	67	59	83.81	104.48
F-test	42.846**	41.652**	59.578**	101.94**

⁽¹⁾Mean values followed by the same uppercase letter on a line and lowercase letter in a column, do not differ statistically by Scott-Knott test ($p < 0.05$). **Significant at 1% probability.

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). **Significativo a 1% de probabilidade.

There is a relationship between germination and the accelerated ageing test. Therefore, seeds that maintain their germination after being subjected to the adverse conditions of the ageing test, also maintain higher germination under normal storage conditions (SILVA *et al.*, 2014). On the other hand, batches that show a greater reduction in the accelerated ageing test, lose their germination potential more quickly during storage.

The test of electrical conductivity is based on the integrity of the cell membranes, and evaluates characteristics that are related to the release of metabolites during seed imbibition, where a lower value for the ions leached with the exudate during the test is a direct function of seed vigour (BINOTTI *et al.*, 2008). As such, the cultivars under study showed an increase in the value of released exudates with storage time, with a consequent reduction in vigour.

Existe relação entre germinação e teste de envelhecimento acelerado. Logo, as sementes que mantêm sua germinação depois de submetidas às condições adversas no teste de envelhecimento, também mantêm mais elevada sua germinação em condições normais de armazenamento (SILVA *et al.*, 2014). Por outro lado, os lotes que apresentam maiores reduções no teste de envelhecimento acelerado, perdem mais rapidamente seu poder germinativo durante o armazenamento.

O teste de condutividade elétrica se baseia na integridade das membranas celulares, avaliando características relacionadas à liberação de metabólitos durante a embebição das sementes, sendo que menores valores de íons lixiviados no exsudato do teste é função direta com o vigor das sementes (BINOTTI *et al.*, 2008). Assim, as cultivares estudadas apresentaram aumento do valor de exsudatos liberados com o tempo de armazenamento, com consequente redução do vigor.

The IPR 139 and IAC Imperador cultivars had the lowest loss of leached ions for the two periods under evaluation; this is an indicator that should be verified when selecting genotypes.

The increase in electrical conductivity during storage may be related to rewetting the seeds, which may have caused greater damage to the membrane system (SMANIOTTO *et al.*, 2014). The storage period has a negative effect on seed vigour in the bean (ZUCARELI *et al.*, 2015) and this can lead to the high values seen in the test of electrical conductivity.

Mechanical damage to the seeds was evaluated before storage and was found to vary between 8% and 36%, values shown by the IPR Tangará and BRS Estilo cultivars respectively (Figure 2).

Mechanical damage that occurs during harvesting and processing can harm the membranes. This was seen in the BRS Estilo cultivar, which showed the highest values for mechanical damage (Figure 2) and high values for electrical conductivity at the start ($103.90 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) and end of storage ($128,74 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). However, the cultivar showed good germination potential (Table 2), which can be explained by the degree of damage not being high and the affected tissue healing at the start of germination, which allowed the process to develop normally (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

As cultivares IPR 139 e IAC Imperador tiveram as menores perdas de íons lixiviados nas duas épocas avaliadas, sendo um indicador a ser verificado na seleção do genótipo.

O aumento da condutividade elétrica no decorrer do armazenamento pode estar relacionado ao reumedecimento das sementes que pode ter promovido uma danificação maior no sistema de membranas (SMANIOTTO *et al.*, 2014). O período de armazenamento influencia negativamente no vigor das sementes de feijão (ZUCARELI *et al.*, 2015), o que pode levar aos altos resultados na condutividade elétrica.

Foi realizada a avaliação de dano mecânico nas sementes antes do armazenamento e verificou-se que as porcentagens variaram entre 8 e 36%, valores apresentados pelas cultivares IPR Tangará e BRS Estilo, respectivamente (Figura 2).

Os danos ocorridos no momento da colheita e beneficiamento podem prejudicar as membranas por injúrias mecânicas. Isso foi observado na cultivar BRS Estilo, que apresentou os maiores valores de dano mecânico (Figura 2) e, também, valores elevados de condutividade elétrica no início ($103,90 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e no final do armazenamento ($128,74 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). Entretanto, a cultivar apresentou bom potencial germinativo (Tabela 2), o que pode ser explicado pelo fato de que o grau da injúria não foi elevado e quando iniciada a germinação, aconteceu a cicatrização do tecido afetado, o que possibilitou o desenvolvimento normal do processo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

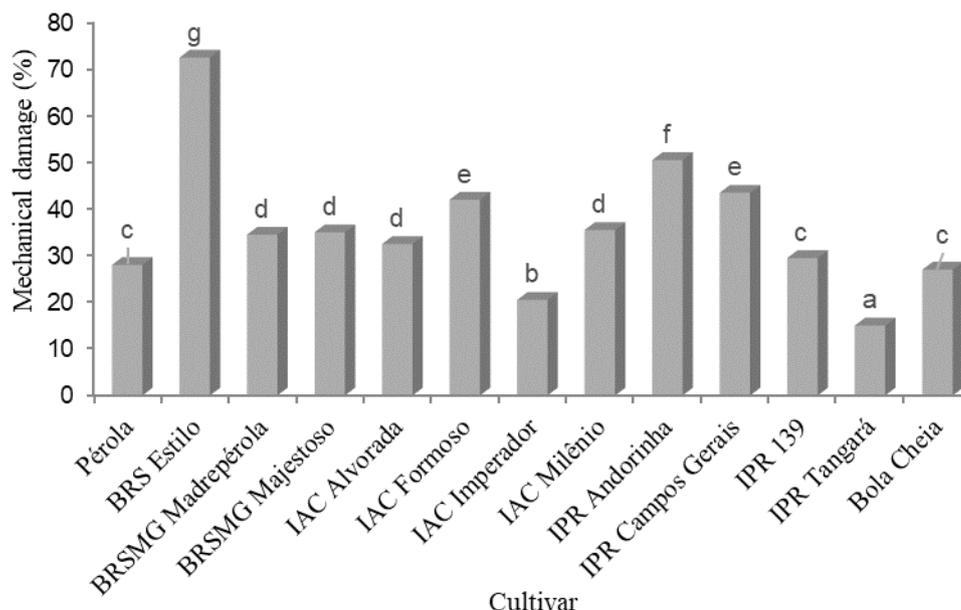


Figure 2 - Mechanical damage (%) to the seeds of bean cultivars from the carioca commercial group. Jaboticabal, SP, 2014.

Mean values followed by the same letter do not differ by Scott-Knot test ($p \leq 0.05$).

Figura 2 - Dano mecânico (%) das sementes de cultivares de feijão do grupo comercial carioca. Jaboticabal, SP, 2014.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot ($p \leq 0,05$).

'Tangará IPR' showed greater soundness of the integument than did the other cultivars (Figure 2). According to Farias *et al.* (2018), the operations used during mechanised processing in a Seed Processing Unit (SPU) have the aim of benefitting and safeguarding seed quality, however, during the process, the seeds can be damaged due to impact, friction and pressure.

For Barbosa *et al.* (2014), mechanical damage that occurs post-harvest leads to a reduction in the rate of germination, and processing without proper care can result in a threefold reduction in this rate.

The cultivars under evaluation showed a reduction in seedling length with storage (Table 4). Among the most obvious physiological symptoms during the process of seed deterioration are those related to germination and initial seedling growth (DONADON *et al.* (2015).

From the results, it appears that the length of the hypocotyl was more affected by storage than that of the primary root, with only the IAC Alvorada and IPR Campos Gerais cultivars maintaining hypocotyl and primary root length after eight months of storage, showing that for this parameter, these cultivars showed greater vigour compared to the others.

Studies of the bean have shown a significant reduction in the length of the hypocotyl and primary root after 2 months of storage (SANTOS *et al.*, 2005). Tavares *et al.* (2015) also showed similar results in desiccated seeds of the adzuki bean, including a reduction in hypocotyl length after 6 months of storage under ambient conditions.

Only the IAC Formoso and IPR Campos Gerais cultivars maintained seedling dry weight both before and after storage (Table 4). However, comparing the cultivars before storage, both differed from the others, obtaining less dry weight. After 8 months of storage, however, as they maintained their potential, they showed the highest mean values, again differing from the other cultivars.

Seedling dry weight starts from the same principle as mean seedling length: evaluating the transfer of dry matter from the reserve tissue to the embryonic axis (NAKAGAWA, 1999). Seeds with the greatest dry weight in normal seedlings are considered more vigorous than other seeds.

A IPR Tangará demonstrou maior integridade do tegumento do que as demais (Figura 2). Segundo Farias *et al.* (2018), durante o processamento mecanizado de sementes em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), as operações para o condicionamento das sementes têm por objetivo beneficiar e resguardar a sua qualidade, contudo, no decorrer do processo, há ocorrência de danos aos produtos causados por impacto, fricção e pressão.

Para Barbosa *et al.* (2014), os danos mecânicos, ocorridos no período pós-colheita, acarretam redução no índice de germinação, e o beneficiamento sem os devidos cuidados podem acarretar redução triplicada nesse índice.

As cultivares avaliadas apresentaram queda no comprimento de plântulas com o armazenamento (Tabela 4). Dentre os sintomas fisiológicos mais evidentes durante o processo de deterioração das sementes, estão aqueles relacionados à germinação e ao crescimento inicial das plântulas (DONADON *et al.* (2015).

Pelos dados obtidos, verifica-se que o comprimento do hipocótilo foi mais afetado pelo armazenamento em comparação com a raiz primária, sendo as cultivares IAC Alvorada e IPR Campos Gerais as únicas que mantiveram o comprimento do hipocótilo e raiz primária após oito meses de armazenamento, indicando que para este parâmetro essas cultivares apresentaram maior vigor em relação às demais.

Estudos de armazenamento em feijão evidenciaram redução significativa no comprimento do hipocótilo e da raiz primária após 2 meses de armazenamento (SANTOS *et al.*, 2005). Tavares *et al.* (2015) também apresentaram resultados semelhantes em semente de feijão-azuki dessecadas, com redução do comprimento de hipocótilo após 6 meses de armazenamento em condições ambientes.

Para a massa seca de plântulas, as cultivares IAC Formoso e a IPR Campos Gerais foram as únicas que mantiveram o peso antes e após o armazenamento (Tabela 4). Entretanto comparando as cultivares antes do armazenamento, essas duas cultivares diferiram das demais obtendo menor peso de massa seca, mas, após 8 meses de armazenamento, como mantiveram seu potencial, apresentaram as maiores médias diferindo das demais.

A massa da matéria seca da plântula parte do mesmo princípio que o comprimento médio de plântulas, avaliando a transferência de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário (NAKAGAWA, 1999). As sementes que apresentarem maiores massas de matéria seca de plântulas normais são consideradas mais vigorosas em relação às demais.

Table 4 - Hypocotyl length, primary root length and seedling dry weight, from the seeds of carioca bean cultivars during storage. Jaboticabal, SP, 2014⁽¹⁾

Tabela 4 - Comprimento do hipocótilo, comprimento de raiz primária e massa seca de plântula de sementes de cultivares de feijão carioca, durante o armazenamento. Jaboticabal, SP, 2014⁽¹⁾

Cultivar	Storage (months)					
	0	8	0	8	0	8
	Hypocotyl length (cm)		Primary root length (cm)		Seedling dry weight (mg seedling ⁻¹)	
BRS Pérola	5.64 Aa	2.66 Bc	8.40 Ab	5.56 Bc	44.50 Ab	18.88 Bd
BRS Estilo	5.40 Aa	1.94 Bd	10.20 Aa	6.31 Bb	43.75 Ab	18.63 Bd
BRSMG Madrepérola	5.82 Aa	4.41 Ba	10.91 Aa	8.24 Ba	55.00 Aa	37.28 Ba
BRSMG Majestoso	4.86 Ab	3.88 Bb	9.11 Aa	8.99 Aa	37.75 Ac	32.42 Bb
IAC Alvorada	4.75 Ab	4.90 Aa	7.72 Ab	7.05 Aa	43.50 Ab	38.51 Ba
IAC Formoso	5.07 Ab	4.46 Ba	7.69 Ab	7.84 Aa	38.75 Ac	39.42 Aa
IAC Imperador	5.53 Aa	3.79 Bb	8.68 Ab	7.64 Aa	44.00 Ab	22.92 Bc
IAC Milênio	4.90 Ab	2.49 Bc	9.35 Aa	4.63 Bc	40.00 Ac	19.66 Bd
IPR Andorinha	4.68 Ab	4.64 Aa	9.41 Aa	7.86 Ba	37.00 Ac	29.96 Bb
IPR Campos Gerais	4.56 Ab	4.39 Aa	8.71 Ab	8.70 Aa	37.25 Ac	38.42 Aa
IPR 139	5.59 Aa	2.26 Bd	9.81 Aa	6.75 Bb	44.25 Ab	16.63 Bd
IPR Tangará	5.17 Ab	3.69 Bb	9.59 Aa	7.74 Ba	44.50 Ab	33.08 Bb
Bola Cheia	5.47 Aa	3.56 Bb	9.49 Aa	7.95 Ba	47.50 Ab	27.02 Bc
Mean	5.19	3.62	9.16	7.33	42.90	28.68
F-test	5.105**	28.754**	5.156**	9.383**	10.361**	30.554**

⁽¹⁾Mean values followed by the same uppercase letter on a line and lowercase letter in a column, do not differ statistically by Scott-Knott test ($p < 0.05$). **Significant at 1% probability.

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). **Significativo a 1% de probabilidade.

According to Amaro *et al.* (2015), the test for seedling dry weight is the most efficient way of evaluating the physiological quality of different batches of bean seeds.

In Table 4, it can be seen that the only cultivar that maintained the potential for hypocotyl and primary root length and for seedling dry weight, was 'IPR Campos Gerais', which presented similar values for the three variables to those obtained before and after storage. However, the cultivar that stood out in this study, with higher values for each variable before and after storage, was 'BRSMG Madrepérola', demonstrating greater vigour than the other cultivars.

De acordo com Amaro *et al.* (2015), a massa seca de plântulas é o teste mais eficiente para avaliar a qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de feijão.

Na Tabela 4, verifica-se que a única cultivar que manteve seu potencial para comprimento de hipocótilo e de raiz primária e para massa seca de plântulas foi a cultivar IPR Campos Gerais, apresentando nessas três variáveis valores semelhantes aos obtidos antes e após o armazenamento. Entretanto, a cultivar que se sobressaiu nesse estudo, obtendo maiores valores para as variáveis, antes e após o armazenamento, foi a BRSMG Madrepérola, demonstrando maior vigor em comparação com as demais.

CONCLUSIONS

All the cultivars under study show the required standards of physiological quality after harvest;

The BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, BRSMG Majestoso, IAC Imperador and IPR Andorinha cultivars, maintain the required standards of germination after 8 months of storage;

The seeds of the IAC Imperador cultivar display greater vigour than those of the other cultivars when produced during the winter-spring harvest in the North of the state of São Paulo.

CONCLUSÕES

Todas as cultivares estudadas exibem qualidade fisiológicas dentro dos padrões após a colheita;

As cultivares BRS Estilo, BRSMG Madrepérola, BRSMG Majestoso, IAC Imperador e IPR Andorinha, mantêm a germinação dentro dos padrões após 8 meses de armazenamento;

As sementes da cultivar IAC Imperador apresentam maior vigor que as demais cultivares quando produzidas na safra inverno-primavera no Norte do estado de São Paulo.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M.; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 240-247, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000200015>

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383-389, 2015. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.16943>

ANDRADE, E. T.; CORREA, P. C.; TEIXEIRA, L. P. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, v.8, n.2, p.83-95, 2006.

BAALBAKI, R.Z.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; McDONALD, M.B. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: AOSA, 2009.

BARBOSA, F. B.; GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. **Documentos 272**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247p.

BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; MARTINS, C. C.; VIEIRA, R. D. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o processo de produção. **Pesquisas Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 977-985, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200008>.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100012>

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1807-86212008000200014>

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; RIBEIRO, N. D.; FREITAS, S. T. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 911-915, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000600001>.

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

CARDOSO, R. B.; BINOTTI F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crame em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000300006>

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

- DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. S. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 231-237, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p231-237>
- FARIAS, P. A.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M. Desenvolvimento de um equipamento de simulação de danos mecânicos nas sementes em feijão em uma unidade de processamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 20, n. 2, p. 185-202, 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.3.1-3.24, 1999.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2 ed. **ABRATES**, 2015. 659p.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 45**, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.). http://www.lex.com.br/legis_24861657_InstruçãoNormativa_N_45_DE_17_de_setembro_de_2013.aspx
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24, 1999.
- RESENDE, O.; RODRIGUES, S.; SIQUEIRA, V. C.; ARCANJO, R. V. Cinética da secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de chão batido. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 247-256, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200002>
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100013>
- SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, p.543-562, 1996.
- 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 Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 45-56, 2010.
- SILVA, M. M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, A. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no Norte de Minas Gerais. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 97-103, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i1.1346>
- 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**, v. 18, p. 446-453, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>
- TAVARES, C. J.; ARAÚJO, A. C. F.; JAKELAITIS, A.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; FREITAS, M. A. M. Qualidade de sementes de feijão-azuki dessecadas com saflufenacil e submetidas ao armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1197-1202, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1197-1202>
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.4.1- 4.26, 1999.
- 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**, v. 19, n. 8, p. 803-809, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>