



Recebido: 11/03/2024 | Revisado: 02/04/2024 | Aceito: 12/04/2024 | Publicado: 16/09/2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i3.1050

Vigor e desempenho de sementes de feijão-caupi por meio do envelhecimento simulado

Vigor and performance of cowpean seeds through simulated aging

SOARES, Lucas Carvalho. Mestre em Agronomia/Fitotecnia

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Campus Seropédica. Km 07, Zona Rural, BR-465, Seropédica - RJ - Brasil. CEP: 23.890-000 / Telefone: (89) 99446.8709 / E-mail: lucasolisoares@hotmail.com

ALVES, Adriana Ursulino. Doutora em Agronomia

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas. BR 135, km 3 - Planalto Horizonte, Bom Jesus - PI - Brasil. CEP: 64.900-000 / Telefone: (83) 99981.0124 / E-mail: adrianaursulino@ufpi.edu.br

SOUZA, Eduardo Alves. Bacharel em Agronomia

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Campus Seropédica. Km 07, Zona Rural, BR-465, Seropédica - RJ - Brasil. CEP: 23.890-000 / Telefone: (84) 99995.3793 / E-mail: eduardo-braz97@hotmail.com

RESUMO

As sementes do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) são consideradas um dos principais insumos agrícolas para o sucesso da lavoura, diante disso, o estudo dos testes de vigor para avaliar a qualidade de sementes dessa espécie é fundamental. Portanto, objetivou-se investigar o vigor de diferentes cultivares de feijão-caupi por meio do teste de envelhecimento acelerado. O ensaio foi realizado em laboratório, utilizando delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial (4x3), com quatro períodos de envelhecimento acelerado (0, 24, 48 e 72 horas), e envolvendo três cultivares: Acauã, Aracê e Potengi, com quatro repetições. As sementes foram envelhecidas a 41°C e foram avaliados o teor de água das sementes antes e após os períodos de exposição ao teste de envelhecimento acelerado, bem como foram conduzidos testes de germinação, comprimento da parte aérea e radicular, condutividade elétrica e massa seca da parte aérea e radicular. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Todos os testes demonstraram eficiência na análise da qualidade das sementes das diferentes cultivares, permitindo a estratificação dos níveis de vigor. O teste de envelhecimento acelerado revelou-se eficiente para avaliar o vigor das sementes, especialmente com o tempo de exposição de 72 horas a 41°C, onde houve maior sensibilidade na estratificação nos níveis de vigor dos lotes de sementes das cultivares estudadas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L. Walp, Germinação, Qualidade fisiológica, Envelhecimento acelerado.

ABSTRACT

Cowpea seeds (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) are considered one of the main agricultural inputs for successful farming. Therefore, the study of vigor tests to evaluate the quality of seeds of this species is essential. Therefore, the objective was to investigate the vigor of different cowpea cultivars through the accelerated aging test. The test was carried out in the laboratory, using a completely randomized design with a factorial scheme (4x3), with four periods of accelerated aging (0, 24, 48 and 72 hours), and involving three cultivars: Acauã, Aracê and Potengi, with four replications. The seeds were aged at 41°C and the water content of the seeds was evaluated before and after the periods of exposure to the accelerated aging test, as well as germination tests, length of the shoot and root part, electrical conductivity, and dry mass of the aerial and root parts. The data were subjected to analysis of variance and the 5% Tukey test. All tests demonstrated efficiency in analyzing the quality of seeds from different cultivars, allowing the stratification of vigor levels. The accelerated aging test proved to be efficient for evaluating seed vigor, especially with an exposure time of 72 hours at 41°C, where there was greater sensitivity in the stratification in the vigor levels of the seed lots of the studied cultivars.

keywords: *Vigna unguiculata* L. Walp, Germination, Physiological quality, Accelerated aging.



Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, assim como a soja, lentilha e grão-de-bico. Essa espécie é caracterizada por ser abundantemente rica em proteínas, minerais e vitaminas. O cultivo do feijão-caupi é distribuído por todo o globo, principalmente nos países africanos, onde possuem os maiores índices de produção (KEBEDE, 2020; ALEMU et al., 2016).

Essa leguminosa caracteriza-se por ser uma espécie bastante adaptada às regiões de clima tropical e subtropical, resistente ao estresse hídrico e podendo ser cultivada em solos com baixa fertilidade. Sendo assim, no Brasil, as principais regiões produtoras desse feijão estão localizadas no Norte e Nordeste do Brasil. Devido à sua facilidade no cultivo, o feijão-caupi tornou-se um dos principais alimentos da população de baixa renda nessas regiões (PÚBLIO JÚNIOR et al., 2017).

As sementes de feijão-caupi podem ser consideradas como um dos principais insumos na instalação de uma lavoura. Sendo assim, fazer o uso de sementes vigorosas e de boa qualidade é fundamental para o cultivo da espécie. Neste sentido, a qualidade fisiológica das sementes diz respeito à capacidade das mesmas em gerar uma nova planta que possua aptidão para desenvolver-se perfeitamente em condições favoráveis. Esse potencial pode ser avaliado através do poder germinativo da semente. Além disso, também pode ser avaliado através do vigor, que indica a capacidade das sementes em gerar plantas saudáveis em ambientes diversos e de manter a qualidade durante o armazenamento (VIEIRA; RAVA, 2000).

Na análise do vigor de sementes, procura-se adotar metodologias de baixo custo, fácil execução e confiabilidade nos resultados e interpretação dos dados (MARCOS FILHO, 2015). Rotineiramente, são realizados em laboratórios testes tradicionais para avaliar o vigor de sementes, como o teste de envelhecimento acelerado. Este possui bastante aceitação pela indústria de sementes do Brasil, devido à precisão na obtenção dos dados e sensibilidade ao identificar lotes de sementes com padrão de qualidade e germinação semelhantes (PEREIRA et al., 2015)

O teste de envelhecimento acelerado é considerado um dos mais sensíveis e precisos para quantificar o vigor de inúmeras espécies, sendo este desenvolvido por Delouche (1965). O teste baseia-se na premissa de que sementes submetidas à temperatura e umidade relativa elevada possuem um processo de deterioração acelerado, sendo estes elementos ambientais de maior ação na intensidade e velocidade de deterioração das sementes (FESSEL et al. 2005). Todavia, o teste sofre influência de outros fatores como genótipo, tamanho das sementes, duração das amostras na câmara de envelhecimento, tipo de recipiente usado, entre outros (MARCOS FILHO, 2015). Apesar disso, Demir et al. (2019) indicam que o teste de envelhecimento acelerado é bastante eficiente para avaliar o desempenho das sementes em relação à capacidade de germinação.

A exposição das sementes às condições ambientais do teste promove diferenças significativas no comportamento das amostras, isso devido à diferença na absorção da umidade pelas sementes (TUNES et al., 2010). Sendo assim, sementes mais vigorosas possuem um melhor desempenho na formação de plântulas normais e com germinação mais uniforme após serem submetidas ao envelhecimento acelerado (FESSEL et al., 2005). Já as sementes com um vigor inferior apresentam



um comportamento oposto. Isso permite identificar a diferença entre a qualidade dos lotes com maior ou menor probabilidade de sucesso após a semeadura ou armazenamento. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar o vigor de sementes de diferentes cultivares de feijão-caupi submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Ceará. Utilizando sementes de feijão-caupi das cultivares Aracê, Acauã e Potengi, fornecidas pelo Laboratório de Análise de Sementes de Produção (LASP), parte integrante do Núcleo da Classificação Vegetal e Biotecnologia (NUCLA) da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA), e pelo Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de feijão-caupi, da Universidade Federal do Ceará. O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por lote em rolos de papel toalha umedecido com 2,5 vezes o peso seco do papel e mantido em um germinador tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) a temperatura constante de 25 °C.

A primeira contagem de germinação foi realizada conforme o protocolo estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), a fim de cumprir as normas exigidas. Essa contagem inicial, que ocorreu no quinto dia após a semeadura, visava apenas seguir o procedimento padrão. Entretanto, os dados definitivos apresentados neste trabalho são baseados na contagem final, realizada no oitavo dia após a semeadura (BRASIL, 2009). A contagem final considerou a porcentagem média de plântulas normais por lote, e os resultados foram expressos em termos de porcentagem de sementes germinadas.

O envelhecimento acelerado foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por lote, com 200 sementes colocadas em uma tela de aço inoxidável no terço superior de uma caixa de plástico gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) contendo 40 mL de água. Depois que a tampa foi fechada, as caixas foram mantidas em uma câmara B.O.D. regulada a 41 °C por 0, 24, 48 e 72 horas. Após isso, o teste de germinação foi realizado, e a porcentagem de plântulas normais foi determinada no oitavo dia após a instalação do teste.

O teor de água foi monitorado antes da instalação do teste de envelhecimento acelerado e após cada tempo de exposição (24, 48 e 72 horas), seguindo as regras preconizadas por Brasil (2009). No teste de condutividade elétrica utilizou-se quatro repetições de 50 sementes, pesadas em uma balança analítica com resolução de 0,001 g e colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada. Depois, foram mantidas em câmaras de germinação a 25 °C durante 24 horas. Após esse período, a condutividade elétrica da solução foi determinada por um medidor de condutividade elétrica (modelo TEC-4MP), e os valores médios foram calculados e expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA; MARCOS FILHO, 2020).

A avaliação do comprimento da raiz e da parte aérea foi realizada ao término do ensaio de envelhecimento acelerado. Utilizando uma régua graduada em milímetros, foram medidos os comprimentos da raiz e da parte aérea das plântulas normais de cada repetição dos diferentes cenários de envelhecimento acelerado (NAKAGAWA, 1999).



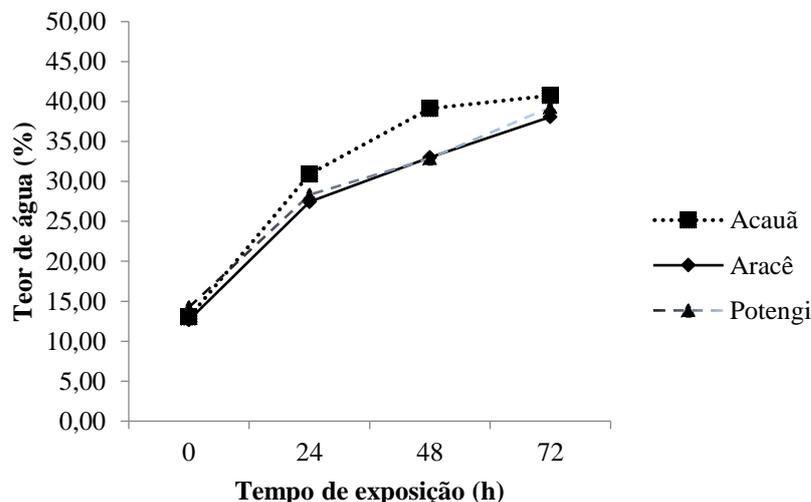
A massa seca do sistema radicular e da parte aérea foi determinada a partir das plântulas normais previamente mensuradas em cada repetição. As plântulas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, previamente identificados e pesados, e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada, ajustada a 80 °C, por um período de 24 horas. Após esse intervalo, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, com os resultados expressos em miligramas (NAKAGAWA, 1999).

O ensaio foi conduzido com base no delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos (Lotes x Combinação temperatura/período de exposição) dispostos em esquema fatorial. A análise de variância (ANOVA) foi realizada nos dados. Após confirmar a distribuição normal de erros pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett, as médias dos valores foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). O software utilizado nas análises estatísticas foi o R 4.1.2 (R Core Team, 2021).

Resultados e discussão

Inicialmente, foi determinado o teor de água dos lotes de sementes das diferentes cultivares, assim como após os diferentes tempos de exposição no teste de envelhecimento acelerado (E.A.). Conforme o Gráfico 1, observa-se que no tempo zero (0), o teor de água das sementes manteve-se relativamente similar (13-14%), variando entre $\pm 2\%$. Essa padronização inicial é crucial para o sucesso do teste de envelhecimento acelerado, pois variações entre 3% a 4% entre as amostras são toleráveis para a execução do teste de E.A. (MARCOS FILHO, 2020). No cenário de 24 horas, configurado como o primeiro período de exposição às condições do teste de E.A, as sementes das diferentes cultivares passaram por um intenso processo de embebição, resultando em um aumento do teor de água em aproximadamente $\pm 17\%$. No entanto, não houve variação substancial no teor de água entre os lotes de sementes das cultivares estudadas (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Teor de água (%) das sementes de diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado à 41 °C durante distintos tempo de exposição.





Ainda com base no Gráfico 1, no cenário de 48 horas de exposição ao teste de E.A, observou-se comportamentos distintos entre os lotes de sementes das cultivares. A cultivar Acauã demonstrou maior habilidade no potencial de embebição, com um incremento de 6% no teor de água em comparação aos lotes de sementes das demais cultivares, que mantiveram teores de água semelhantes. Esse comportamento é decisivo para o teste de E.A, pois os teores de água nas sementes influenciam diretamente os processos bioquímicos, onde altos teores de água podem intensificar os processos de deterioração em sementes de baixo vigor.

No cenário de 72 horas de exposição ao teste de E.A, não se observaram diferenças expressivas no teor de água dos lotes de sementes das diferentes cultivares, apresentando valores similares de aproximadamente 40% (Gráfico 1). Nessa condição, as sementes já absorveram uma quantidade significativa de água, o que desencadeia processos de deterioração devido à intensificação da respiração e ao aumento da geração de calor, potencialmente levando à morte das sementes (BEWLEY; BLACK, 1994).

Além disso, à medida que o teor de umidade das sementes aumenta, a respiração mitocondrial é ativada, resultando na produção elevada de espécies reativas de oxigênio. Isso provoca a oxidação de moléculas essenciais como DNA, RNA, proteínas e lipídios. A respiração aeróbica também é afetada, uma vez que as membranas mitocondriais sofrem oxidação. Em sementes ortodoxas, como as de feijão, quando os danos não são significativos, há uma capacidade de reparo molecular, permitindo que as sementes superem parcialmente os danos e prolonguem sua longevidade. Este processo envolve mecanismos de reparação de membranas celulares, DNA, RNA, proteínas e mitocôndrias à medida que as sementes absorvem água (RANGANATHAN; GROOT, 2023).

À luz deste trabalho, isso implica que, mesmo neste cenário estressante de alto teor de água das sementes, os lotes de sementes das respectivas cultivares que possuam mecanismos eficientes de reparo frente aos danos provocados pelo excesso de água durante a exposição de 72 horas podem ser considerados como possuidores de maior vigor.

Além disso, segundo Delouche (2002), o tempo do processo de deterioração das sementes está relacionado principalmente à associação entre os seguintes fatores: herança genética, teor de água da semente e temperatura. Sendo assim, o conhecimento prévio acerca do teor de água das sementes é importante para a compreensão das respostas do teste de E.A.

Na Tabela 1, os dados referentes ao comprimento da parte aérea evidenciaram variações significativas em cada cenário do teste de E.A., com base na análise de médias pelo teste de Scott-Knott a 5%, observou-se uma diferença estatisticamente significativa para a interação dos fatores "Cultivares x Tempo". Sendo assim, é pertinente salientar que, no tempo de exposição "0" ao teste de E.A., a cultivar Aracê apresentou maior comprimento da parte aérea (CPA) em comparação às cultivares Acauã e Potengi. Esse comportamento foi consistente nos demais tempos de exposição ao E.A., onde as cultivares Acauã e Potengi permaneceram com um desempenho inferior em relação ao CPA, dessa forma, sendo os lotes da cultivar Aracê identificado como os de maior vigor levando em consideração os dados de CPA.

**Tabela 1** - Comprimento da parte aérea e radicular de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) submetidas a diferentes períodos de exposição no teste de envelhecimento acelerado.

Cultivares	CPA				CPR			
	-----cm-----							
	Tempo de exposição (h)							
	0	24	48	72	0	24	48	72
Acauã	12,19bC	14,81bA	13,37bB	11,40bC	14,59bA	13,01aA	13,54bA	13,28bA
Aracê	14,85aB	17,84aA	16,39aA	16,94aA	18,22aA	14,22aB	16,25aB	15,68aB
Potengi	12,13bA	12,73cA	12,83bA	11,40bA	14,86bA	12,58aA	14,28bA	13,29bA
CV (%)	6,53				10,77			

Fonte: Autores (2024). CPA: comprimento da parte aérea CPR: comprimento parte radicular. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna (cultivar dentro de tempo) e maiúsculas na linha (tempo dentro de cultivar), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott da análise de variância, a 5% de probabilidade de significância.

No que concerne à avaliação detalhada do impacto dos tempos de exposição do E.A. em cada cultivar, verificou-se que, em relação à cultivar Acauã, o tempo de exposição de 24 horas resultou no maior CPA das plântulas. Por outro lado, nos tempos 0 e 72 horas, houve um impacto negativo mais pronunciado sobre essa variável, sendo estatisticamente inferior ao tempo de 24 horas (Tabela 1).

Para a cultivar Aracê, os tempos de exposição de 24 a 72 horas favoreceram um melhor desenvolvimento da parte aérea das plântulas. Entretanto, no tempo inicial "0", as plântulas apresentaram um desempenho inferior (Tabela 1).

No caso das plântulas da cultivar Potengi, os diferentes tempos de exposição não afetaram significativamente o CPA, mas quando comparada à cultivar Aracê teve desempenho inferior (Tabela 1). Dessa forma, a sensibilidade diferencial ao teste de E.A., observada nas cultivares Acauã e Potengi, sugere que essas cultivares podem ser mais suscetíveis aos estresses associados ao envelhecimento simulado. Esse fenômeno pode estar relacionado a diferenças em características fisiológicas, como a eficiência dos mecanismos de reparo celular ou a capacidade de resistência ao estresse oxidativo (BARRETO; GARCIA, 2017).

Em relação ao comprimento da parte radicular (CPR), as cultivares demonstraram um comportamento similar aos resultados obtidos para o comprimento da parte aérea. No período de exposição (0 horas), a cultivar Aracê apresentou uma média superior em comparação com as demais cultivares com base no teste de Scott-Knott a 5%, indicando um desempenho inicial notável (Tabela 1).

No entanto, ao prolongar o tempo de exposição para 24 horas não se observa diferença estatística, ou seja, os lotes de sementes das diferentes cultivares responderam da mesma forma ao teste de E.A., não sendo possível estratificar níveis de vigor. Entretanto, para os cenários de 48 e 72 horas, a cultivar Aracê manteve seu desempenho superior em comparação as cultivares Acauã e



Potengi. Portanto, mais uma vez, as sementes do lote da cultivar Aracê foram classificadas como de maior vigor (Tabela 1).

Ao avaliar cada cultivar individualmente, observa-se que, para a cultivar Acauã, não houve diferença estatística entre os tempos de exposição ao E.A. em relação ao CPR. O mesmo comportamento foi observado para a cultivar Potengi. Para a cultivar Aracê, no entanto, no tempo inicial de exposição (0 horas), as plântulas apresentaram um maior CPR. À medida que houve exposição às condições do teste de E.A., o CPR das plântulas diminuiu (Tabela 1).

Portanto, tanto em relação ao comprimento das raízes quanto ao comprimento da parte aérea, a cultivar Aracê demonstrou um crescimento superior em comparação com as outras cultivares estudadas durante todo o período de exposição. Isso ressalta sua possível resistência ou capacidade de adaptação a condições simuladas de envelhecimento.

Observa-se que, nos tempos de exposição de 0, 24 e 48 horas, todas as cultivares apresentaram respostas semelhantes, ou seja, não houve diferença estatística no acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA). Isso implica que os dados do teste de E.A., interpretados por meio da variável MSPA, não foram sensíveis para distinguir diferentes níveis de vigor nesses tempos de exposição estudados.

Contudo, no tempo de exposição de 72 horas, houve diferença estatística, onde a cultivar Aracê obteve um menor acúmulo de MSPA em comparação às demais cultivares. Dessa forma, a cultivar Acauã apresentou o melhor desempenho, e a cultivar Potengi demonstrou desempenho intermediário, sendo a cultivar Acauã classificada como a de maior vigor (Tabela 2).

Ao avaliar as cultivares isoladamente, não houve diferença estatística entre os tempos de exposição para a cultivar Acauã em relação ao acúmulo de MSPA. A cultivar Aracê apresentou um maior acúmulo de MSPA no tempo inicial de exposição (0 horas), com o vigor sendo afetado à medida que o tempo de exposição aumentava, evidenciado pela diminuição no acúmulo de MSPA. Para a cultivar Potengi, não houve diferença estatística entre os tempos de exposição de 0, 24 e 48 horas. No entanto, quando as sementes foram expostas por 72 horas, houve um menor acúmulo de MSPA (Tabela 2).

No que diz respeito à massa seca da parte radicular (MSPR), observou-se diferença significativa em todos os tempos avaliados entre as cultivares. No tempo inicial (0 horas), a cultivar Aracê apresentou o menor acúmulo de MSPR, enquanto Acauã exibiu um acúmulo de massa seca radicular intermediário em comparação com a cultivar Potengi. Nos cenários de 24 e 48 horas, Potengi manteve a supremacia no acúmulo de MSPR, com Acauã e Aracê demonstrando desempenho inferior. Assim, nestas condições, Potengi é considerada a detentora de maior vigor. No entanto, após 72 horas de exposição, o genótipo Acauã registrou o menor acúmulo de massa seca, com Aracê em posição intermediária e Potengi mantendo os maiores valores (Tabela 2).

Tabela 2 - Massa seca da parte aérea e radicular de plântulas de feijão-caupi (*Vigna Unguiculata*) submetidas a diferentes períodos de exposição no teste envelhecimento acelerado.

MSPA	MSPR
-----g-----	



Cultivares	Tempo de exposição (h)							
	0	24	48	72	0	24	48	72
Acauã	0,196aA	0,168aA	0,177aA	0,270aA	0,528bA	0,531bA	0,660bA	0,482cA
Aracê	0,238aA	0,122aB	0,110aB	0,047cC	0,237cB	0,4572bB	0,505bB	0,698bA
Potengi	0,170aA	0,174aA	0,147aA	0,133bB	1,187aA	1,133aA	1,191aA	1,220aA
CV (%)	19,69				14,95			

Fonte: Autores (2024). MSPA: Massa seca parte aérea MSPR: Massa seca parte radicular. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna (cultivar dentro de tempo) e maiúsculas na linha (tempo dentro de cultivar), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott da análise de variância, a 5% de probabilidade de significância.

Neste caso, houve sensibilidade para estratificar os lotes de sementes das diferentes cultivares em três diferentes níveis de vigor: Potengi (alto), Aracê (intermediário) e Acauã (baixo). A sensibilidade na estratificação dos níveis de vigor no teste de envelhecimento acelerado é crucial, pois permite uma avaliação mais precisa do potencial germinativo e da viabilidade das sementes sob condições de estresse. Isso auxilia na seleção de cultivares mais adaptadas e resistentes, contribuindo para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético e para a garantia da qualidade das sementes utilizadas na agricultura.

Isoladamente, a cultivar Acauã não apresentou diferença estatística quanto aos tempos de exposição do E.A. em relação ao acúmulo de MSPR. O mesmo resultado foi observado para a cultivar Potengi. Todavia, para a cultivar Aracê, os tempos de exposição de 0, 24 e 48 horas proporcionaram um menor acúmulo de MSPR.

Binotti et al. (2008), estudando o efeito do teste de envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi, também constataram resultados similares, onde a massa fresca e seca são sensíveis ao aumento no tempo de exposição às condições do teste de E.A., mostrando que o vigor da semente é afetado desfavoravelmente pelas condições estressantes impostas pelo envelhecimento artificial.

Esses resultados reforçam a influência negativa do envelhecimento acelerado sobre o desenvolvimento das plântulas, destacando a sensibilidade diferencial das cultivares ao estresse induzido pelo teste. A compreensão dessas disparidades contribui para uma abordagem mais informada na seleção de cultivares mais resilientes e adaptadas a condições adversas.

Em relação ao teste de Condutividade Elétrica (C.E.), houve diferença significativa em todos os cenários, evidenciando variações marcantes entre as cultivares. As cultivares Acauã e Potengi apresentaram uma quantidade expressiva de lixiviados em todos os tempos, em comparação com a cultivar Aracê (Tabela 3).

Tabela 3 - Condutividade elétrica e percentual de germinação de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) submetidas a diferentes períodos de exposição no teste envelhecimento acelerado.

C.E.	G
----- $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ -----	-----%-----



Cultivares	Tempo de exposição (h)							
	0	24	48	72	0	24	48	72
Acauã	760,85aC	1017,15aB	1.129,00aB	1.264,00aA	100aA	99aA	88bB	89bB
Aracê	474,05bB	598,57bB	874,40bA	967,70bA	100aA	100aA	100aA	100aA
Potengi	811,60aB	898,73aB	1.243,75aA	1.328,50aA	94bB	94bB	100aA	75cC
CV (%)	12,19				3,42			

Fonte: Autores (2024). CE: Condutividade elétrica G: Germinação.

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna (cultivar dentro de tempo) e maiúsculas na linha (tempo dentro de cultivar), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott da análise de variância, a 5% de probabilidade de significância.

A medição dos valores de condutividade elétrica avalia a intensidade da corrente elétrica entre dois pontos, que é determinada pela quantidade de lixiviados presentes. Essa medida indica o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de sementes. Portanto, quanto maiores os valores de condutividade elétrica, menor é o vigor das sementes (SILVA et al., 2014).

Dessa forma, em todos os cenários de exposição do teste de E.A., os lotes de sementes das cultivares Acauã e Potengi demonstraram um menor vigor pelo teste de C.E., evidenciado pela maior quantidade de lixiviados no teste de C.E., logo, os lotes de sementes da cultivar Aracê apresentaram uma quantidade inferior de lixiviados, sendo considerados de maior vigor (Tabela 3).

Isoladamente, a cultivar Acauã apresentou uma menor quantidade de lixiviados nos tempos de exposição de 0, 24 e 48 horas, alcançando o valor máximo em 72 horas. Já a cultivar Aracê demonstrou menor lixiviação em 0 e 24 horas, com os maiores valores a partir de 48 horas, seguindo padrão semelhante ao observado na cultivar Potengi (Tabela 3).

A tendência de aumento na quantidade de lixiviados à medida que o período de exposição ao E.A., se intensifica é esperada. Nessas condições, os processos deteriorativos são intensificados e as células perdem a integridade das membranas celulares, resultando em uma maior quantidade de lixiviados. Esse aumento progressivo nos lixiviados ao longo do tempo de exposição reflete a deterioração das sementes sob estresse abiótico, corroborando a avaliação do vigor das cultivares no teste de E.A.

Esse fenômeno é atribuído à exposição das sementes a condições adversas de alta temperatura e umidade encontradas no teste de E.A., culminando na perda da integridade das membranas celulares. A menor capacidade de reparação aos danos nessas condições provoca uma liberação mais intensa de lixiviados, implicando na redução do potencial germinativo (VIEIRA; MARCOS FILHO, 2020).

Esses resultados corroboram com um estudo anterior conduzido por Binotti et al. (2008), que investigou o efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão comum. O trabalho constatou que, à medida que aumentou o tempo de exposição das sementes de feijão comum às condições de estresse impostas



pelo teste de envelhecimento acelerado, ocorreu um aumento da condutividade elétrica, corroborando a relação entre o estresse, a integridade celular e a qualidade fisiológica das sementes.

Por fim, em relação à avaliação da germinação (Tabela 3) nos tempos de exposição de 0 e 24 horas às condições do teste de E.A., os lotes de sementes das cultivares Acauã e Aracê demonstraram uma maior porcentagem de germinação em comparação aos lotes de sementes da cultivar Potengi, nesta condição, conseqüentemente, os lotes de sementes das cultivares Acauã e Aracê foram considerados como tendo um maior vigor, ao passo que, os lotes de sementes da cultivar Potengi obteve um vigor inferior.

Entretanto, no tempo de exposição de 48 horas, os lotes de sementes da cultivar Acauã sofreram uma redução severa no potencial germinativo, uma diminuição correspondente a 12% em comparação ao tempo "0", portanto, tendo o menor vigor em comparação aos lotes de sementes das demais cultivares (Tabela 3).

Resultados semelhantes também foram encontrados no trabalho realizado por Bertolin et al. (2011), estudando o efeito do teste de envelhecimento acelerado em sementes de feijão, onde os mesmos constataram que o aumento no tempo de exposição e na temperatura no teste de E.A. provoca efeitos deletérios na germinação das sementes. Por outro lado, as sementes das cultivares Aracê e Potengi alcançaram 100% de germinação e apresentaram desempenho superior (Tabela 3).

A redução na germinação das sementes da cultivar Acauã pode estar associada à variação no teor de água das sementes. Conforme observado no Gráfico 1, as sementes dessa cultivar tiveram um processo de embebição intensificado nessa condição, o que pode ter contribuído para intensificar os processos deteriorativos. Esse fenômeno é evidenciado pelos dados de lixiviação (Tabela 3), nos quais as sementes da cultivar Acauã também apresentaram uma grande quantidade de lixiviados, indicando possíveis manifestações de processos deteriorativos.

Ademais, o alto teor de água das sementes associado às altas temperaturas presentes no teste de E.A. pode influenciar na intensificação do processo de deterioração da semente, o que gera danos à integridade das membranas, possibilitando a absorção descontrolada nas células e elevação no teor de água (LOPES, 1990).

No tempo de exposição de 72 horas, as sementes da cultivar Aracê consolidaram sua supremacia com 100% de germinação, sendo consideradas o lote com maior vigor. As sementes da cultivar Acauã tiveram um desempenho intermediário, enquanto as sementes da cultivar Potengi foram classificadas como as de menor vigor devido à menor porcentagem de germinação (Tabela 3). Esses resultados ressaltam a importância da avaliação da germinação como um indicador-chave do vigor das sementes em diferentes condições de estresse simulado, fornecendo subsídios para a seleção de lotes de sementes mais resistentes.

Por fim, o teste de E.A. foi eficaz na avaliação do vigor de sementes para as diferentes cultivares de feijão-caupi, todavia, é importante mencionar as limitações do teste que incluem sua sensibilidade aos parâmetros experimentais, como tempo e temperatura. No entanto, o teste é eficiente na estratificação da qualidade fisiológica de lotes de sementes e identificação de cultivares resilientes. Portanto, a escolha da cultivar e a consideração cuidadosa das condições experimentais são cruciais na interpretação dos resultados do teste.



Ao compreender as respostas variadas das cultivares aos tempos de exposição, os resultados também indicam que a monitorização periódica da qualidade das sementes, com base na sensibilidade de cada cultivar, pode ser crucial para um manejo eficaz dos estoques. Essa abordagem adaptativa pode melhorar a eficiência do armazenamento, permitindo a tomada de decisões informadas sobre a utilização ou renovação de lotes de sementes, otimizando assim o desempenho das culturas e a produtividade agrícola.

Conclusões

O teste de envelhecimento acelerado permitiu classificar lotes de sementes de feijão-caupi das cultivares Acauã, Aracê e Potengi em diferentes níveis de vigor. Dentre os cenários adotados, a combinação de 72 horas à 41 °C mostrou-se a mais sensível para a avaliação do potencial fisiológico das sementes.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Análise de Sementes de Produção (LASP), parte integrante do Núcleo da Classificação Vegetal e Biotecnologia (NUCLA) da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA), e pelo Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de feijão-caupi, da Universidade Federal do Ceará pelo fornecimento das sementes. Ao Professor Dr. Alek Sandro Dutra por permitir a execução do ensaio no Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Ceará.

Referências

ALEMU, M.; ASFAW, Z.; WOLDU, Z.; FENTA, B. A.; MEDVECKY, B. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Fabaceae) landrace diversity in northern Ethiopia. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, v. 8, n. 11, p. 297-309, 2016.

BARRETO, L. C.; GARCIA, Q. S. Accelerated ageing and subsequent imbibition affect seed viability and the efficiency of antioxidant system in macaw palm seeds. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 39, p. 1-8, 2017.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parameters of the accelerated aging test to determine the vigor of dry bean seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, p. 104-112, 2011.

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, p. 247-254, 2008.

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

DELOUCHE, J. C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. *Agronomy Abstracts*, v. 40, n. 1, p. 40, 1965.



DELOUCHE, J. C. Deterioração de sementes. **SEED News**, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

DEMIR, I.; KENANOGLU, B. B.; ÖZDEN, E. Seed vigour tests to estimate seedling emergence in cress (*Lepidium sativum* L.) seed lots. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 3, p. 881-886, 2019.

FESSEL, S. A.; SILVA, L. J. R.; GALLI, J. A.; SADER, R. Uso de solução salina (NaCl) no teste de envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. italica Plenck). **Científica**, v. 33, n. 1, p. 27-34, 2005.

KEBEDE, E. Grain legumes production and productivity in Ethiopian smallholder agricultural system, contribution to livelihoods and the way forward. **Cogent Food & Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1722353, 2020.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020. p. 1-24.

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

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho das plântulas. : KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p. 2.1- 2.24.

PEREIRA, M. F. S.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 595-606, 2015.

PÚBLIO-JÚNIOR, E. P.; MORAIS, O. M.; ROCHA, M. de M.; PÚBLIO, A. P. P. B.; BANDEIRA, A. da S. Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 223-230, 2017.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 20 de dez. de 2021.

RANGANATHAN, U.; GROOT, S. P. C. Seed Longevity and Deterioration. In: DADLANI, M.; YADAVA, D. K. (eds.). **Seed Science and Technology**. Singapura: Springer, 2023

SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F.A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 206-213, 2014.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; DADINELLI, P. G.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de azevém com e sem solução salina e saturada. **Ciência Rural**, v. 41, p. 33-37, 2011.

VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. (Ed.). **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 270 p.

VIEIRA, R. D.; MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed., Londrina: Abrates, 2020. p. 333-388.