

## Desempenho fisiológico de sementes de *Crotalaria ochroleuca* durante o armazenamento

*Physiological performance of Crotalaria ochroleuca seeds during storage*

**Bruna Neves Pereira da Silva<sup>1</sup>, Tathiana Elisa Masetto<sup>2</sup>, Daiane Mugnol Dresch<sup>3</sup>**

\*Autor correspondente: Tathiana Elisa Masetto – E-mail: tmasetto@gmail.com

Recebido em: 04/03/2022

Aceito em: 28/09/2023

**RESUMO:** As crotalárias são amplamente utilizadas como adubo verde, porém um dos maiores desafios é a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica. A adoção de tecnologias adequadas de armazenamento contribui para manutenção da qualidade fisiológica das sementes, e, dessa forma, é fundamental o conhecimento das condições ideais durante o armazenamento. Objetivou-se avaliar o desempenho fisiológico de sementes de *Crotalaria ochroleuca* durante o armazenamento. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, em subparcelas divididas ao longo do tempo. As sementes foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em condições de ambiente sem o controle de temperatura e umidade relativa e em câmara climatizada. O desempenho fisiológico das sementes foi avaliado no início (controle) e a cada 90 dias, até 270 dias de armazenamento, por meio da germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, emergência a campo, envelhecimento acelerado, teste de frio e crescimento de plântulas. As sementes armazenadas em ambiente não controlado apresentam germinação mais elevada (acima de 75%) do que em câmara climatizada por até 270 dias de armazenamento. O desempenho das sementes foi mais influenciado pelo período do que pelo ambiente de armazenamento. As sementes de *C. ochroleuca* apresentaram elevado desempenho fisiológico por até 150 dias de armazenamento, em ambas as condições de ambiente.

**Palavras-chave:** Crotalária, condições de ambiente, vigor de sementes.

**ABSTRACT:** Sunn hems are widely used as green manure, but the availability of seeds with high physiological quality is still a challenge. Proper storage conditions contribute to maintaining the physiological quality of newly harvested seeds, and, thus, it is essential to know the ideal conditions during storage. This study aimed to evaluate the physiological performance of *Crotalaria ochroleuca* seeds during storage in different environments. The experimental design was completely randomized with four replications, in subplots divided over time. Seeds were placed in paper bags and stored in an uncontrolled environment and in a climate-controlled chamber. The evaluations were carried out at the beginning and at each 90 days, until 270 days of storage, through the first count, germination, germination speed index, accelerated aging, field emergence, aerial and root length, aerial and root dry mass seedling. Seeds stored in an uncontrolled environment showed higher germination (above 75%) than in the climate-controlled chamber for up to 270 days of storage. Seeds of *C. ochroleuca* showed high physiological performance for up to 150-days storage.

**Keywords:** Sunn hems, environment conditions, seeds vigour.

## INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Brasil.

<sup>2</sup> Docente no curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Brasil.

<sup>3</sup> Doutorado em Agronomia na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Brasil.

As plantas do gênero *Crotalaria* são amplamente utilizadas como adubo verde, devido à sua capacidade de proteger o solo contra a erosão, promover a reciclagem de nutrientes, redução da compactação do solo e combate de patógenos, plantas invasoras e nematoides (Delazeri *et al.*, 2020). Apesar da importância e da crescente utilização das crotalárias, a baixa disponibilidade de sementes com qualidade satisfatória, ainda é um fator limitante para o estabelecimento da cultura e sua ampla utilização por parte dos agricultores (Kappes *et al.*, 2012).

A utilização de sementes com alta qualidade é fundamental para o estabelecimento do estande e, conseqüentemente, da produtividade esperada da cultura da crotalária. No entanto, suas sementes necessitam permanecer armazenadas até o momento adequado para a semeadura em campo, que geralmente, compreende um longo período subsequente à safra da cultura antecessora.

Durante o armazenamento, alguns fatores podem afetar o potencial fisiológico das sementes, como a temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, teor de água inicial da semente (Sano *et al.*, 2016), danos mecânicos causados por ocasião da colheita e/ou beneficiamento e o ataque de pragas e doenças nas sementes (Marcos Filho, 2015). Dentre esses fatores, o teor de água da semente, temperatura e umidade relativa do ar ambiente são os fatores que mais influenciam a qualidade fisiológica, e, juntos são responsáveis pela intensidade de deterioração a que as sementes estão sujeitas durante o armazenamento (Sano *et al.*, 2016, Waterworth; Bray; West, 2019). Com a compreensão atual da diversidade das estruturas celulares, bem como a interação da temperatura, postula-se que os níveis ótimos de umidade variam entre organismos e as temperaturas de armazenamento (Ballesteros; Pritchard; Walters, 2020). Nesse contexto, para cada espécie e tipo de semente, existe uma combinação adequada de temperatura, umidade relativa e embalagem para proporcionar a manutenção da qualidade das sementes durante o armazenamento.

Em estudo com sementes de *Crotalaria juncea* recém-colhidas e após oito meses de armazenamento, Araújo *et al.* (2018) observaram que a germinação e o vigor foram crescentes nas sementes armazenadas. Nesse contexto, durante o armazenamento, as alterações nos atributos de qualidade de sementes nem sempre são fáceis de detectar durante as etapas iniciais do processo de deterioração ou em sementes que apresentam dormência (Mira *et al.*, 2020).

Considerando o emprego da cultura da crotalária para o manejo sustentável dos sistemas agrícolas, o crescente interesse e aplicação da cultura, e, sobretudo, a importância da qualidade

da semente para o estabelecimento de plantas, informações acerca das condições ideais para o armazenamento são importantes para a obtenção de sementes com elevada qualidade.

Esse estudo apresenta a hipótese de que o desempenho das sementes de crotalária é afetado durante e após o armazenamento. O objetivo foi avaliar o desempenho fisiológico de sementes de *Crotalaria ochroleuca* em dois ambientes de armazenamento por 270 dias.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Crotalaria ochroleuca* G. Don. foram produzidas na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (22°13'16''S, 54°48'02''W e altitude de 430 m), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. O clima da região é classificado como 'Cwa' de acordo com o sistema de classificação de Köppen e o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico.

A semeadura ocorreu em março de 2019, sobre os restos culturais do milho, utilizando uma semeadora modelo TD, com oito linhas espaçadas entre si com 40 cm e densidade de 20 sementes por metro. Os tratos culturais necessários foram aplicados durante o desenvolvimento da cultura da crotalária.

A colheita mecanizada de sementes ocorreu em agosto de 2019, utilizando uma colhedora com plataforma para soja. As sementes foram beneficiadas manualmente e o lote de sementes foi formado por sementes maduras, inteiras e com tamanho uniforme.

As sementes foram separadas em porções, acondicionadas em sacos de papel Kraft (27 x 19 x 31 cm) e armazenadas em duas condições: ambiente sem controle de temperatura e de umidade relativa, porém ao abrigo de luz e ventilação (com registros de temperatura e umidade relativa médias de 25 °C e 60%, respectivamente, durante 270 dias) e câmara climatizada (15 °C, 45% UR). As sementes foram acondicionadas nas embalagens de acordo com cada período e foram avaliadas no início (controle) e a cada 90 dias, por até 270 dias de armazenamento. O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105 °C por 24 horas e os resultados foram expressos em base úmida (b.u.) (Brasil, 2009). O desempenho fisiológico das sementes foi determinado por meio dos seguintes testes:

Germinação: foi conduzido em rolos de papel Germitest<sup>®</sup> umedecidos com água destilada ao equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos de germinação foram colocados em B.O.D com temperatura alternada de 20-30 °C em quatro repetições de 50

sementes, onde permaneceram por 10 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Primeira contagem: realizada juntamente com o teste de germinação. O registro das porcentagens de plântulas normais foi realizado no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): contabilizou-se diariamente o número de plântulas normais no teste de germinação e aplicou-se a fórmula proposta por MAGUIRE (1962):  $IVG = G1 / N1 + G2 / N2 + \dots + Gn / Nn$ , em que  $G1, G2, \dots, Gn$  = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem e  $N1, N2, \dots, Nn$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

Emergência em campo: o teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes em bandejas com solo (Latosolo Vermelho Distroférrico), umedecido com 60% da capacidade de campo. Foram computadas as plântulas que apresentaram expansão do primeiro par de folhas acima do solo. Os resultados foram expressos em porcentagem (Nakagawa, 1999).

Envelhecimento acelerado: quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento foram dispostas em camada única sobre a superfície de tela de aço inoxidável e posicionadas no interior de caixas plásticas do tipo “gerbox”, contendo 40 mL de água destilada. As caixas com as sementes foram mantidas em câmara de germinação regulada a 42 °C por um período de 48 horas. Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme a metodologia descrita anteriormente. As avaliações foram realizadas quatro dias após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Marcos Filho, 1999).

Teste de frio: foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes dispostas em papel Germitest®. A quantidade de água no substrato foi correspondente a 2,5 vezes a sua massa. Os rolos de papel com as sementes foram mantidos em câmara B.O.D regulada a temperatura constante de 10 °C durante cinco dias (Vieira *et al.*, 2010). Após, as sementes foram transferidas para câmara de germinação regulada a 20-30 °C, onde permaneceram por mais cinco dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Comprimento de plântulas: foi conduzido com quatro repetições de 20 sementes para cada tratamento. As sementes foram posicionadas no terço superior do papel Germitest® (Nakagawa, 1999) e mantidas em B.O.D. na temperatura alternada de 20-30 °C. As medidas de parte aérea e de raiz foram efetuadas aos quatro dias após a semeadura com auxílio de régua milimetrada. A parte aérea foi considerada a porção determinada entre o ápice da plântula até a

inserção da raiz. O comprimento da raiz foi determinado pela porção compreendida entre a inserção do nó radicular até a ponta da raiz. Os resultados foram expressos em centímetros (cm).

Massa de matéria seca de plântulas: foi determinada a partir das plântulas normais resultantes do teste de comprimento de plântula. As partes das plântulas foram seccionadas quanto à parte aérea e raiz e, posteriormente, colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar regulada a 40 °C, durante 48 horas. Após este período, as amostras foram retiradas da estufa e a determinação da massa de matéria seca foi realizada em balança (0,001 g). Os resultados foram expressos em gramas (g) (Nakagawa, 1999).

Delineamento experimental e análise estatística: o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas ao longo dos períodos de armazenamento (0, 90, 180 e 270 dias), com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e no caso de significância, os períodos de armazenamento foram submetidos à análise de regressão e as temperaturas comparadas pelo teste t, ambos a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes de armazenamento utilizados nesse estudo apresentavam diferenças quanto à umidade relativa e temperatura do ar, permitindo inferir que tais variações poderiam afetar a velocidade e a intensidade de deterioração e, conseqüentemente, proporcionar alterações no desempenho fisiológico das sementes de crotalária.

As sementes apresentaram teor de água inicial de 11% (b.u.) e durante o armazenamento, apresentaram, em média, teor de água de 14,2% (b.u.). Vale destacar que, o teor de água observado nas sementes após o armazenamento em câmara fria provavelmente ocorreu devido ao processo de sorção com amostras de sementes armazenadas no mesmo local.

As sementes de crotalária são higroscópicas e têm a capacidade de ceder ou adsorver água do ambiente; e as mudanças no teor de água acontecem até que as sementes entrem em equilíbrio com as condições do ar que as circundam (Granella *et al.*, 2018, Granella; Bechlin; Christ, 2020). Em estudo sobre armazenamento de sementes de soja por até 180 dias, também ocorreu aumento do teor de água das sementes armazenadas em todos os ambientes testados (câmara fria, silo bolsa e armazém). A câmara fria e úmida foi o local que mais prejudicou o produto armazenado, em consequência da elevada umidade relativa (Schons *et al.*, 2017).

A interação entre os ambientes e os períodos de armazenamento foi significativa para a germinação de sementes, envelhecimento acelerado, emergência em campo e teste de frio ( $p < 0,05$ , Tabela 1). O efeito isolado dos períodos de armazenamento foi significativo para a primeira contagem, índice de velocidade de germinação ( $p < 0,05$ , Tabela 1), comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e massa de matéria seca de raiz ( $p < 0,05$ , Tabela 2). Para o comprimento de parte aérea de plântulas foi observado efeito isolado dos ambientes de armazenamento ( $p < 0,05$ , Tabela 2).

**Tabela 1.** Resumo da ANOVA para primeira contagem (PC, %), germinação (G, %), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA, %), emergência em campo (EM, %) e teste de frio (TF, %) em sementes de *Crotalaria ochroleuca* em função dos ambientes e períodos de armazenamento

FV	GL	PC	G	IVG	EA	EM	TF
Repetição	3	42,45	47,45	1,29	116,33	50,33	48,83
Períodos (P)	3	1498,12*	687,45*	41,64*	5959,00*	1536,33*	10894,16*
Resíduo a	9	65,56	66,12	2,32	50,44	26,55	30,05
Ambiente (A)	1	3,12	946,12*	0,80	1404,50*	0,50	338,00*
P x A	3	39,12	155,45*	0,31	454,16*	413,50*	94,33*
Resíduo b	12	35,12	28,79	1,08	29,41	49,583	22,91
Total	31						
CV 1 (%)		13,18	10,11	13,61	16,52	6,74	13,25
CV 2 (%)		9,65	6,67	9,25	12,61	9,78	11,57

\*: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

FV: fonte de variação. GL: graus de liberdade. CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Resumo da ANOVA para comprimento de parte aérea (CPA, cm), comprimento de raiz de plântulas (CRZ, cm), massa seca de parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz de plântulas (MSRZ, g) de sementes de *Crotalaria ochroleuca* em função dos ambientes e períodos de armazenamento.

FV	GL	CPA	CRZ	MSPA	MSRZ
Repetição	3	0,4585	4,4347	0,0005	0,0004
Períodos (P)	3	1,3205*	12,4184*	0,0011	0,0020*
Resíduo a	9	0,3298	3,5279	0,0009	0,0004
Ambiente (A)	1	2,4586*	1,3778	0,0008	0,0001
P x A	3	0,50445	1,8578	0,0001	0,0003
Resíduo b	12	0,06399	0,0981	0,00008	0,00009
Total	31				
CV 1 (%)		18,86	23,81	24,72	22,81
CV 2 (%)		8,31	7,31	22,64	28,72

\*: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

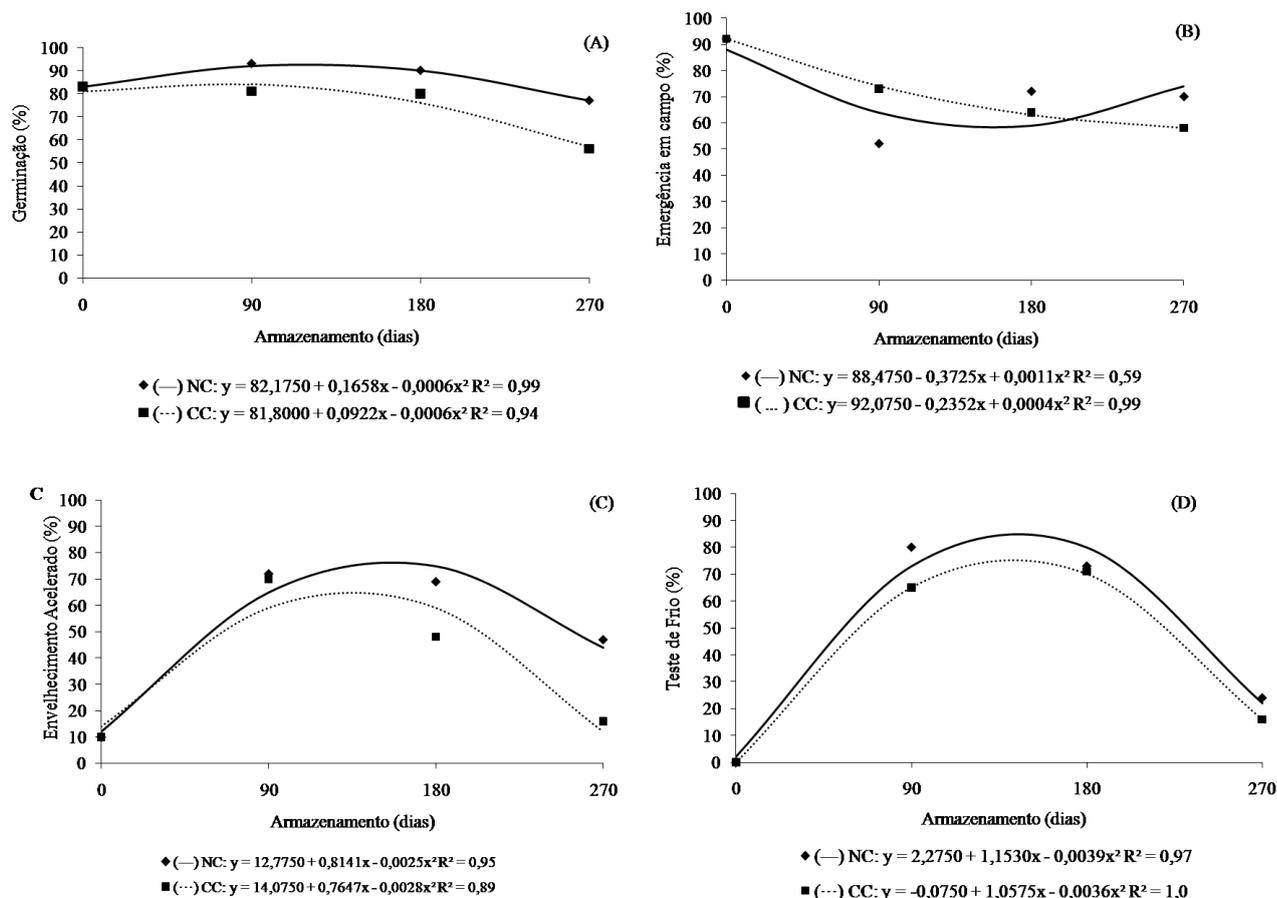
FV: fonte de variação. GL: graus de liberdade. CV: coeficiente de variação.

Inicialmente, as sementes de crotalária apresentaram 80% de germinação. As sementes armazenadas em ambiente não controlado apresentaram germinação máxima de 94% aos 138

dias de armazenamento e, quando armazenadas em câmara climatizada, verificou-se germinação máxima de 85% aos 77 dias de armazenamento (Figura 1A). Esses resultados indicam um incremento na germinação das sementes durante o armazenamento, sobretudo em ambiente não controlado (Figura 1A).

Para a comercialização de sementes de *C. ochroleuca*, a exigência mínima é de 75% de germinação (BRASIL, 2008). Apesar dos resultados de germinação das sementes recém-colhidas utilizadas na presente pesquisa indicarem a sua viabilidade de comercialização, após o armazenamento a germinação das sementes foi mais elevada, sobretudo em condições não controladas (Figura 1A).

Resultados semelhantes foram observados após oito meses de armazenamento de sementes de *C. juncea*; as sementes armazenadas apresentaram germinação e vigor superiores em relação às sementes recém-colhidas, e dormência reduzida em até 75,4% (Araújo *et al.*, 2018). Silva, Masetto e Souza (2022) relataram aumento gradual da germinação de sementes de *C. spectabilis* durante o armazenamento por até 150 dias em ambiente de câmara fria. De acordo com Baskin e Baskin (2020), após o armazenamento, as sementes de certas espécies podem apresentar germinação mais elevada do que quando recém-colhidas, e são caracterizadas pela presença de dormência fisiológica não-profunda. Nos primeiros estágios de armazenamento, reações bioquímicas, dentre elas, reações de Amadori e Maillard (Nadarajan *et al.*, 2022) que alteram os constituintes celulares e proteólises que determinam a redução da sensibilidade ao ácido abscísico (Graeber *et al.*, 2012), podem causar a superação de dormência e, conseqüentemente, promover a germinação, o que pode ser considerado benéfico para as sementes de certas espécies (Sano *et al.*, 2016).



**Figura 1.** Germinação de sementes (A) emergência a campo (B), envelhecimento acelerado (C) e teste de frio (D) de sementes de *Crotalaria ochroleuca* armazenadas em ambiente não controlado (NC) e câmara climatizada (CC) durante 270 dias de armazenamento.

As sementes de *C. ochroleuca* apresentaram resultado mínimo de emergência em campo de 60% aos 169 dias de armazenamento em ambiente não controlado e, 57% aos 270 dias de armazenamento em câmara climatizada (Figura 1B). Esses resultados indicam que as sementes apresentaram elevada capacidade de estabelecimento de plântulas mesmo após o armazenamento prolongado, o que também pode ser atribuído à manutenção do teor de água das sementes durante o armazenamento. De acordo com Basbouss-Serhal, Leymarie e Bailly (2016), o teor de água das sementes e a umidade relativa do ambiente, associado ao armazenamento prolongado podem induzir a perda progressiva do vigor de sementes, por elevar a respiração das sementes, acelerando a deterioração e diminuindo a sua qualidade fisiológica.

Resultados semelhantes aos obtidos no teste de germinação foram observados com os testes de vigor de sementes. As sementes apresentaram resultado máximo de 79% aos 163 dias

de armazenamento em ambiente não controlado, e resultado máximo de 66% aos 137 dias de armazenamento em câmara climatizada, pelo teste de envelhecimento acelerado (Figura 1C). Comportamento semelhante foi observado pelos resultados do teste de frio, onde verificou-se que as sementes armazenadas em ambiente não controlado apresentaram resultado máximo de 87% aos 148 dias de armazenamento, e resultado máximo de 78% com 147 dias de armazenamento em câmara climatizada (Figura 1D).

A manutenção do potencial fisiológico das sementes de *C. ochroleuca* durante o armazenamento também foi observada na primeira contagem e índice de velocidade de germinação, independente da temperatura utilizada no armazenamento (Figura 2). Para a primeira contagem, as sementes apresentaram resultado máximo de germinação de 76% aos 151 dias de armazenamento (Figura 2A) e índice de velocidade de germinação máximo de 8,89 (Figura 2B).

O efeito significativo isolado dos períodos de armazenamento também foi observado para o crescimento de plântulas (Figura 3). As sementes armazenadas apresentaram resultado mínimo de comprimento de parte aérea de 3 cm aos 16 dias de armazenamento (Figura 3A) e comprimento de raiz de 5,6 cm aos 20 dias de armazenamento (Figura 3B).

O menor resultado de massa seca de raiz de plântulas foi 0,0223 gramas aos 100 dias de armazenamento (Figura 3C). Observou-se que o comprimento da parte aérea praticamente não se alterou ao longo de todo período. Entretanto, verificou-se redução no comprimento de raiz já no primeiro período de armazenamento, mantendo-se baixo nas avaliações seguintes, embora na última avaliação tenha apresentado leve acréscimo. Resultado semelhante ao comprimento de raiz foi observado para a massa seca de raiz, uma vez que os testes estão relacionados (Figuras 3B e 3C).

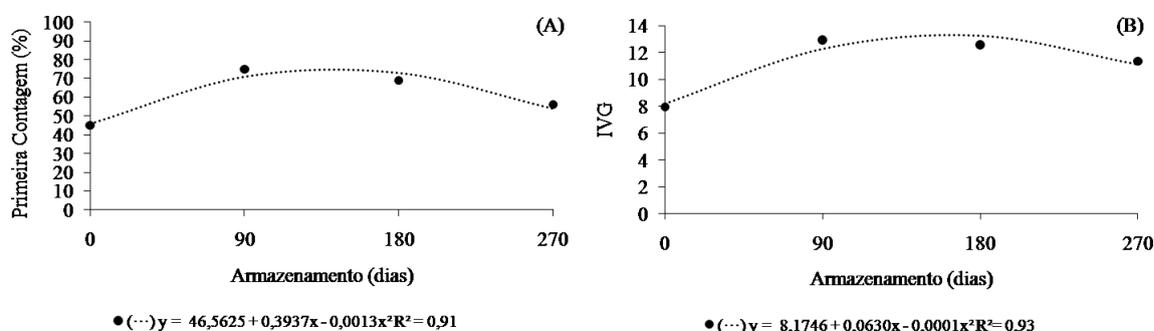
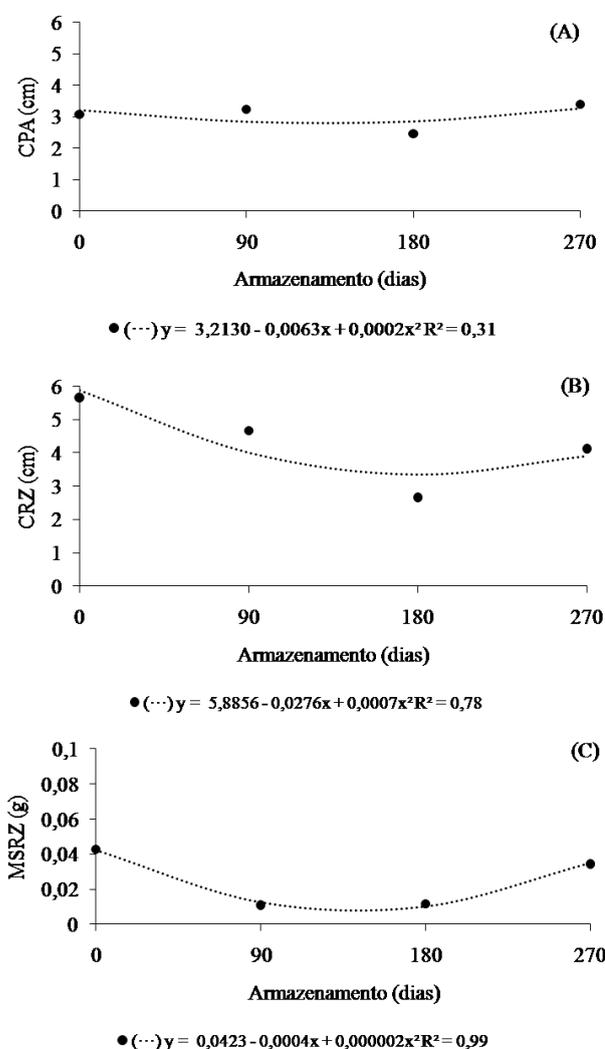


Figura 2. Primeira contagem (%) (A), índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Crotalaria ochroleuca* submetidas ao armazenamento.

De acordo com os resultados obtidos após o armazenamento por, aproximadamente, 150 dias, as sementes de *C. ochroleuca* ainda apresentaram elevado desempenho fisiológico (Figuras 1 e 2). Outro fator que pode auxiliar a manutenção da viabilidade das sementes de *C. ochroleuca* após o armazenamento pode ser devido à composição anatômica do tegumento. O tegumento das sementes de crotalária tem exotesta formada por macrosclereídes que favorece a conservação das sementes, cujas células têm paredes espessas e fortemente unidas (Pascualides; Planchuelo, 2007). Além da característica do aparato celular das sementes de crotalária, a redução dos processos metabólicos durante o armazenamento, como a respiração, proporcionada pelo baixo teor de água das sementes, pode contribuir com a manutenção do potencial fisiológico das sementes.



**Figura 3.** Comprimento de parte aérea (cm) (A), comprimento de raiz (cm) (B) e massa seca de raiz (g) (C) de plântulas de *Crotalaria ochroleuca* submetidas ao armazenamento.

O efeito isolado dos ambientes de armazenamento foi significativo para o comprimento de parte aérea de plântulas (Tabela 3). As sementes armazenadas em câmara fria apresentaram maior comprimento de parte aérea em relação às sementes armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade.

**Tabela 3.** Comprimento de parte aérea (cm) de plântulas de *Crotalaria ochroleuca* armazenadas durante 270 dias em duas condições de ambientes

Ambientes	Comprimento de parte aérea de plântulas
Câmara climatizada	3,32 a
Não controlado	2,76 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste T.

Com os resultados obtidos, é possível inferir que o desempenho fisiológico de sementes de crotalária é mais influenciado pelo período de armazenamento e que ambas as condições de ambientes de armazenamento foram eficientes em preservar a viabilidade das sementes, até, aproximadamente, 150 dias. Esta é uma informação importante para a tecnologia de sementes de crotalária, que é uma cultura indicada principalmente para áreas com manejo agroecológico praticado por pequenos agricultores (CHIEZA et al. 2017) que, geralmente, não dispõem de estruturas de refrigeração e armazenam as sementes em ambientes sem condições controladas.

O desempenho fisiológico das sementes de crotalária foi mantido por até, aproximadamente, 150 dias de armazenamento. De acordo com os resultados de armazenamento das sementes em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa, as sementes apresentaram viabilidade de comercialização (germinação mínima de 75%) por até 180 dias após a colheita.

#### 4 CONCLUSÕES

O armazenamento por até 180 dias em ambiente não controlado e câmara climatizada são eficientes para manutenção da qualidade fisiológica de sementes de *Crotalaria ochroleuca*.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAGRO-UFGD) e a CAPES.

#### REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. V. *et al.* Época de colheita e armazenabilidade de sementes de *Crotalaria juncea* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 1, p. 103-111, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180012>

BALLESTEROS, D.; PRITCHARD, H. W.; WALTERS, C. Dry architecture: towards the understanding of the variation of longevity in desiccation-tolerant germplasm. **Seed Science Research**, v. 30, p. 142–155, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258520000239>

BASBOUSS-SERHAL, I.; LEYMARIE, J.; BAILLY, C. Fluctuation of *Arabidopsis* seed dormancy with relative humidity and temperature during drying storage. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 119-130, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv439>

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Breaking seed dormancy during dry storage: a useful tool or major problem for successful restoration via direct seeding?. **Plants**, v. 9, n. 5, p.636, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv439>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 30, de 21 de maio de 2008. Estabelece normas e padrões para produção e comercialização de sementes de espécies forrageiras de clima tropical. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 23 mai. 2008. Seção 1, p. 45.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CHIEZA, E. D. *et al.* Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020012>

DELAZERI, J. V. *et al.* Desempenho agrônômico de milho e crotalária cultivados em sistemas solteiro e consorciado. **Ciencia del suelo**, v. 38, n. 2, p. 212-223, 2020. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672020000200212&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672020000200212&script=sci_abstract&tlng=en)

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GRAEBER, K. *et al.* Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, cell & environment**, v.35, n.10, p.1769-1786, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02542.x>

GRANELLA, S. J. *et al.* Thermodynamic properties for different equilibrium moisture content in sunn hemp seeds. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 288–295, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n3188518>

GRANELLA, S. J.; BECHLIN, T. R.; CHRIST, D. Modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico de sementes de crotalária. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v.8, n.1, p.124-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7750>

KAPPES, C. *et al.* Reguladores de crescimento e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes e plântulas de crotalária. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 180-190, 2012. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11639>

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: ABRATES, 1999. p. 3-1 a 3-24.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2. ed., 2015. 659 p.

MIRA, S. *et al.* DNA methylation and integrity in aged seeds and regenerated plants. **Seed Science Research**, v. 30, n. 2, p. 92-100, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258520000021>

NADARAJAN, J.; WALTERS, C.; PRITCHARD, H. W.; BALLESTEROS, D.; COLVILLE, L. Seed longevity-the evolution of knowledge and a conceptual framework. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 471, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12030471>

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, 1999. cap. 2, p. 2-8.

PASCUALIDES, A. L.; PLANCHUELO, A. M. Seed morphology and imbibitions pattern of *Crotalaria juncea* L. **Seed Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 760-764, 2007. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.3.24>

SANO, N. *et al.* Staying alive: molecular aspects of seed longevity. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660-674, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcv186>

SILVA, B. N. P. D.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. D. Changes in the physiological potential of sunn hemp seeds during storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272687>

SCHONS, A. *et al.* Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 109-121, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17183>

VIEIRA, B. G. T. L. *et al.* Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 5, p. 540-545, 2010. <https://www.scielo.br/j/sa/a/bZMV5Qdz9mXfRgFmTfJPQFF/?format=pdf&lang=en>

WATERWORTH, W. M.; BRAY, C. M.; WEST, C. E. Seeds and the art of genome maintenance. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 706, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00706>