

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Crotalaria ochroleuca E Crotalaria spectabilis

BRUNA NEVES PEREIRA DA SILVA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021

PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Crotalaria ochroleuca E *Crotalaria spectabilis*

BRUNA NEVES PEREIRA DA SILVA
Engenheira Agrônoma

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Tathiana Elisa Masetto
COORIENTADOR: Prof Dr André Luis Duarte Goneli

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586p Silva, Bruna Neves Pereira Da
Produção e armazenamento de sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis*
[recurso eletrônico] / Bruna Neves Pereira Da Silva. -- 2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Tathiana Elisa Masetto.

Coorientador: André Luís Duarte Goneli.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Espaçamento entre linhas. 2. Longevidade de sementes. 3. Qualidade fisiológica. I. Masetto, Tathiana Elisa. II. Goneli, André Luís Duarte. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Crotalaria ochroleuca E *Crotalaria spectabilis*

por

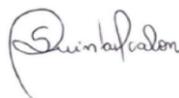
BRUNA NEVES PEREIRA DA SILVA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 25/06/2021



Dr^a. Tathiana Elisa
Masetto Orientadora –
UFGD/FCA



Dr^a. Silvana de Paula Quintão
Scalon UFGD/FCA



Dr. Valdiney Cambuy Siqueira
UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e saúde, a toda minha família, principalmente meus pais Gisele Maria Neves e João Bosco Pereira da Silva, que com muito carinho e dedicação, não mediram esforços para que eu percorresse essa jornada.

Em especial, ao meu companheiro José Augusto Farias Ferreira pelo apoio e amor dedicados a mim todos os dias de nossas vidas.

À minha orientadora, Profa. Dra. Tathiana Elisa Masetto, pela paciência na orientação e incentivo, que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Aos amigos com quem convivi ao longo desses anos, que ajudaram direta ou indiretamente na realização desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora de qualificação, Dra. Daiane Mugnol Dresch e Profa. Dra. Mariana Zampar, pela disponibilidade e colaboração.

Aos membros da banca examinadora da defesa, Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon e Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira, pela disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

À Universidade Federal da Grande Dourados/Faculdade de Ciências Agrárias (UFGD/FCA), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Capes, pela bolsa de estudos que possibilitou a dedicação integral ao programa de pós-graduação.

Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

CAPÍTULO I – POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Crotalaria*: EFEITO DO ESPAÇAMENTO EM CONDIÇÕES DE CERRADO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

CAPÍTULO II – ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE *Crotalaria ochroleuca* E *Crotalaria spectabilis*

RESUMO.....	34
ABSTRACT	35
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

**Produção e armazenamento de sementes de *Crotalaria ochroleuca*
e *Crotalaria spectabilis***

RESUMO

A crotalária é uma das principais culturas utilizadas para a adubação verde, porém um dos grandes desafios do cultivo se refere à baixa disponibilidade de sementes com qualidade satisfatória no mercado. O conhecimento acerca da qualidade das sementes é um fator relevante para o estabelecimento do estande adequado. Na produção de sementes, o conhecimento do espaçamento de semeadura e dos fatores que podem interferir durante o armazenamento contribuem para a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produção e o armazenamento de sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis*. No primeiro capítulo, o objetivo foi avaliar o potencial fisiológico das sementes das duas espécies, produzidas em dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm) em delineamento de blocos casualizados durante dois anos agrícolas (2018 e 2019), em Dourados-MS. As avaliações realizadas foram: germinação, envelhecimento acelerado, emergência em campo, comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas, massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas, condutividade elétrica e teste de frio. No segundo capítulo, o objetivo foi avaliar o potencial fisiológico das sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* acondicionadas em saco de papel kraft durante o armazenamento em câmara climatizada (15°C, 45% UR), no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal da Grande Dourados e ambiente não controlado durante 0, 90, 180 e 270 dias. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em subparcelas divididas ao longo dos períodos de armazenamento com quatro repetições, sendo que em cada período avaliou-se o teor de água, primeira contagem, germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, emergência em campo, comprimento de parte aérea e raiz de plântulas, massa seca de parte aérea e da raiz de plântulas e teste de frio. O espaçamento de 20 cm foi mais eficiente para produzir sementes de *C. ochroleuca* com maior desempenho fisiológico, porém as sementes de *C. spectabilis* produzidas sob espaçamento de 40 cm apresentaram germinação e vigor mais elevados do que no menor espaçamento. O armazenamento de sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* até 180 dias proporcionou resultados mais elevados de germinação e vigor em relação às sementes recém-colhidas. Os dois ambientes de armazenamento foram eficientes para preservar a qualidade fisiológica das sementes.

Palavras chaves: Espaçamento entre linhas, Longevidade de sementes, Qualidade fisiológica.

Production and storage of *Crotalaria ochroleuca* seeds and *Crotalaria spectabilis*

ABSTRACT

Crotalaria is one of the main crops used for green manuring, but one of the great challenges of cultivation refers to the low availability of seeds with satisfactory quality in the market. Knowledge about the quality of seeds is a relevant factor for establishing an adequate stand. In seed production, knowledge of sowing spacing and factors that may interfere during storage contribute to obtaining seeds with high physiological quality. The objective of this work was to evaluate the production and storage of seeds of *Crotalaria ochroleuca* and *Crotalaria spectabilis*. In the first chapter, the objective was to evaluate the physiological potential of the seeds of the two species, produced in two spacing between rows (20 and 40 cm) in a randomized block design during two agricultural years (2018 and 2019), in Dourados-MS. The evaluations carried out were: germination, accelerated aging, field emergence, length of the aerial part and of the seedling root, dry mass of the aerial part and of the seedling root, electrical conductivity and cold test. In the second chapter, the objective was to evaluate the physiological potential of *Crotalaria ochroleuca* and *Crotalaria spectabilis* seeds stored in a kraft paper bag during storage in an air-conditioned chamber (15°C, 45% RH) at the Seed Technology Laboratory of the Federal University from Grande Dourados and uncontrolled environment for 0, 90, 180 and 270 days. The design used was completely randomized, in subplots divided over the storage periods with four replications, and in each period the water content, first count, germination, germination speed index, accelerated aging, field emergence were evaluated. , length of aerial part and seedling root, dry mass of aerial part and of seedling root and cold test. The 20 cm spacing was more efficient to produce *C. ochroleuca* seeds with greater physiological performance, but *C. spectabilis* seeds produced under 40 cm spacing showed higher germination and vigor than in the smaller spacing. Storage of *C. ochroleuca* and *C. spectabilis* seeds for up to 180 days provided higher germination and vigor results compared to newly harvested seeds. The two storage environments were efficient to preserve the physiological quality of the seeds.

Key words: Row spacing, Seed longevity, Physiological quality.

INTRODUÇÃO GERAL

As crotalárias são originárias da Índia e Ásia Tropical, com ampla adaptação às regiões tropicais e, foram introduzidas no Brasil, inicialmente para a produção de fibras, mas se difundiram como plantas condicionadoras do solo (Silva et al., 2016). Destacam-se por apresentar crescimento rápido, bom desenvolvimento em condições de altas temperaturas e potencial para produção de matéria seca (Leal et al., 2012).

O principal emprego das crotalárias é na adubação verde, sendo que nos últimos anos houve crescente demanda de sementes, em vista de sua utilização na prática de reformas de canaviais e no manejo de nematóides (Kappes et al., 2012; Cotrim et al., 2019; Debiase et al., 2016). O cultivo dessas leguminosas trazem consequências benéficas para a lavoura através da cobertura do solo, evitando a erosão (Granello et al., 2018) e promovendo a reciclagem de nutrientes (Silva et al., 2012).

Dada à importância estratégica da cultura, a utilização de sementes com alta qualidade é um fator relevante para a obtenção do estabelecimento do estande e, conseqüentemente, da produtividade esperada. No entanto, o principal entrave para o cultivo de crotalárias é a baixa disponibilidade de sementes com qualidade satisfatória no mercado (Kappes et al., 2012).

Dentre as espécies de crotalárias, a *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* estão entre as mais conhecidas, tanto cientificamente quanto pelo setor produtivo. No entanto, essas espécies apresentam características distintas entre si, o que pode influenciar na tomada de decisão para determinadas práticas agrícolas, como espaçamento entre linhas, população de plantas, época de semeadura e práticas referentes ao beneficiamento (Garcia e Staut, 2018).

O espaçamento de semeadura adequado é uma prática que visa o melhor aproveitamento dos recursos ambientais pela planta, semeando o número ideal de sementes por área (Rocha et al., 2018). O espaçamento entre linhas pode afetar as características morfofisiológicas das plantas, como no crescimento e desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes (Abati et al., 2017). Portanto, o espaçamento entre linhas pode alterar significativamente a qualidade da semente produzida mesmo quando se utiliza sementes de alto vigor inicial (Cardoso et al., 2021). Espaçamentos equivocados, que geram estandes de plantas excessivos e

intensificam a probabilidade de ocorrer acamamento, propiciam ambiente favorável à proliferação de doenças no dossel da lavoura e, conseqüentemente, prejudicam a qualidade das sementes (Krzyzanowski et al., 2018).

Sementes de alta qualidade fisiológica apresentam maior velocidade de germinação, emergência e desenvolvimento inicial das plântulas no campo (Finch-Savage e Bassel, 2016). Entre os aspectos que determinam a qualidade da semente está o potencial fisiológico, que pode ser definido como a capacidade da semente desempenhar suas funções vitais, combinando informações sobre a germinação e o vigor das sementes (Marcos Filho, 2015). Dessa forma, o conhecimento sobre o local adequado e a longevidade das sementes durante o armazenamento são fatores importantes para manter a germinação e vigor do lote, e minimizar os prejuízos causados pelo processo de envelhecimento (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Considerando a importância da qualidade da semente para a produção agrícola e, sobretudo, para o cultivo da crotalaria, cujo emprego preconiza o manejo sustentável e associado ao interesse e aplicação da cultura, as informações acerca da produção e tecnologia de sementes são importantes para a obtenção de sementes com elevado desempenho fisiológico.

O presente trabalho tem as seguintes hipóteses: a produção de sementes, no menor espaçamento proporciona sementes com qualidade fisiológica inferior, visto que nessa condição, provavelmente, há maior competição por água e nutrientes, competição intraespecífica das plantas por luminosidade e microclima mais favorável à proliferação de doenças. A segunda hipótese é baseada que o armazenamento das sementes afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes, e que esse efeito seja mais intenso nas sementes armazenadas em ambiente sem condições de temperatura e umidade controlada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e o armazenamento de sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis*. No primeiro capítulo, o objetivo foi avaliar o efeito de dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm) para produção de sementes, em dois anos agrícolas na qualidade fisiológica das sementes. No segundo capítulo, o objetivo foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* acondicionadas em saco de papel kraft durante o armazenamento em câmara fria e seca e em ambiente não controlado, durante 0, 90, 180 e 270 dias de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATI, J.; BRZEZINSKI, C. R.; FOLONI, J. S. S.; ZUCARELI, C.; BASSOI, M. C.; HENNING, F. A. Seedling emergence and yield performance of wheat cultivars depending on seed vigor and sowing density. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 1, p. 58-65, 2017.

CARDOSO, C. P.; BAZZO, J. H. B.; MARINHO, J. D. L.; ZUCARELI, C. Effect of seed vigor and sowing densities on the yield and physiological potential of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.

COTRIM, M. F.; SILVA, J. B. D.; LOURENÇO, F. M. D. S.; TEIXEIRA, A. V.; GAVA, R.; ALVES, C. Z.; TEODORO, P. E. Studying the link between physiological performance of *Crotalaria ochroleuca* and the distribution of Ca, P, K and S in seeds with X-ray fluorescence. **Plos One**, v. 14, n. 9, p. e0222987, 2019.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1720-1728, 2016.

FINCH-SAVAGE, W.E.; BASSEL, G.W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567 -591, 2016

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. **Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste - Circular Técnica, 2018.

GRANELLA, S. J.; CHRIST, D.; BECHLIN, T. R.; WERNCKE, I.; COELHO, S. R. M. Thermodynamic properties for different equilibrium moisture content in sunn hemp seeds. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 288-295, 2018.

KAPPES, C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R.; ALCALDE, A. M.; VILELA, R. G. 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.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina, Circular Técnica 136, Embrapa, 2018.

LEAL, M. A. D. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. D. G.; ALMEIDA, D. L. D. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 386-391, 2012.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALq, 2015. 659p.

ROCHA, B. G.; AMARO, H. T.; PORTO, E.; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M.; LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 91-100, 2018.

SILVA, A. G.; DE AZEREDO, G. A.; DE SOUZA, V. C.; MARINI, F. S.; PEREIRA, E. M. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 49-54, 2016.

SILVA, C. B.; LOPES, M. M.; MARCOS-FILHO, J.; VIEIRA, R. D. Automated system of seedling image analysis (SVIS) and electrical conductivity to assess sun hemp seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2012.

Potencial fisiológico de sementes de *Crotalaria*: efeito do espaçamento em condições de Cerrado.

RESUMO

Crotalaria spectabilis e *Crotalaria ochroleuca* são culturas utilizadas principalmente para a adubação verde, controle de nematoides, fixação biológica de nitrogênio e na reforma de canaviais em áreas de Cerrado. Devido à importância da cultura, o conhecimento sobre a tecnologia de produção de sementes de crotalária é um fator relevante para garantir a disponibilidade de sementes com elevada qualidade fisiológica. No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito de dois espaçamentos de semeadura (20 e 40 cm) na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* produzidas em dois anos agrícolas (2018 e 2019) em condições de Cerrado. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições para cada espécie. A safra de 2018 proporcionou sementes mais vigorosas para ambas as espécies. O espaçamento de 20 cm foi mais eficiente para produzir sementes de *C. ochroleuca* com melhor desempenho fisiológico, porém as sementes de *C. spectabilis* produzidas sob espaçamento de 40 cm apresentaram maior germinação e vigor.

Palavras chaves: *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, vigor de sementes.

Physiological potential of *Crotalaria* seeds: effect of spacing in Cerrado conditions

ABSTRACT

Crotalaria spectabilis and *Crotalaria ochroleuca* are crops used mainly for green manure, nematode control, biological nitrogen fixation and in the reform of sugarcane fields in Cerrado areas. Due to the importance of culture, knowledge about the technology of production of crotalaria seeds is a relevant factor to guarantee the availability of seeds with high physiological quality. The objective of this work was to evaluate the effect of two sowing spacing (20 and 40 cm) on the germination and vigor of *Crotalaria ochroleuca* and *Crotalaria spectabilis* seeds produced in two agricultural years (2018 and 2019) under Cerrado conditions. The experiment was carried out in randomized blocks with subdivided plots and four replicates for each species. The 2018 harvest provided more vigorous seeds for both species. The 20 cm spacing was more efficient to produce *C. ochroleuca* seeds with better physiological performance, but the *C. spectabilis* seeds produced under 40 cm spacing showed greater germination and vigor.

Key words: *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, seed vigor.

INTRODUÇÃO

Na agricultura, o uso das espécies do gênero *Crotalaria*, como a *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* tem sido recomendado para a adubação verde devido à elevada capacidade de cobertura do solo e produção de biomassa (Berriel et al., 2020), e outros benefícios como no manejo de fitonematóides (Cruz et al., 2020). Além de serem adaptadas às condições edafoclimáticas dos Cerrados, apresentam capacidade de aumentar a fixação biológica de nitrogênio (Reis et al., 2017).

Devido às vantagens do uso destas espécies de *Crotalaria*, nos últimos anos houve crescente demanda de sementes. No entanto, devido ao interesse tradicional pela produção de biomassa de crotalária, a tecnologia de produção de sementes ainda é incipiente e necessita do desenvolvimento de procedimentos eficientes para a produção, comercialização e utilização de lotes de sementes com alta qualidade de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*.

As condições do ambiente de cultivo e a distribuição de plantas na área podem influenciar a produção e, sobretudo, a qualidade das sementes. A otimização do espaçamento de semeadura se tornou o foco das principais discussões da agricultura moderna, pois possibilita a obtenção de produtividade elevada ocupando espaços cada vez menores. Entretanto, essa técnica exige conhecimento cada vez maior para obter um produto final com a maior qualidade possível (Raimondi et al., 2017).

As recomendações para semeadura de crotalária são os espaçamentos de 40 e 50 cm, justificados em função de serem tradicionalmente utilizados por grande parte dos produtores de outras leguminosas, como a soja e o feijão, o que facilitaria o uso das mesmas semeadoras para os adubos verdes (Amabile et al., 2000). Entretanto, a existência de relação entre o espaçamento entre linhas e a produção de sementes é divergente e parece depender das características de cada leguminosa. O espaçamento de 30 cm entre linhas proporcionou maior produção de sementes e o espaçamento de 50 cm, maior altura de plantas e fitomassa para a cultura de guandu (Bertolin et al., 2008). Os espaçamentos de 50 e 100 cm proporcionaram maior número e massa de sementes de mucuna e lablab (Monteiro et al., 2019 a); entretanto, Monteiro et al. (2019 b) observaram que os espaçamentos de 50, 75 e 100 cm não apresentaram influência significativa na morfometria das sementes de mucuna preta, feijão de porco e lablab.

Para o gênero *Crotalaria* ainda há carência de informações acerca do efeito do espaçamento entre linhas na qualidade de sementes. Portanto, estudos para determinar o espaçamento ideal são necessários para garantir alto rendimento e elevada qualidade fisiológica das sementes. O trabalho tem como hipótese que, para a produção de sementes, o menor espaçamento proporcione sementes com qualidade fisiológica inferior, visto que nessa condição, provavelmente, há maior competição por água e nutrientes, competição intraespecífica das plantas por luminosidade e microclima mais favorável à proliferação de doenças.

No presente trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do espaçamento entre linhas no potencial fisiológico de sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* em dois anos agrícolas, nas condições de Cerrado de Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* foram produzidas nos anos agrícolas de 2018 e 2019 na área da Embrapa Agropecuária Oeste (22°13'16"S, 54°48'20"W, 430 metros de altitude), em Dourados, no Cerrado de Mato Grosso do Sul, Brasil, sob plantio direto, cuja cultura antecessora foi a soja. O solo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso (Santos et al., 2018), apresentava 5,1 de pH (CaCl₂); 37,5 mg dm⁻³ de P (Melich 1); 29,6 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 5,8 cmol_c dm⁻³ de H+Al; 0,63 cmol_c dm⁻³ de K; 4,0 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,2 cmol_c dm⁻³ de Mg; soma de bases (SB) de 5,83 cmol_c dm⁻³; CTC de 11,7 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases (V) de 50%.

Os experimentos de campo foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de dois espaçamentos de cultivo (20 e 40 cm) em dois anos agrícolas. Em 2018, a semeadura ocorreu no dia 23/02 e em 2019 no dia 06/03, com taxas de utilização de sementes de 8 e 15 kg ha⁻¹, respectivamente. Cada parcela experimental apresentou 4 metros de largura e 15 metros de comprimento, totalizando 60 m².

Após a colheita mecanizada, as sementes fora do padrão e imaturas foram descartadas, a fim de constituir lotes homogêneos e uniformes de acordo com cada tratamento. Os lotes de sementes foram enviados ao Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias, na Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, onde as sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações:

Germinação - o teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, dispostas em rolo de papel Germitest[®] previamente umedecidos com água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos permaneceram em câmara B.O.D. com temperatura de 20 °C na presença de luz branca por 16 horas e 30 °C na ausência de luz durante oito horas (Brasil, 2009). Realizou-se a contagem aos dez dias após a semeadura, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântulas - o teste foi conduzido com quatro repetições de 20 sementes cada, posicionadas no terço superior do papel Germitest[®] umedecido

com água ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel permaneceram na B.O.D. regulada a 20-30 °C, de acordo com as RAS (Brasil, 2009) por um período de quatro dias. O comprimento da parte aérea foi determinado pela porção compreendida entre o primeiro protófilo até a inserção da raiz e o comprimento da raiz foi determinado pela medida da inserção até a ponta da raiz primária com o auxílio de régua milimetrada. Os resultados foram expressos em centímetros (cm).

Massa da matéria seca de plântulas - As plântulas normais provenientes do teste de comprimento tiveram sua parte aérea e raiz seccionadas, colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa regulada a 41 °C com circulação forçada de ar até obter peso constante. Após a massa da matéria seca das partes das plântulas foi determinada em balança de precisão e os resultados foram expressos em gramas (g).

Envelhecimento acelerado - As sementes foram colocadas sobre a tela de aço inox dentro de caixas plásticas do tipo “gerbox” com 40 mL de água no fundo e levadas para B.O.D. a 41 °C durante 24 horas (Marcos Filho 1999). Em seguida, foram confeccionados rolos de papel que permaneceram em câmara B.O.D a temperatura de 20-30 °C por um período de quatro dias (Brasil 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil 2009) aos quatro dias.

Teste de frio - Quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento foram posicionadas em rolo de papel umedecido com água equivalente a 2,5 vezes massa do papel seco. Os rolos com as sementes foram mantidos em B.O.D. a 10 °C durante cinco dias. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (Brasil 2009); as avaliações foram realizadas aos quatro dias após a semeadura, computando-se as percentagens de plântulas normais.

Emergência em campo - O teste foi realizado em bandejas com células preenchidas com Latossolo Vermelho Distroférrico, dispostas em casa de vegetação com sombreamento de 70%, em quatro repetições de 50 sementes. A irrigação foi realizada sempre que necessário. A avaliação foi realizada quinze dias após a semeadura computando-se a porcentagem de plântulas emergidas (Nakagawa 1999).

Condutividade elétrica - Quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento foram previamente pesadas, colocadas em recipientes com 75 mL de água destilada e mantidos em câmara B.O.D. por 24 horas a temperatura de 20-30 °C. Após esse período, a leitura foi realizada com condutímetro MS Tecnopon mCA 150 e os resultados expressos em $\mu\text{S}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

Os dados médios de temperatura e precipitação médias durante o período experimental de campo foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados – MS para os dois anos agrícolas (Figura 1 e 2).

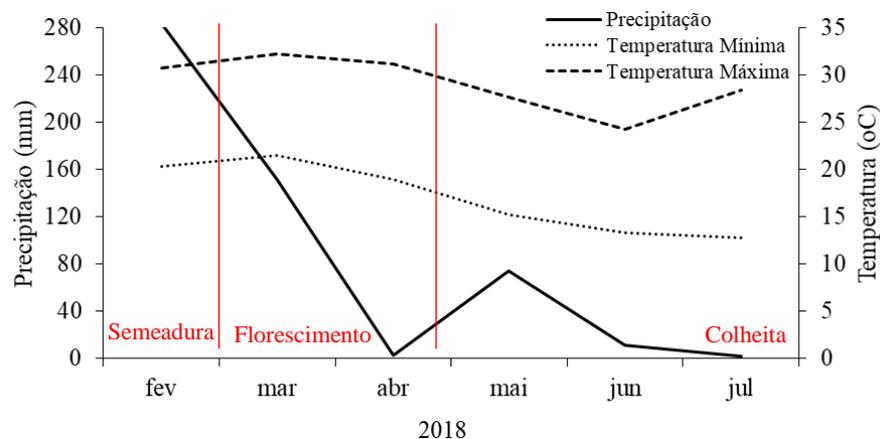


Figura 1. Precipitação mensal acumulada e temperaturas mínimas e máximas durante a produção de sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* na safra de 2018. Fonte: Guia Clima - Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS.

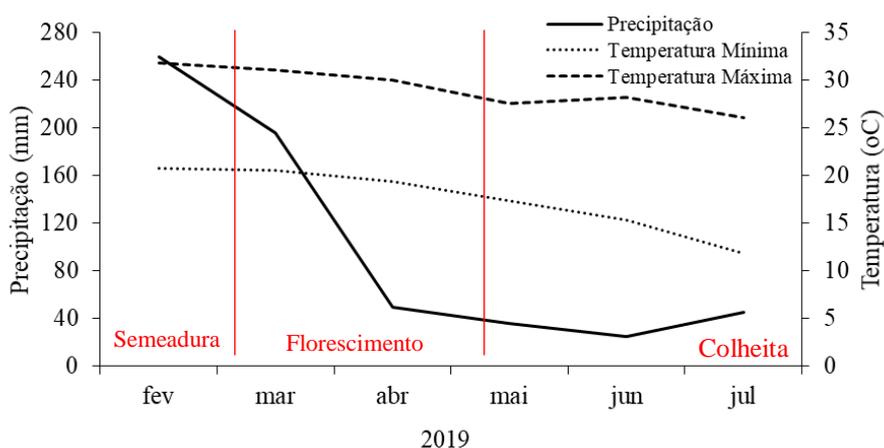


Figura 2. Precipitação mensal acumulada e temperaturas mínimas e máximas durante a produção de sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* na safra de 2019. Fonte: Guia Clima - Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS.

Para cada espécie, o experimento foi conduzido em parcela subdividida. Os resultados foram submetidos à análise de variância com o *software* estatístico SISVAR (Ferreira, 2011) e as médias foram comparadas pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crotalaria ochroleuca

Na tabela 1, observa-se que houve efeito significativo da safra para o envelhecimento acelerado, comprimento de parte aérea, massa de matéria seca de raiz e condutividade elétrica de sementes de *C. ochroleuca*. A interação entre as safras e espaçamentos foi significativa somente para a germinação de sementes (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para Germinação (G - %), Envelhecimento acelerado (EA - %), Emergência em campo (EM - %), Comprimento de parte aérea (CPA - cm) e de raiz (CRZ - cm), Massa seca de parte aérea (MSPA - g) e de raiz (MSRZ - g), Condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e Teste de frio (TF - %) em sementes de *Crotalaria ochroleuca* em função das safras (2018 e 2019) e espaçamentos de cultivo (20 e 40 cm).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios								
		G	EA	EM	CPA	CRZ	MSPA	MSRZ	CE	TF
Blocos	3	723,8958 *	58,9166	29,8333	0,4293	1,7828 *	0,0002	0,0002	70,7437	131,4166
Safra (S)	1	12045,0625 *	10000,0000 *	5700,2500 *	219,2250 *	119,2191 *	0,0283 *	0,0042 *	361,9506 *	2401,0000 *
Resíduo a	3	1512,2291	207,0000	27,7500	0,1839	0,6319	0,0003	0,00008	270,7185	107,8333
Espaçamento (E)	1	540,5625	0,000000E+	812,2500 *	0,2244	4,0854 *	0,0021 *	0,0002	11,5600	324,0000 *
S x E	1	1105,5625 *	132,2500	100,0000	0,0937	0,1838	0,0001	0,00002	1,0506	156,2500
Resíduo b	54	152,4699	48,3657	28,1990	0,3798	0,5041	0,0003	0,0002	47,1975	44,7916
Total	63									
CV 1 (%)		78,12	22,20	6,11	9,17	17,67	32,41	34,39	49,89	14,16
CV 2 (%)		24,80	10,73	6,16	13,18	15,78	35,23	52,69	20,83	9,13

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

GL: graus de liberdade

CV: coeficiente de variação

As sementes oriundas da safra 2019 apresentaram germinação mais elevada que as sementes produzidas na safra 2018, em ambos os espaçamentos (Tabela 2). No ano de 2018, a germinação das sementes produzidas no espaçamento de 20 cm foi superior ao espaçamento de 40 cm, embora fossem verificados baixos resultados de germinação (43%). Não houve diferenças entre os espaçamentos no ano de 2019, com germinação média de sementes de 63% (Tabela 2), sendo que esses valores atendem ao critério mínimo de porcentagem para comercialização de sementes de crotalárias no Brasil, que é de 60% de germinação (Brasil, 2008).

Tabela 2. Germinação (%) de sementes de *Crotalaria ochroleuca* produzidas em função de dois espaçamentos de cultivo (20 e 40 cm) e duas safras (2018 e 2019).

Safras	Espaçamentos (cm)	
	20	40
2018	43 Ba	29 Bb
2019	62 Aa	64 Aa

Médias seguidas pela mesma letra na maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste T.

Ressalta-se que, durante o florescimento de *C. ochroleuca* em 2018, a ocorrência de chuvas foi 50,2% menor em comparação à safra de 2019 (Figuras 1 e 2). De acordo com Kappes et al. (2012), a qualidade das sementes de crotalária pode ser afetada negativamente sob determinadas condições de temperatura e precipitação, especialmente sob déficit hídrico e temperaturas elevadas durante a fase reprodutiva da cultura.

Considerando que, na presente pesquisa, o início do florescimento ocorreu em maio em ambas as safras; os resultados de germinação de sementes indicam que, quando as condições climáticas são favoráveis durante a formação de sementes, o espaçamento entre linhas não influencia na germinação; no entanto, quando as condições climáticas não foram tão apropriadas durante o desenvolvimento das sementes, verificou-se sensibilidade ao espaçamento entre linhas, sendo que o menor espaçamento proporcionou sementes com germinação mais elevada (Tabela 2).

O efeito significativo da época de produção de sementes de crotalária foi verificado para o envelhecimento acelerado, teste de frio, comprimento de parte aérea,

comprimento de raiz, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, emergência em campo e condutividade elétrica de sementes (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados do teste de envelhecimento acelerado (EA - %), teste de frio (TF - %), comprimento de parte aérea (CPA - cm) e de raiz (CRZ - cm), massa seca de parte aérea (MSPA - g) e de raiz (MSRZ - g), emergência em campo (EM - %) e condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em sementes de *Crotalaria ochroleuca* produzidas em duas safras (2018 e 2019).

Safras	EA	TF	CPA	CRZ	MSPA	MSRZ	EM	CE
2018	77 a	79 a	6,52 a	5,86 a	0,07 a	0,03 a	95 a	30,60 b
2019	52 b	67 b	2,82 b	3,13 b	0,03 b	0,01 b	76 b	35,35 a

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

Embora tenha sido observado que a germinação das sementes oriundas da safra 2019 foi mais elevada em relação à safra 2018, os atributos de vigor das sementes produzidas em 2018 foram superiores aos obtidos para a safra 2019 (Tabela 3). Possivelmente, as sementes de *C. ochroleuca* não toleraram as adversidades determinadas pela elevação da umidade na fase final do ciclo (em média 45,8 mm de precipitação) (Figuras 1 e 2). Nesse sentido, os testes de vigor aplicados foram capazes de detectar o vigor mais elevado das sementes provenientes de plantas que não foram submetidas ao estresse da elevação de umidade no final do ciclo (em média, 1,6 mm de precipitação) por meio da capacidade de retomar o crescimento mesmo depois de submetidas às temperaturas extremas (alta, pelo teste de envelhecimento acelerado e baixa, pelo teste de frio). As espécies de crotalária apresentam rusticidade e são caracterizadas como leguminosas de crescimento rápido, com boa adaptação às altas temperaturas e à seca característica dos Cerrados (Leal et al., 2012), particularmente no estado de Mato Grosso do Sul.

Foi observado efeito significativo dos espaçamentos entre linhas para a emergência em campo, teste de frio, comprimento de raiz e massa seca de parte aérea (Tabela 4). Os resultados foram uniformes em evidenciar que o espaçamento de 20 cm foi mais adequado para produzir sementes de *C. ochroleuca* com maior qualidade fisiológica em relação ao espaçamento de 40 cm. Garcia e Staut (2018) em estudo com

C. juncea, *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* utilizando os espaçamentos de 20 e 40 cm nas entrelinhas relatou maior produção de fitomassa no menor espaçamento, justificando que a técnica é uma estratégia interessante no controle de plantas daninhas e também diminui a competição intraespecífica das plantas por luminosidade devido ao melhor arranjo de plantas em espaços menores. Resultados satisfatórios com o espaçamento entre linhas de 20 cm também foram observados no vigor de sementes de nabo forrageiro determinado pelo índice de velocidade de emergência, estande inicial e condutividade elétrica de sementes (Oliveira et al., 2011).

Tabela 4. Resultados de emergência a campo (EM - %), comprimento de raiz (CRZ - cm), massa seca de parte aérea (MSPA - g) e teste de frio (TF - %) em sementes de *Crotalaria ochroleuca* produzidas em dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm).

Espaçamentos	EM	CRZ	MSPA	TF
20	89 a	4,75 a	0,05 a	71 b
40	82 b	4,24 b	0,04 b	75 a

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

Em soja, há relatos de que a redução do espaçamento favorece a absorção e eficiência de utilização de alguns nutrientes pelas plantas, com reflexos positivos na produtividade (Rocha et al., 2018). De acordo com Silva et al. (2013), em estudo com *Urochloa ruziziensis* e o desempenho agrônômico da soja em diferentes espaçamentos de semeadura no Cerrado, o fechamento precoce das entrelinhas auxiliou no controle das plantas daninhas e proporcionou o melhor aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa.

De acordo com as condições do presente estudo, a germinação das sementes de *C. ochroleuca* produzidas em 2019 foi superior à safra de 2018; no entanto, o vigor das sementes produzidas na safra de 2018 foi superior às sementes produzidas na safra seguinte (Tabelas 2 e 3). Esses resultados indicam que embora as sementes de *C. ochroleuca* apresentem germinação mais elevada, o desempenho das sementes sob ampla faixa de condições ambientais pode ser negativo. Outro fato que pode justificar as diferenças na qualidade fisiológica das sementes oriundas da safra 2018 seja devido à semeadura ter sido realizada em fevereiro, época em que foram registrados volumes abundantes de precipitação e, conforme recomendação de Amabile et al. (2000), as

leguminosas usadas para adubação verde devem ser plantadas no início da estação chuvosa.

Os resultados obtidos são úteis à tecnologia de produção de sementes de crotalária e indicam que, para a obtenção de sementes de *C. ochroleuca* capazes de estabelecerem plântulas em uma ampla faixa de condições ambientais, a utilização do espaçamento de 20 cm entre linhas pode ser adotado quando as condições climáticas não representem desafios no estabelecimento inicial da cultura no campo.

Crotalaria spectabilis

A interação entre as safras e os espaçamentos foi significativa para o envelhecimento acelerado, emergência em campo, comprimento de raiz e massa seca de parte aérea de plântulas (Tabela 5). Não foram observadas diferenças significativas das safras e espaçamentos na germinação das sementes de *C. spectabilis*. Jacob Junior et al. (2012) também não observaram diferenças significativas nos atributos fisiológicos de sementes de canola produzidas sob diferentes espaçamentos. Vazquez et al. (2008) relataram que a cultura da soja suporta grandes reduções no espaçamento sem perdas de produtividade e sem interferência na qualidade fisiológica das sementes.

Tabela 5. Resumo da ANOVA para Germinação (G - %), Envelhecimento acelerado (EA - %), Emergência em campo (EM - %), Comprimento de parte aérea (CPA - cm) e de raiz (CRZ - cm), Massa seca de parte aérea (MSPA - g) e de raiz (MSRZ - g), Condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e Teste de frio (TF - %) em sementes de *Crotalaria spectabilis* em função de duas safras (2018 e 2019) e espaçamentos de cultivo (20 e 40 cm).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios								
		G	EA	EM	CPA	CRZ	MSPA	MSRZ	CE	TF
Blocos	3	69,2291	500,5625	7,7500	19,5458	3,5114	0,0028	0,0003	12,5135	52,0625
Safra (S)	1	588,0625	13053,0625 *	16512,2500 *	140,7485 *	7,0889 *	0,0098 *	0,0012	88,3600 *	12488,0625 *
Resíduo a	3	172,7291	274,2291	89,7500	10,5521	0,5063	0,0004	0,0004	48,7162	147,5625
Espaçamento (E)	1	564,0625	315,0625 *	841,0000 *	14,6019	20,4756 *	0,0070 *	0,0060 *	0,2756	22,5625
S x E	1	33,0625	351,5625 *	324,0000 *	1,9078	12,4256 *	0,0041 *	0,00002	22,0900	7,5625
Resíduo b	54	152,1736	83,0708	71,2222	4,9852	0,4736	0,0008	0,0004	18,3651	25,0625
Total	63									
CV 1 (%)		28,17	30,09	13,15	62,51	37,48	34,73	65,07	34,74	18,73
CV 2 (%)		26,44	12,75	11,71	42,96	36,25	48,11	66,04	21,33	7,72

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

GL: graus de liberdade

CV: coeficiente de variação

Embora não fossem observadas diferenças para a germinação, as sementes provenientes da safra de 2018 apresentaram maior vigor quando comparadas com as sementes produzidas na safra de 2019 em ambos os espaçamentos, exceto para o comprimento de raiz e massa seca de parte aérea no espaçamento de 40 cm, que não apresentaram diferenças significativas entre as safras (Tabela 6). O espaçamento de 20 cm proporcionou sementes com maior emergência a campo no ano de 2018.

Tabela 6. Resultados do teste de envelhecimento acelerado (EA - %), comprimento de raiz (CRZ – cm), massa seca de parte aérea (MSPA – g) e emergência a campo (EM - %) de sementes de *Crotalaria spectabilis* produzidas em dois espaçamentos de entre linhas (20 e 40 cm) e em dois anos agrícolas (2018 e 2019).

Safras	EA		CRZ		MSPA		EM	
	20	40	20	40	20	40	20	40
2018	64 Ab	73 Aa	2,10 Aa	2,35 Aa	0,06 Aa	0,07 Aa	94 Aa	82 Ab
2019	40 Ba	40 Ba	0,55 Bb	2,57 Aa	0,02 Bb	0,06 Aa	57 Ba	54 Ba

Médias seguidas pela mesma letra na maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste T.

Para o comprimento de parte aérea de plântulas, condutividade elétrica de sementes e teste de frio, verificou-se efeito isolado das safras, indicando que as sementes produzidas no ano de 2018 apresentaram potencial fisiológico superior quando comparadas às sementes do ano 2019. Nesse aspecto, pode-se inferir que, as sementes oriundas da safra 2019 apresentaram menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição em água e, em consequência, liberaram maiores quantidades de solutos ao meio exterior (Marcos Filho, 2005), refletindo, portanto, em sementes com menor qualidade fisiológica, menos vigorosas e mais deterioradas.

Para a massa seca de raiz houve efeito isolado do espaçamento, indicando os benefícios do espaçamento de 40 cm (Tabela 7). Por outro lado, Garcia e Staut (2018), trabalhando com espaçamento de 20 e 40 cm entre linhas para produção de *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *C. juncea*, relataram que a produção de matéria seca, das três espécies de crotalárias, foi maior no espaçamento reduzido de 20 cm em comparação ao maior espaçamento, em condições de Cerrado.

Tabela 7. Resultados do teste de frio (TF - %), comprimento de parte aérea (CPA - cm), condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e massa seca da raiz das plântulas (MSRZ - g) de sementes de *Crotalaria spectabilis* produzidas em dois espaçamentos de semeadura (20 e 40 cm) e em dois anos agrícolas (2018 e 2019).

Safras	TF	CPA	CE
2018	78 a	6,68 a	21,26 a
2019	50 b	3,71 b	18,91 b
Espaçamentos		MSRZ	
20		0,02 b	
40		0,04 a	

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

As condições climáticas durante a produção podem explicar o menor desempenho fisiológico das sementes. Na presente pesquisa, a precipitação acumulada durante o ciclo das plantas cultivadas a partir da primeira data de semeadura (2018) foi de 317,50 mm, enquanto na segunda semeadura (2019) foi de 350,30 mm (Figuras 1 e 2, respectivamente). Nas duas épocas de semeadura, a distribuição das chuvas foi desuniforme, que pode ter alterado o desempenho agrônômico e, possivelmente, o potencial fisiológico das sementes. De acordo com os resultados, a produção das sementes de *C. spectabilis* com o espaçamento de 40 cm e nas condições climáticas observadas, proporcionou sementes com vigor mais elevado de acordo com os testes de envelhecimento acelerado e desempenho de plântulas (Tabela 6).

Para as duas espécies de crotalária, verificou-se que as características relacionadas ao potencial fisiológico das sementes podem ser também determinadas pelo genótipo. O espaçamento de 20 cm entre linhas foi eficiente na obtenção de sementes com qualidade satisfatória de *C. ochroleuca*; no entanto, para *C. spectabilis*, o espaçamento de 40 cm foi mais favorável à obtenção de sementes com melhor desempenho de.

De modo geral, as práticas de manejo e o ambiente de cultivo aos quais as plantas são submetidas influenciam as adaptações fisiológicas que podem ser refletidas na qualidade das sementes. Desse modo, para cada genótipo é importante o ajuste

adequado da época de semeadura e o arranjo de plantas a fim de se obter sementes com alta qualidade fisiológica.

CONCLUSÕES

O espaçamento de 20 cm entre linhas é eficiente para obtenção de sementes de *C. ochroleuca* com desempenho fisiológico elevado. As sementes de *C. spectabilis* produzidas sob o espaçamento de 40 cm apresentaram qualidade fisiológica mais elevada que as sementes produzidas sob cultivo mais adensado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

BAZZO, J. H. B.; SOUZA, T. M.; CAMPANA, A. C. F.; ARRUDA, K. M. A.; RIEDE, C. R.; ZUCARELI, C. Composição mineral de grãos de aveia em resposta à adubação nitrogenada e redutor de crescimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 2, p. 6714, 2020.

BERRIEL, V.; MONZA, J.; PERDOMO, C. H. Cover crop selection by jointly optimizing biomass productivity, biological nitrogen fixation, and transpiration efficiency: application to two crotalaria species. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1116, 2020.

BERTOLIN, D. C.; BUZETTI, S.; COLOMBO, A. S.; OLIVEIRA, L. L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Doses de fósforo, potássio e espaçamentos entre linhas na produção de sementes e fitomassa de guandu em semeadura tardia. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 21 de Maio de 2008. **Estabelece os padrões para produção e comercialização de sementes de espécies forrageiras de clima tropical**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, Anexo IV, 23 de Maio de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 164p

CRUZ, T. T.; ASMUS, G. L.; GARCIA, R. A. Crotalaria species in succession to soybean for the management of *Pratylenchus brachyurus*. **Ciência Rural**, v. 50, n. 7, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A., BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. D. M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 312-325, 2015.

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. **Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste - Circular Técnica, 2018.

JACOB JUNIOR, E. A.; MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; QUILÓN, I. R.; MAIA, M. D. S.; ALTISENT, J. M. D. Alterações na arquitetura de plantas e na qualidade

fisiológica de sementes de canola em função da densidade de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 14-20, 2012.

KAPPES, C.; ARF, O.; de SÁ, M. E.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R.; ALCALDE, A. M.; VILELA, R. G. Reguladores de crescimento e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de crotalária. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 180-190, 2012.

LEAL, M. A. D. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. D. G.; ALMEIDA, D. L. D. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 386-391, 2012.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. Ed. ABRATES, 2015. 659p.

MARCOS FILHO, J. Vigor de sementes: conceitos e testes. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, p. 3.1-3.23, 1999.

MONTEIRO, S. S.; MONTEIRO, S. S.; de JESUS, J. C.; da SILVA SANTOS, D., de LIMA, J. F.; MARINI, F. S. Produção de leguminosas em função do espaçamento no Brejo Paraibano. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 7, p. 6926, 2019^a.

MONTEIRO, S. S.; MARINI, F. S.; SANTOS, D. S.; PEREIRA, E. M.; VASCONCELLOS, A. Morfometria de sementes leguminosas produzidas em diferentes espaçamentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 146-149, 2019^b.

NAKAGAWA, J. Vigor de sementes: conceitos e testes. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, p. 2.1-2.23, 1999.

OLIVEIRA, A. D. S.; CARVALHO, M. L. M. D.; NERY, M. C.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M. Seed quality and optimal spatial arrangement of fodder radish. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 417-423, 2011.

RAIMONDI, M. A.; JUNIOR, R. S. O.; CONSTANTIN, J.; FRANCHINI, L. H. M.; BLAINSKI, É.; RAIMONDI, R. T. Matointerferência no Algodoeiro em função de espaçamento reduzido na “segunda safra”. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 1-12, 2017.

REIS, A. F. D. B.; ALMEIDA, R. E. M. D.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; NASCENTE, A. S. Effect of cover crops on soil attributes, plant nutrition, and irrigated tropical rice yield. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 837-846, 2017.

ROCHA, B. G.; AMARO, H. T.; PORTO, E.; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M.; LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 91-100, 2018.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J.

C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Embrapa, 2018. 356p.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B. D.; ANDRADE, F. R. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 146-153, 2013.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Vigor de sementes: conceitos e testes. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, p. 4.1-4.23, 19.

Armazenamento de sementes de *Crotalaria ochroleuca* e de *Crotalaria spectabilis*

RESUMO

As crotalárias são amplamente utilizadas como adubo verde, porém um dos maiores desafios é a obtenção de sementes com qualidade no mercado. As condições de armazenamento adequadas contribuem para manutenção da qualidade fisiológica das sementes recém-colhidas, e, dessa forma, é fundamental o conhecimento das condições ideais durante o armazenamento. Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* durante o armazenamento em diferentes ambientes. 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 não controlado e em câmara climatizada. As avaliações foram realizadas aos 0, 90, 180 e 270 dias de armazenamento, por meio do teor de água das sementes, primeira contagem, germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, emergência a campo, comprimento de parte aérea e raiz de plântulas, massa seca de parte aérea e de raiz de plântulas e teste de frio em sementes. O armazenamento de sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* em ambiente não controlado e em câmara fria até 180 dias proporciona resultados mais elevados de germinação e vigor pelos testes de frio e envelhecimento acelerado, em relação às sementes recém-colhidas.

Palavras-chaves: Adubo verde, ambiente, qualidade fisiológica.

Storage of *Crotalaria ochroleuca* and *Crotalaria spectabilis* seeds

ABSTRACT

Crotalaria are widely used as green manure, but one of the biggest challenges is to obtain quality seeds in the market. 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 quality of *C. ochroleuca* and *C. spectabilis* 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 0, 90, 180 and 270 days of storage, using the water content of the seeds, first count, germination, germination speed index, accelerated aging, field emergence, length of part, area and root of seedlings, shoot and seedling root dry mass and seed chilling test. The storage of *C. ochroleuca* and *C. spectabilis* seeds in an uncontrolled environment and in a cold chamber for up to 180 days provides higher results of germination and vigor by cold and accelerated aging tests, compared to newly harvested seeds.

Key words: Green manure, environment, physiological quality.

INTRODUÇÃO

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 significativa de nutrientes, redução da compactação do solo e combate de patógenos, plantas invasoras e nematoides (Silva et al., 2012). Apesar da importância e da crescente utilização das crotalárias, a baixa disponibilidade de sementes com qualidade satisfatória ainda é um fator bastante limitante para o estabelecimento da cultura e sua ampla utilização por parte dos agricultores (Kappes et al., 2012).

O teor de água da semente, temperatura e umidade relativa do ar ambiente são os fatores que mais comprometem a qualidade fisiológica das sementes, e, juntos são responsáveis pela intensidade de deterioração a que as sementes estão sujeitas durante o armazenamento (Marcos Filho, 2015; Carvalho et al., 2019). Portanto, o conhecimento das condições adequadas de armazenamento e o comportamento fisiológico das sementes ao longo do tempo são fatores importantes para manutenção da viabilidade e vigor do lote, a fim de minimizar os prejuízos causados pelo processo de deterioração (Carvalho e Nakagawa, 2012; Silva et al., 2019).

A utilização de sementes com alta qualidade é um fator relevante para a obtenção do estabelecimento do estande inicial e, conseqüentemente, da produtividade esperada da cultura da crotalária. No entanto, após a colheita e subsequente armazenamento, alguns fatores podem afetar a manutenção do potencial fisiológico, como a temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, teor de água inicial da semente, danos mecânicos causados por ocasião da colheita e/ou beneficiamento, presença de pragas e doenças e a composição química da semente (Smaniotto et al., 2014; Caldeira et al., 2016; Brandelero et al., 2018). Nesse contexto, para cada espécie e tipo de semente, existe uma combinação de temperatura, umidade relativa e embalagem adequada para minimizar a perda da qualidade fisiológica durante o armazenamento prolongado.

Em estudo com sementes de *Crotalaria juncea*, Araújo et al. (2018) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes recém-colhidas e após oito meses de armazenamento, e concluíram que a germinação e o vigor de sementes foram crescentes e a dormência das sementes foi reduzida em até 75,4% nas sementes armazenadas. Nesse contexto, a temperatura durante o armazenamento das sementes também pode

determinar um papel importante na dormência e no potencial de germinação das sementes (Huang et al., 2015).

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 a produção agrícola, informações acerca das condições ideais para o armazenamento das sementes são importantes para a oferta de sementes com elevada qualidade.

Esse estudo apresenta a hipótese de que o armazenamento prolongado afeta o desempenho das sementes de crotalária. O objetivo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *C. ochroleuca* e de sementes de *C. spectabilis* em dois ambientes durante 270 dias de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

A produção de sementes de *C. ochroleuca* e de *C. spectabilis* ocorreu 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-MS. As crotalárias foram semeadas sobre a palhada do milho em março de 2019, utilizando uma semeadora modelo TD com oito linhas espaçadas entre si com 40 cm e densidade de 20 sementes por metro, não foi realizada adubação de semeadura.

O experimento de campo foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. A colheita aconteceu em agosto de 2019, de forma mecanizada utilizando uma colhedora New Holland com plataforma de soja. Não houve necessidade de controle de pragas, doenças e plantas daninhas durante a execução do experimento.

Após a colheita, as sementes foram beneficiadas manualmente e levadas ao Laboratório de Tecnologia de Sementes da UFGD, onde foram acondicionadas em sacos de papel kraft e armazenadas em duas condições distintas: ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa (ao abrigo de luz e ventilação, com temperatura média de 25°C e 60% UR) e câmara climatizada (15°C, 45% UR). As sementes recém-colhidas constituíram a testemunha e as demais foram armazenadas por até 270 dias e avaliadas a cada 90 dias, por meio dos seguintes testes e determinações:

Teor de água – Determinado pelo método da estufa a 105°C por 24 horas (Brasil, 2009), com quatro repetições. Os resultados foram calculados e expressos em porcentagem.

Primeira contagem – Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, que foram dispostas em papel Germitest[®] umedecido com água destilada ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel foram mantidos em câmara B.O.D regulada em temperatura alternada de 20-30°C. O registro das porcentagens de plântulas normais foi realizado no quarto dia após a semeadura (Brasil, 2009).

Germinação – Foi conduzido em rolos de papel Germitest[®] 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).

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

Teste de envelhecimento acelerado – Para a execução do envelhecimento acelerado foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, que 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 no fundo. 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 de cada lote foram submetidas ao teste de germinação, conforme a metodologia descrita anteriormente. As avaliações foram realizadas quatro dias após a sementeira e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Marcos Filho, 1999).

Emergência em campo – O teste foi realizado em casa de vegetação, em bandejas com solo (Latosolo Vermelho Distroférico) contendo quatro repetições de 50 sementes. Foram computadas as plântulas que apresentaram expansão do primeiro par de folhas acima do solo. Os resultados foram expressos em porcentagem (Nakagawa, 1999).

Comprimento de plântulas – Foi conduzido com quatro repetições de 20 sementes para cada lote. As sementes foram posicionadas no terço superior do papel Germitest® (Nakagawa, 1999) e mantidos 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 sementeira com auxílio de régua milimetrada. A parte aérea foi considerada a porção determinada entre o ápice da plântula até a inserção da raiz, e 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 – 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 à 40°C, durante 48 horas. Após este

período, retirou-se as amostras da estufa e efetuou-se as pesagens para determinação da massa seca. Os resultados foram expressos em gramas (g) (Nakagawa, 1999).

Para cada espécie, 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 (Ferreira, 2011).

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 potencial fisiológico dos lotes de sementes das duas espécies de crotalária.

Crotalaria ochroleuca

O efeito isolado dos períodos de armazenamento foi significativo para a primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e massa de matéria seca de raiz de plântulas. Para o comprimento de parte aérea de plântulas, foi observado efeito isolado dos ambientes de armazenamento. Verificou-se interação significativa entre os ambientes e os períodos de armazenamento para a germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado e emergência em campo de *C. ochroleuca* (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para primeira contagem (PC - %), germinação (G - %), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA - %), emergência em campo (EM - %), comprimento de parte aérea (CPA - cm) e comprimento de raiz de plântulas (CRZ - cm), massa seca de parte aérea (MSPA - g) e massa seca de raiz de plântulas (MSRZ - g) e teste de frio (TF - %) em sementes de *Crotalaria ochroleuca* em função dos locais e períodos de armazenamento.

Fonte de variação	GL	PC	G	IVG	EA	EM	CPA	CRZ	MSPA	MSRZ	TF
Repetição	3	42,4583	47,4583	1,2922	116,3333	50,3333	0,4585	4,4347	0,0005	0,0004	48,8333
Períodos (P)	3	1498,1250*	687,4583*	41,6466*	5959,0000*	1536,3333*	1,3205*	12,4184*	0,0011	0,0020*	10894,1666*
Resíduo a	9	65,5694	66,1250	2,3295	50,4444	26,5555	0,3298	3,5279	0,0009	0,0004	30,0555
Local (L)	1	3,1250	946,1250*	0,8096	1404,5000*	0,5000	2,4586*	1,3778	0,0008	0,0001	338,0000*
P x L	3	39,1250	155,4583*	0,3150	454,1666*	413,5000*	0,50445	1,8578	0,0001	0,0003	94,3333*
Resíduo b	12	35,1250	28,7916	1,0861	29,4166	49,58333	0,06399	0,0981	0,00008	0,00009	22,9166
Total	31										
CV 1 (%)		13,18	10,11	13,61	16,52	6,74	18,86	43,81	104,72	82,81	13,25
CV 2 (%)		9,65	6,67	9,25	12,61	9,78	8,31	7,31	32,64	38,72	11,57

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

GL: graus de liberdade

CV: coeficiente de variação

Ocorreram mudanças no teor de água devido ao longo período de armazenamento e, em média, as sementes apresentaram teor de água de 17,9 e 10,5% quando armazenadas em câmara climatizada e ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa, respectivamente (Figura 1)

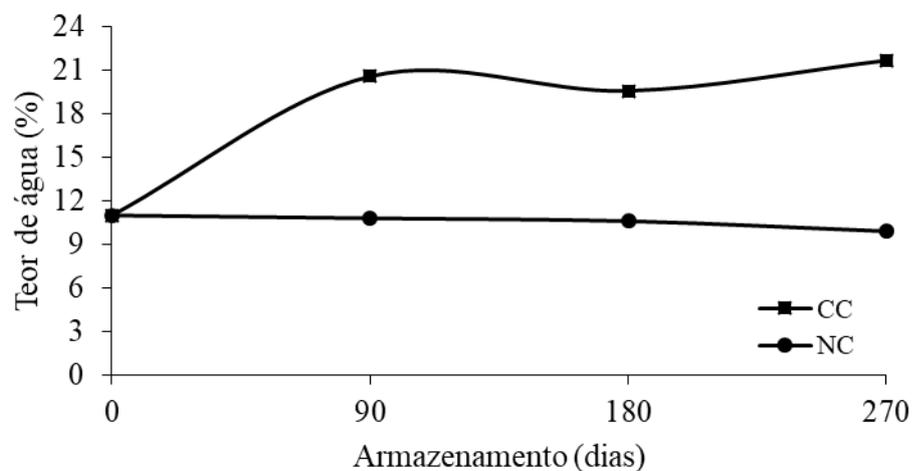


Figura 1. Teor de água (%) de sementes de *Crotalaria ochroleuca* durante 270 dias de armazenamento em ambiente não controlado (NC) e câmara climatizada (CC).

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; 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 et al., 2020).

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% com 77 dias de armazenamento (Figura 2A). Esses resultados indicam que ocorreu um incremento na germinação das sementes durante o armazenamento, sobretudo em ambiente não controlado, que proporcionou a manutenção da germinação elevada por um maior período de tempo (Figura 2A).

Resultados semelhantes aos obtidos no teste de germinação foram observados com os testes de vigor de sementes. Por meio do teste de frio, 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 2B). Comportamento semelhante foi observado pelo teste de envelhecimento acelerado, sendo que 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 (Figura 2C). Os resultados inferiores obtidos nas sementes armazenadas em câmara climatizada podem estar relacionados com a elevação do teor de água das sementes, que podem intensificar o processo de respiração da semente, acelerando a deterioração e diminuindo a qualidade fisiológica das sementes (Marcos Filho, 2015). 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 da câmara, comprometendo o vigor das sementes (Schons et al., 2017).

Vale destacar que durante as avaliações do teste de frio e do teste de envelhecimento acelerado em sementes recém-colhidas, foi observada elevada presença de sementes com característica de tegumento duro. As sementes duras são de ocorrência relativamente comum nas leguminosas. Este fenômeno ocorre pela impermeabilidade do tegumento à água, sendo, portanto, considerado um tipo de dormência (BRASIL, 2009), cuja proporção é elevada em sementes recém-colhidas. Esta não é uma característica desejada na obtenção de sementes de crotalária, pois a sua presença ocasiona transtorno ao agricultor por causar desuniformidade de germinação, comprometendo o estabelecimento inicial da cultura.

Para a comercialização de sementes de crotalárias, a exigência mínima é de 60% de germinação (Brasil, 2008). Apesar dos resultados de germinação das sementes recém-colhidas utilizadas na presente pesquisa indicarem a sua viabilidade de comercialização (80% de germinação, em média), de acordo com os resultados observados após o armazenamento, a germinação das sementes de *C. ochroleuca* foi mais elevada (94% de germinação, após 138 dias de armazenamento em ambiente não controlado - Figura 2). Resultados semelhantes foram observados em sementes de *C. juncea* após o armazenamento durante oito meses, onde 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). O aumento da germinação de sementes durante o armazenamento também foi relatado em estudo com sementes de cártamo armazenadas por 240 dias em ambiente não controlado (Oba et al., 2017).

As sementes de *C. ochroleuca* armazenadas apresentaram resultado mínimo de emergência em campo de 60% aos 169 dias e, 57% aos 294 dias de armazenamento em ambiente não controlado e câmara climatizada, respectivamente (Figura 2D).

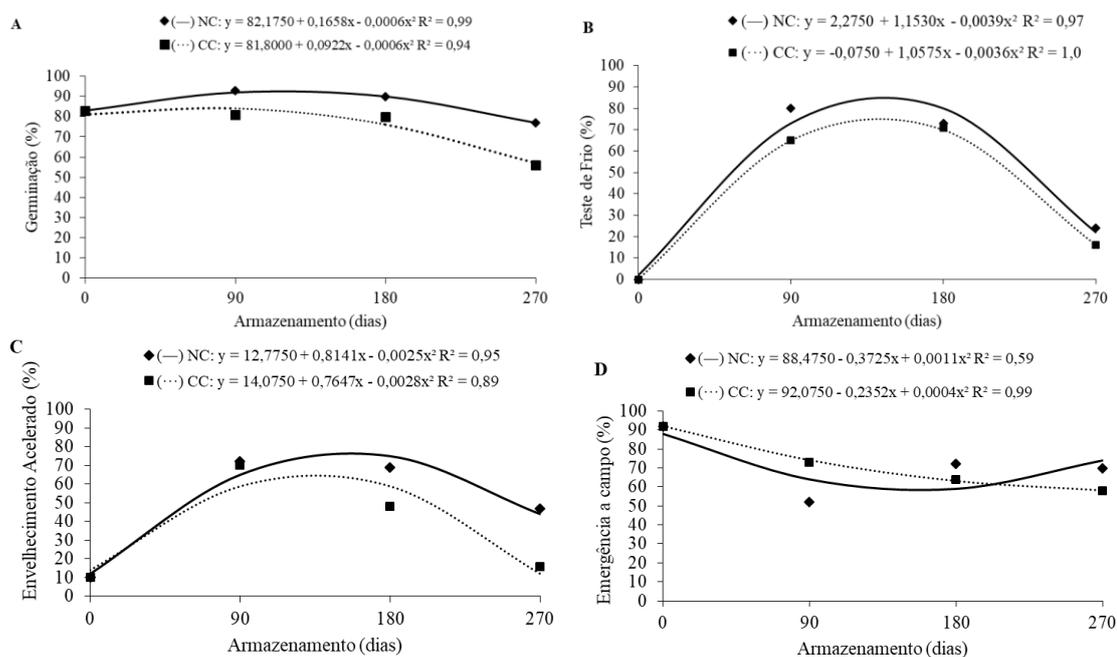


Figura 2. A – Germinação (%), B – Teste de frio (%), C – Envelhecimento acelerado (%) e D – Emergência em campo de sementes (%) de *Crotalaria ochroleuca* armazenadas em ambiente não controlado (NC) e câmara climatizada (CC).

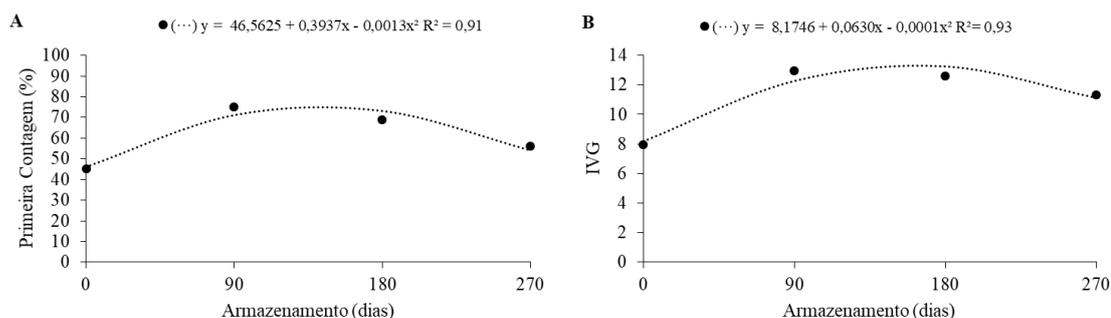
Os efeitos positivos do armazenamento no potencial fisiológico das sementes de *C. ochroleuca* também foram observados pelo teste de primeira contagem e índice de velocidade de germinação, independente da temperatura utilizada no armazenamento (Figura 3). As sementes apresentaram resultado máximo à primeira contagem de 76% aos 151 dias de armazenamento (Figura 3A) e índice de velocidade de germinação máximo de 8,89 aos 315 dias de armazenamento (Figura 3B).

Outro fator que pode auxiliar na 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 da viabilidade das sementes de crotalárias, cujas células têm paredes espessas e fortemente unidas (Pascualides e Planchuelo, 2007). Além da característica do aparato celular das sementes de crotalária, a redução dos processos metabólicos durante o armazenamento, como respiração, proporcionada

pelo baixo teor de água das sementes (Figura 1), pode contribuir com a manutenção do potencial fisiológico das sementes (Brançalion et al., 2010).

Nos primeiros estágios de armazenamento, eventos oxidativos podem causar a quebra de dormência e, conseqüentemente, promover a germinação, o que pode ser considerado como um mecanismo benéfico para a qualidade fisiológica de sementes de certas espécies (Sano et al., 2016). Durante o armazenamento, ocorrem reações bioquímicas que possibilitam a superação da dormência, dentre elas, a alteração progressiva dos constituintes celulares por processos como reações de Amadori e Maillard (Murthy e Sun, 2000), oxidação de proteínas embrionárias específicas, peroxidação lipídica (Oracz et al., 2007) e carbonilação de proteínas (Arc et al., 2011). Ressalta-se que, de acordo com os resultados obtidos após o armazenamento por aproximadamente, 140 dias em câmara fria, as sementes de *C. ochroleuca* ainda apresentaram elevada qualidade fisiológica (Figuras 2 e 3).

O efeito significativo isolado dos períodos de armazenamento 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 3C) e comprimento de raiz de 5,6 cm aos 20 dias de armazenamento (Figura 3D). O menor resultado de massa seca de raiz de plântulas foi 0,0223 gramas aos 100 dias de armazenamento (Figura 3E). Observou-se que o comprimento da parte aérea praticamente não se alterou ao longo de todo período de armazenamento. Houve redução no comprimento de raiz já no primeiro período de armazenamento e se manteve baixo nas avaliações seguintes, embora na última avaliação tenha apresentado leve acréscimo, e resultado semelhante foi observado para a massa seca de raiz, uma vez que, os testes estão relacionados.



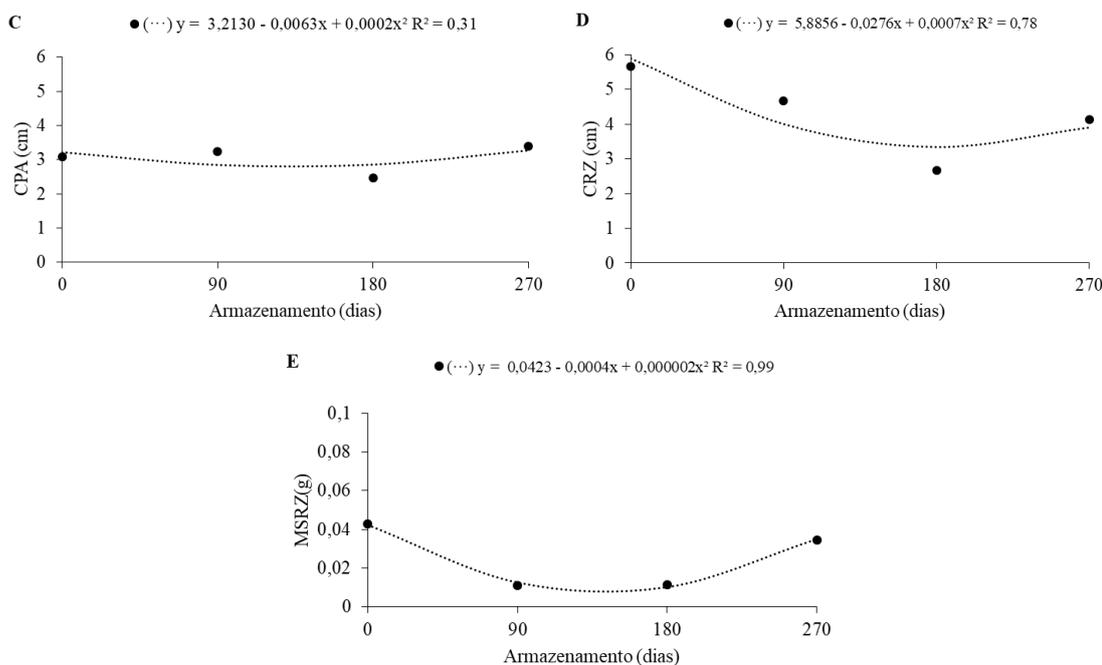


Figura 3. A – Primeira contagem de sementes (%), B – Índice de velocidade de germinação, C – Comprimento de parte aérea de plântulas (cm), D – Comprimento de raiz de plântulas (cm) e E – Massa seca de raiz de plântulas (g), de sementes de *Crotalaria ochroleuca* submetidas ao armazenamento em ambiente de laboratório e câmara climatizada.

O efeito isolado dos ambientes de armazenamento foi significativo para o comprimento de parte aérea de plântulas (Tabela 2). 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 2. Comprimento de parte aérea de plântulas de *Crotalaria ochroleuca* armazenadas durante 270 dias em duas condições de ambientes.

Ambientes	Comprimento de parte aérea de plântulas	
	cm	
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 ambos ambientes de armazenamento foram eficientes em preservar o potencial fisiológico das sementes. Esta é uma informação importante para a tecnologia de sementes de crotalárias, que,

principalmente, são indicadas para áreas com manejo agroecológico praticado por pequenos agricultores (Chieza et al., 2017) e que, geralmente, não dispõem de estruturas de refrigeração e armazenam as sementes em ambientes sem condições controladas (Nagel e Borner, 2010).

Crotalaria spectabilis

O efeito significativo isolado dos períodos de armazenamento foi verificado para o índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e massa de matéria seca de raiz de plântulas. O efeito isolado dos ambientes de armazenamento foi significativo somente para o índice de velocidade de germinação de sementes (Tabela 3).

A interação entre os ambientes e os períodos de armazenamentos foi significativa para a primeira contagem, germinação, massa de matéria seca de raiz, teste de frio, envelhecimento acelerado e emergência em campo de sementes de *C. spectabilis* (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para primeira contagem (PC - %), germinação (G -%), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA - %), emergência em campo (EM - %), comprimento de parte aérea (CPA -cm) e comprimento de raiz de plântulas (CRZ - cm), massa seca de parte aérea (MSPA - g) e massa seca de raiz de plântulas (MSRZ - g) e teste de frio (TF - %) em sementes de *Crotalaria spectabilis* em função dos locais e períodos de armazenamento.

Fonte de variação	GL	PC	G	IVG	EA	EM	CPA	CRZ	MSPA	MSRZ	TF
Repetição	3	165,6667	32,4583	0,7333	0,00004	0,8333	25,6667	76,8333	0,0726	0,0447	0,0001
Períodos (P)	3	1758,3330*	1130,4583*	35,5982*	0,0021*	10864,5000*	8160,6667*	1205,5000*	11,0835*	0,4875	0,0120*
Resíduo a	9	60,6667	31,4583	1,7646	0,00009	18,6111	27,0000	98,7222	0,1403	0,0691	0,0001
Local (L)	1	1200,5000*	1081,1250*	21,8130*	0,000017	338,0000*	3872,0000*	8,0000	0,2211	0,2738*	6,050E
LxP	3	246,8333*	268,1250*	3,0813	0,00049*	146,0000*	892,00000*	1329,6666*	0,1555	0,125*	0,00002*
Resíduo b	12	33,5833	31,7083	1,2428	0,00011	30,3333	16,6667	35,2500	0,1136	0,0435	0,00005
Total	31										
CV 1 (%)		13,97	7,53	12,75	36,01	13,53	12,45	15,37	14,32	19,81	21,14
CV 2 (%)		10,39	7,56	10,7	38,64	17,28	9,78	9,19	12,89	15,71	13,36

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

GL: graus de liberdade

CV: coeficiente de variação

Ocorreram alterações no teor de água das sementes nas duas condições de armazenamento, porém esse comportamento foi mais evidente na câmara climatizada (Figura 4). O teor de água das sementes armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa não apresentou oscilações bruscas, mesmo em função das características ambientais.

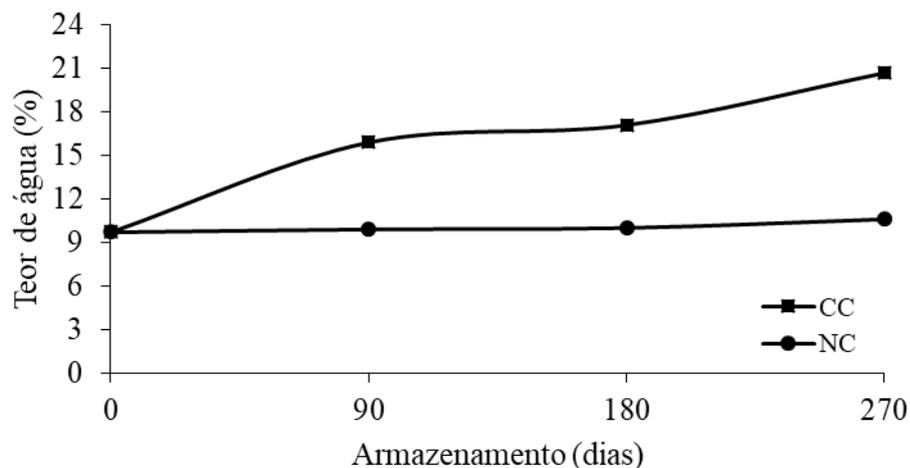


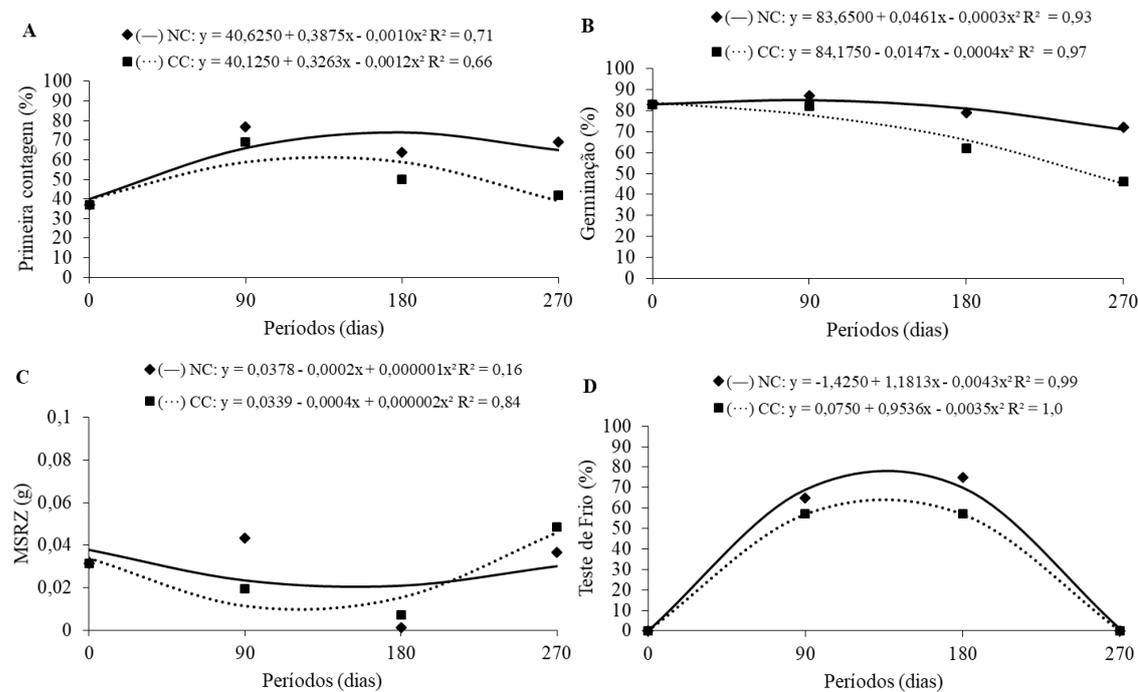
Figura 4. Teor de água (%) de sementes de *Crotalaria spectabilis* armazenadas durante 270 dias em câmara climatizada (CC) e ambiente não controlado (NC).

As sementes armazenadas apresentaram resultado máximo de primeira contagem de 78% aos 194 dias de armazenamento, e 62% aos 136 dias, em ambiente não controlado e câmara climatizada, respectivamente (Figura 5A). As sementes armazenadas sem condições controladas apresentaram germinação máxima de 85% aos 77 dias de armazenamento e na câmara climatizada verificou-se germinação máxima de 84% com 18 dias de armazenamento (Figura 5B). Esses resultados indicam que as duas temperaturas durante o armazenamento foram benéficas para obter sementes com maior poder germinativo. As sementes armazenadas apresentaram resultados mínimos de massa seca de raiz de plântulas aos 100 dias de armazenamento, quando armazenadas em ambiente não controlado e câmara climatizada (0,0278 e 0,0139 g, respectivamente) (Figura 5C).

Resultados positivos dos ambientes durante o armazenamento de sementes também foram observados no vigor de sementes determinado pelos testes de frio e de envelhecimento acelerado (Figuras 5D e 5E, respectivamente). Pelo teste de frio, as sementes armazenadas apresentaram resultado máximo de 80% aos 137 dias de armazenamento e 65% aos 136 dias, em ambiente não controlado e câmara climatizada,

respectivamente (Figura 5D). Para o envelhecimento acelerado, observou-se resultado máximo de 85% aos 168 dias de armazenamento e 90% aos 138 dias, em ambiente sem condições controladas e câmara climatizada, respectivamente (Figura 5E). Os resultados semelhantes nos dois ambientes indicam que as sementes se mostraram vigorosas, retendo a capacidade de produzir plântulas normais, mesmo após serem submetidas às condições desfavoráveis de temperatura. Uma característica importante é que durante o armazenamento, a superação da dormência pode acontecer (Baskin e Baskin, 2020). Embora os conhecimentos acerca da fisiologia de sementes de crotalárias ainda sejam incipientes, o fenômeno da dormência é comum em sementes de plantas que não foram completamente domesticadas, como as crotalárias. No entanto, é de amplo conhecimento, que as sementes de crotalárias apresentam tegumento rígido, que pode sofrer alterações durante o armazenamento.

As sementes armazenadas apresentaram emergência mínima de 50% aos 142 dias de armazenamento em ambiente não controlado e máxima de 81% aos 30 dias de armazenamento em câmara climatizada (Figura 5F).



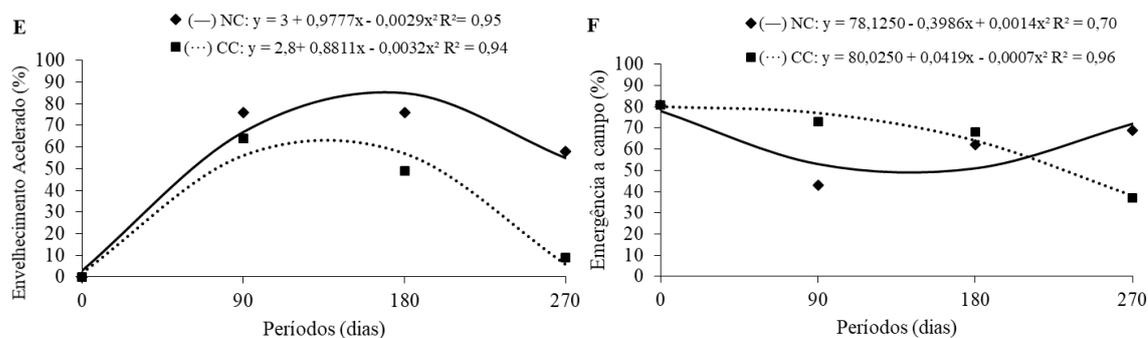
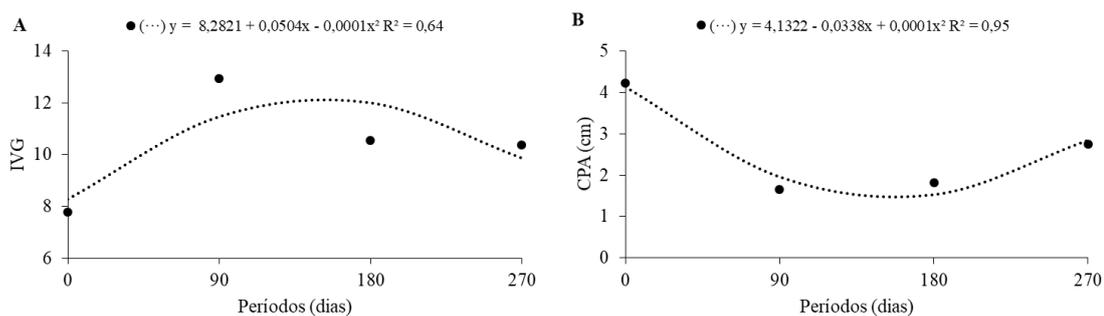


Figura 5. A – Primeira contagem (%), B – Germinação (%), C – Massa seca de raiz (g), D – Teste de frio (%), E – Envelhecimento acelerado (%) e F – Emergência em campo (%) de sementes de *Crotalaria spectabilis* submetidas ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e câmara climatizada (CC).

Verificou-se efeito significativo isolado dos períodos de armazenamento sobre o vigor de sementes de *C. spectabilis* determinado pelo índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e raiz de plântulas e massa seca de parte aérea de plântulas (Figura 6). As sementes armazenadas apresentaram resultado máximo de índice de velocidade de germinação de 15 aos 252 dias de armazenamento (Figura 6A). Os resultados superiores de germinação e vigor, obtidos com o armazenamento de sementes de *C. spectabilis* podem estar relacionados à degradação do ácido abscísico ou aumento da sensibilidade das sementes às giberelinas endógenas (Kumar et al., 2015), que pode favorecer a germinação das sementes.

As sementes apresentaram resultados mínimos de comprimento de parte aérea de 1,3 cm aos 169 dias de armazenamento (Figura 6B) e de comprimento de raiz de 1,2 cm aos 70 dias de armazenamento (Figura 6C). Verificou-se que as sementes apresentaram resultado mínimo de massa seca de parte aérea de 0,0292 g aos 137 dias de armazenamento (Figura 6D).



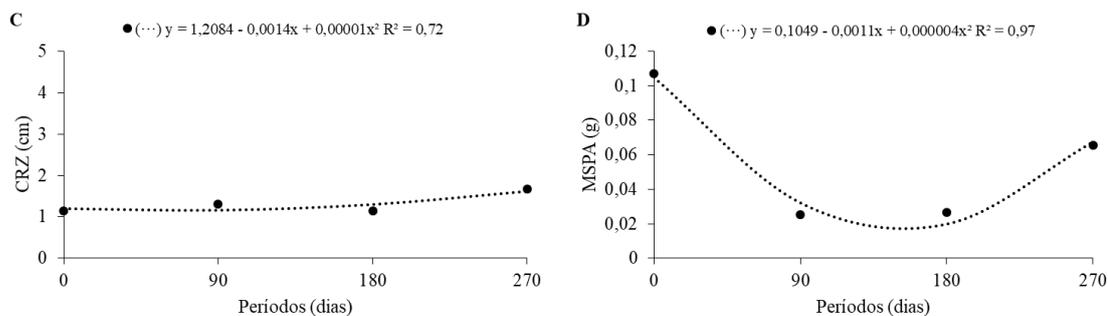


Figura 6. A – Índice de velocidade de germinação, B – Comprimento de parte aérea de plântulas (cm), C – Comprimento de raiz de plântulas (cm) e D – Massa seca de parte aérea de plântulas (g), de sementes de *Crotalaria spectabilis* armazenadas em ambiente não controlado e câmara climatizada por 270 dias.

Houve efeito significativo isolado dos ambientes de armazenamento das sementes para o índice de velocidade de germinação (Tabela 4). As sementes armazenadas em ambiente não controlado apresentaram maior índice de velocidade de germinação em relação às sementes armazenadas em câmara climatizada. De acordo com Baskin e Baskin. (2020), geralmente, a superação de dormência de sementes após a maturação ocorre mais rápida em ambiente com altas temperaturas do que em temperaturas baixas.

Tabela 4. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Crotalaria spectabilis* armazenadas durante 270 dias em duas condições de ambiente.

Ambientes	IVG
Câmara fria	9,59 b
Não controlado	11,24 a

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

Os resultados obtidos nas condições testadas indicam que as sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* podem ser armazenadas em câmara fria e seca ou em ambiente sem controle por até 180 dias. Após seis meses de armazenamento as sementes começaram a apresentar sintomas de envelhecimento (redução do vigor).

CONCLUSÃO

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

Após 180 dias de armazenamento ocorre redução no vigor de sementes de ambas espécies, independentemente do ambiente de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. V. ARAÚJO, E. F.; AMARO, H. T. R.; SANTOS, R. H. S.; CECON, P. R. Época de colheita e armazenabilidade de sementes de *Crotalaria juncea* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 1, p. 103-111, 2018.
- ARC, E. GALLAND, M.; CUEFF, G.; GODIN, B.; LOUNIFI, I.; JOB, D.; RAJJOU, L. Reboot the system thanks to protein post-translational modifications and proteome diversity: how quiescent seeds restart their metabolism to prepare seedling establishment. **Proteomics**, v. 11, n. 9, p. 1606-1618, 2011.
- 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.
- 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.
- BAZIN, J.; BATLLA, D.; DUSSERT, S.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; BAILLY, C. Role of relative humidity, temperature, and water status in dormancy alleviation of sunflower seeds during dry after-ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 2, p. 627-640, 2011.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D.; RODRIGUES, R. R.; MARCOS FILHO, J. Dormancy as exaptation to protect mimetic seeds against deterioration before dispersal. **Annals of Botany**, v. 105, n. 6, p. 991-998, 2010.
- BRANDELERO, W.; BARBACOVİ, A.; ROSBACH, M. G. O.; VIEBRANTZ, C.; GIRARDI, L. B.; MAYER, A. R.; CASASSOLA, A. Soybean seed vigor and viability in response to humidity during the long storage process. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 342-350, 2018.
- 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 Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009.
- CARVALHO, E. R.; FRANCISCHINI, V. M.; AVELAR, S. A. G.; COSTA, J. C. D. Temperatures and periods of drying delay and quality of corn seeds harvested on the ears. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 336-343, 2019.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. D. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. 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.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GRANELLA, S. J.; BECHLIN, T. R.; CHRIST, D. Modelagem das isotermas de dessecção e do calor isostérico de sementes de crotalária. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 124-8, 2020.

GRANELLA, S. J.; CHRIST, D.; BECHLIN, T. R.; WERNCKE, I.; COELHO, S. R. M. Thermodynamic properties for different equilibrium moisture content in sunn hemp seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 288–295, 2018.

HUANG, Z.; ÖLÇER-FOOTITT, H.; FOOTITT, S.; FINCH-SAVAGE, W. E. Seed dormancy is a dynamic state: variable responses to pre-and post-shedding environmental signals in seeds of contrasting Arabidopsis ecotypes. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 159-169, 2015.

KAPPES, C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R.; ALCALDE, A. M.; VILELA, R. G. 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.

KUMAR, S. O. J.; PRESAD, S. R.; BANERJEE, R.; THAMMINENI, C. Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. **Annals of Botany**, v. 116, n. 4, p. 663-668, 2015.

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.

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.

NAGEL, M.; BÖRNER, A. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. **Seed Science Research**, v. 20, n. 1, p. 1, 2010.

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.

MURTHY, U. M. N.; SUN, W. Q. Protein modification by Amadori and Maillard reactions during seed storage: roles of sugar hydrolysis and lipid peroxidation. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 348, p. 1221-1228, 2000.

OBA, G. C.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; HARTMANN FILHO, C. P.; PATRICIO, V. S.; SARATH, K. L. L. Dormancy of safflower seeds: effect of storage and cold stratification. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 4, p. 433-439, 2017.

ORACZ, K.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; FARRANT, J.M.; COOPER, K.; BELGHAZI, M.; JOB, C.; JOB, D.; CORBINEAU, F.; BAILLY, C. ROS production and protein oxidation as a novel mechanism for seed dormancy alleviation. **The Plant Journal**. v. 50, n. 3, p. 452-465, 2007.

PASCUALIDES, A. L.; PLANCHUELO, A. M. Seed morphology and imbibition pattern of *Crotalaria juncea* L. **Seed Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 760-764, 2007.

RODRIGUEZ, M.V.; BODRONE, M.P.; CASTELLARI, M.P.; BATLLA, D. Effect of storage temperature on dormancy release of sunflower (*Helianthus annuus*) achenes. **Seed Science Research**. v. 28, n. 2, p. 101, 2018.

SANO, N.; RAJJOU, L.; NORTH, H. M.; DEBEAUJON, I.; MARION-POLL, A.; SEO, M. Staying alive: molecular aspects of seed longevity. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660-674, 2016.

SCHONS, A.; da SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; da SILVA, A. V.; MIELEZRSKI, F. 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.

SILVA, C. B. D., LOPES, M. D. M., MARCOS-FILHO, J., VIEIRA, R. D. Automated system of seedling image analysis (SVIS) and electrical conductivity to assess sun hemp seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2012.

SILVA, G. H. D.; TOLEDO, M. Z.; TEIXEIRA, R. N.; ROSSI, R. F.; NAKAGAWA, J. Influence of the storage environment on the physiological quality of millet seeds (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 286-292, 2019.

SMANIOTTO, T. A. de S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. de; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrônômica e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS, 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaçamento entre linhas influencia a qualidade fisiológica das sementes de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*. Para as sementes de *C. ochroleuca*, o espaçamento de 20 cm entre linhas é eficiente para a produção de sementes com desempenho fisiológico elevado. As sementes de *C. spectabilis* apresentaram qualidade fisiológica mais elevada sob o espaçamento entre linhas de 40 cm.

Os períodos de armazenamento e os ambientes sem controle de temperatura e umidade relativa e de câmara climatizada influenciam a germinação e o vigor das sementes *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*. As sementes de ambas espécies podem ser armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa ou em câmara climatizada por até 180 dias. A partir desse período, ocorre a redução do potencial fisiológico das sementes.