



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS –UFSCAR
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

**SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO: STATUS DA PESQUISA, ÉPOCA DE
COLHEITA E ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA DO TESTE DE
TETRAZÓLIO**

TUANE REIS DE SOUZA

**ARARAS
2024**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS –UFSCAR
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

**SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO: STATUS DA PESQUISA, ÉPOCA DE
COLHEITA E ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA O TESTE DE
TETRAZÓLIO**

TUANE REIS DE SOUZA

ORIENTADOR: Prof. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI
CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. PATRÍCIA MARLUCI DA CONCEIÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agroecologia e
Desenvolvimento Rural como requisito
parcial à obtenção do título de
MESTRE EM AGROECOLOGIA E
DESENVOLVIMENTO RURAL

**ARARAS
2024**

Reis de Souza, Tuane

Sementes de feijão-de-porco: status da pesquisa, época de colheita e estabelecimento de metodologia do teste de tetrazólio / Tuane Reis de Souza -- 2024.

70f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Victor Augusto Forti

Banca Examinadora: Kayne Agostini, Cristiane de Carvalho

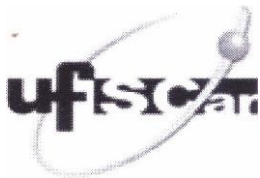
Bibliografia

1. Revisão bibliográfica sobre feijão-de-porco. 2. época de colheita do feijão-de-porco. 3. Teste de tetrazólio em feijão-de-porco. I. Reis de Souza, Tuane. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

**Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Tuane Reis de Souza, realizada em 22/02/2024.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Victor Augusto Forti (UFSCar)

Profa. Dra. Kayna Agostini (UFSCar)

Profa. Dra. Cristiane de Carvalho (ETEC)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo quero agradecer ao meu orientador, Victor Augusto Forti e minha co-orientadora, Patrícia Marlucci da Conceição, por sempre estarem dispostos a contribuir com meu desenvolvimento durante o processo do mestrado, com dedicação e compreensão.

A querida secretária, Cris, que é como uma mãe para todos os discentes do programa.

A todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, que contribuem de uma forma linda e rica para nossa formação. Chego a essa etapa pelos ensinamentos de todos.

A minha família, especialmente a minha mãe, tia e avó, por sempre me darem força e amor, mesmo estando longe, sendo um combustível para que eu continuasse. Também, a minha prima, Amanda Pessoa, que sempre me ajudou a evoluir espiritualmente e ao meu pai que, com seu jeito peculiar, também me apoiou.

A minhas amigas de casa, Carol, Julia e Ana Catarina, que estiveram ao meu lado, me aguentando nos dias difíceis, e a minha colega de pós-graduação, Bianca, por me auxiliar e ser um pilar para manter esse sonho vivo.

Aos meus amigos queridos de Alfenas e de Poços de Caldas, que também me encheram de força e regarregavam minhas energias a cada reencontro.

Não menos importante, pelo contrário, sem ela eu não teria conseguido superar os dias difíceis, a minha namorada, Stella Moretti. Obrigada por estar do meu lado e me incentivar em cada dia, em cada etapa e cada processo. Obrigada por acreditar em mim.

Ao CNPQ por permitir que eu me dedicasse a minha pesquisa tendo os recursos necessários.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1 INTRODUÇÃO GERAL	01
1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	04
2 CAPÍTULO 1. STATUS DA PESQUISA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO.....	08
2.1 RESUMO.....	08
2.2 INTRODUÇÃO.....	09
2.3 MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
2.5 CONCLUSÕES	17
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
3. CAPÍTULO 2. ÉPOCA DE COLHEITA E POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO.....	21
3.1 RESUMO.....	21
3.2 INTRODUÇÃO.....	22
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
3.5 CONCLUSÕES.....	37
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
4. CAPÍTULO 3. ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA DO TESTE DE TETRAZÓLIO PARA SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO.....	43
4.1 RESUMO.....	43
4.2 INTRODUÇÃO.....	44
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.5 CONCLUSÕES.....	54
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
APÊNDICE.....	58

ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1. Classificação do ponto de coloração das vagens de feijão-de-porco.....	25
Tabela 2. Parâmetros de colorimetria das vagens de feijão-de-porco em diferentes épocas de colheita.....	30
Tabela 3. Parâmetros biométricos de vagem e semente de feijão-de-porco em diferentes épocas de colheita.....	34
Tabela 4. Massa de 1000 semntes, teor de água e massa de matéria seca (MMS) de sementes de feijão de porco em diferentes épocas de colheita.....	34
Tabela 5. Germinação (G), Emergência de plântula (EP), Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), Condutividade elétrica (CE), Massa de matéria seca de raiz (MMSR) e parte aérea (MMSPA), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) em sementes de feijão de porco em diferentes épocas de colheita.....	36
Tabela 6. Descrição dos tratamentos.....	49
Tabela 7. Porcentagem de sementes duras por tratamento de embebição (6, 9 e 12 horas) e coloração (3, 4 e 5 horas).....	52
Tabela 8. Porcentagem de sementes de feijão-de-porco em cada classe, após a coloração pelo teste de tetrazólio. Classe I: viável, alto vigor, Classe II: viável, médio vigor, Classe III: viável, baixo vigor, Classe IV: inviável.....	53
Tabela 9. Porcentagem de sementes viáveis (incluindo as sementes duras) de feijão-de-porco obtidas pelo teste de tetrazólio em diferentes tempos de pré-condicionamento e de coloração dos tecidos e porcentagem de germinação (G).....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Número de artigos publicados por ano sobre estudos de sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> , indexados a Web of Science.....	12
Figura 2. Autores com mais publicações relacionadas ao estudo de sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> , indexados a Web of Science.....	12
Figura 3. Relação de co-autoria nas publicações ligadas ao estudo de sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> , indexados a Web of Science até o ano de 2023.....	13
Figura 4. Principais países que publicaram pesquisas voltadas a sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> , indexados a web of science até o ano de 2023.....	14
Figura 5. Co-ocorrência das principais palavras-chave presentes nas publicações ligadas ao estudo de sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> , indexados a Web of Science até o ano de 2023.....	15
Figura 6. Temas norteadores das pesquisas relacionadas a sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> , indexados a web of science.....	16
Figura 7. Exemplo da determinação do comprimento(1A), da largura (1B) e da espessura (1C) da semente de feijão de porco.....	27
Figura 8. Espaço de cor $L^*C^*h^0$	31
Figura 9. Diagrama Cromático de vagens verdes de feijão-de-porco.....	32
Figura 10. Diagrama Cromático de sementes coletadas de vagens verdes de feijão-de-porco.....	32
Figura 11. Diagrama Cromático de vagens amareladas de feijão-de-porco.....	32
Figura 12. Diagrama Cromático de sementes coletadas de vagens amareladas de feijão-de-porco.....	32
Figura 13. Diagrama Cromático das vagens marrons de feijão-de-porco..	33
Figura 14. Diagrama Cromático das sementes colhidas de vagens marrons de feijão-de-porco.....	33
Figura 15. Dinâmica entre os massa de vagem, os parâmetros biométricos, teor de água e massa de matéria seca (MMS) de sementes de feijão-de-porco em diferentes épocas de colheitas.....	35

Figura 16. Curva de embebição da semente de feijão-de-porco em papel germitest.....	48
Figura 17. Curva de embebição da semente de feijão-de-porco em imersão.....	49
Figura 18. Morfolgia de sementes de feijão-de-porco indicando a região do eixo embrionário (EE) e região vascular (RV).....	50
Figura 19. Sementes de feijão-de-porco viáveis de alto vigor após teste de tetrazólio.....	50
Figura 20. Sementes de feijão-de-porco viáveis de médio vigor após teste de tetrazólio.....	51
Figura 21. Sementes de feijão-de-porco viáveis de baixo vigor após teste de tetrazólio.....	51
Figura 22. Sementes de feijão-de-porco inviáveis após teste de tetrólio.....	51
Figura 23. Sementes de feijão-de-porco após teste de tetrazólio apresentando coloração fraca (A) e coloração excessiva (B).....	53

SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO: STATUS DA PESQUISA, ÉPOCA DE COLHEITA E ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA O TESTE DE TETRAZÓLIO

Autora: TUANE REIS DE SOUZA

Orientador: PROF. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI

Co-orientadora: PROFa. Dra. PATRÍCIA MARLUCI DA CONCEIÇÃO

RESUMO

A adubação verde é uma tecnologia essencial para modelos de agricultura conservacionista. O feijão-de-porco é um exemplo de adubo verde de grande potencial de uso, porém, além da baixa disponibilidade de sementes de qualidade, há certa carência de conteúdo tecno-científico sobre técnicas de produção e sobre qualidade de sementes. Assim, objetivou-se com este trabalho determinar, por meio de uma revisão sistemática, a situação das pesquisas científicas que tangem a produção e qualidade das sementes de feijão-de-porco no mundo e avaliar, com baseno marcador morfológico 'coloração das vagens', a época ideal de colheita dessa espécie. Além disso, pretendeu-se estabelecer uma metodologia para a realização do teste de tetrazólio na semente de feijão-de-porco. Com essa pesquisa observou-se que o Brasil assume posição de destaque nas pesquisas relacionadas a produção e qualidade de sementes de feijão-de-porco. No que se refere a produção e qualidade de semente, há três estudos, vinculados a *web of science*, relacionados a temática proposta, o que expressa a necessidade de desenvolver pesquisas para o fomento dessa área. Em relação a época de colheita, concluiu-se que o ponto de maturidade fisiológica em sementes de feijão-de-porco podem ser caracterizado pela presença de vagens amareladas. Contudo, devido ao grau de umidade da semente, o ponto indicado para colheita é, possivelmente, o ponto intermediário entre vagens amarelase marrons. Nas condições das sementes trabalhadas, para o teste de tetrazólio, os tempos ideais de pré-condicionamento e coloração são 12 horas e 4 horas, respectivamente.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, potencial fisiológico, maturação, revisão sistemática.

JACK BEAN SEEDS: RESEARCH STATUS, HARVESTING SEASON AND ESTABLISHMENT OF METHODOLOGY FOR TETRAZOLIUM TESTING

Autora: TUANE REIS DE SOUZA

Orientador: PROF. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI

Co-orientadora: PROFa. Dra. PATRÍCIA MARLUCI DA CONCEIÇÃO

ABSTRACT

Green manure is an essential technology for conservation agriculture models. Jack beans are an example of green manure with great potential for use, however, in addition to the low availability of quality seeds, there is a certain lack of techno-scientific content on production techniques and seed quality. Thus, the objective of this work was to determine, through a systematic review, the situation of scientific research regarding the production and quality of jack bean seeds in the world and to evaluate, based on the morphological marker 'pod color', the ideal harvest time for this species. Furthermore, it was intended to establish a methodology for carrying out the tetrazolium test in jack bean seed. With this research it was observed that Brazil assumes a prominent position in research related to the production and quality of jack bean seeds. With regard to seed production and quality, there are three studies, linked to the web of science, related to the proposed theme, which expresses the need to develop research to promote this area. Regarding the harvest time, it was concluded that the physiological maturity point in jack bean seeds can be characterized by the presence of yellowish pods. However, due to the seed's degree of moisture, the recommended point for harvesting is possibly the intermediate point between yellow and brown pods. Under the conditions of the worked seeds, for the tetrazolium test, the ideal preconditioning and staining times are 12 hours and 4 hours, respectively.

Keywords: *Canavalia ensiformis*, physiological potential, maturation, systematic review.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Tornar a exploração dos recursos naturais mais sustentável é um dos grandes desafios da humanidade e o uso adequado da terra é um importante movimento para a mudança deste cenário. Dentro das práticas que visam uma produção sustentável está a adubação verde. Essa prática é essencial para modelos de agricultura que têm como princípios a otimização e conservação do solo e da água (Espindola, 2005; Wildner, 2014). Além do mais, podem proporcionar a melhoria dos atributos químicos (Abera e Gerkabo, 2019; Ambrosano et al., 2016), físicos (Wenneck et al., 2017) e biológicos dos solos (Alves et al., 2014; Zhou et al., 2019). Estudos realizados com adubos verdes mostraram também que são capazes de fornecer, regular e apoiar importantes serviços ecossistêmicos localmente, contribuindo para a produção agrícola, como a redução na amplitude térmica dos solos (Tittonell, 2020; Trevisan et al., 2021), estímulo ao controle biológico de insetos pragas (Lopes et al., 2016) e mudança na dinâmica e supressão das plantas daninhas (Cox e Cherney, 2018; Baldvieso et al., 2018; Mohler et al., 2018).

Do ponto de vista social e econômico, principalmente para os pequenos agricultores, a adubação verde pode contribuir com a redução dos custos de produção, devido a dispensa ou redução da adubação nitrogenada, e com a diminuição da dependência de insumos externos (Calegari, 2014). Durante o ano de 2019, o Brasil consumiu mais de 36 milhões de toneladas de fertilizantes formulados, sendo que destes cerca de 81% foi proveniente de importação (ANDA, 2020).

Um dos principais desafios para a difusão da prática da adubação verde no Brasil é a baixa disponibilidade de sementes de qualidade que, quando disponíveis comercialmente, têm preços elevados (Matrangola, et al., 2009; Teodoro e Neves, 2022). Além disso, em muitas regiões, a sua distribuição é prejudicada pela dificuldade de acesso ou fretes muito elevados, situações que tornam essas sementes muitas vezes inacessíveis aos pequenos agricultores. Uma alternativa para essa questão seria a produção da própria semente pelos agricultores. Além da falta de sementes para a comercialização, verifica-se também uma reduzida abordagem científica sobre aspectos relacionados à produção e qualidade de sementes de adubos verdes, o que diminui o potencial e a visibilidade desta tecnologia para a aplicação dentro da agricultura nacional. É de grande importância o avanço do conhecimento científico acerca do desenvolvimento de tecnologias voltadas para a produção de sementes de qualidade, que agreguem tecnologias para as práticas de manejo, possibilitando a obtenção de informações relevantes para questões como melhoramento vegetal,

controle de qualidade pré e pós- colheita e análises de sementes (Bino et al., 1998; Marcos Filho, 2015).

Dentre os adubos verdes, o feijão-de-porco apresenta elevada relevância nos sistemas de produção. Tem sido utilizado como adubo verde em diversas regiões do país, pois possui grande rusticidade e um sistema radicular que alcança grande profundidade, o que confere a planta boa resistência à seca, boa adaptação a solos ácidos, salinos, mal drenados e de baixa fertilidade (Padovan et al., 2011). O feijão-de-porco é uma leguminosa anual ou bianual, ereta, herbácea, tolerante ao sombreamento parcial e que possui um rápido crescimento inicial, que proporciona a rápida cobertura do solo. Suas plantas possuem hastes grossas e lenhosas na base, podendo chegar de 80 a 120 cm de altura. O seu ciclo, geralmente, é de 80 a 90 dias até florescimento e 130 a 140 até a colheita de sementes, que possuem coloração branca. Após seu plantio, a planta pode fixar ao solo de 57 a 190kg de nitrogênio por hectare. A esta planta também é atribuída a capacidade de causar efeitos alelopáticos a plantas invasoras (Wutke et al., 2007; Calegari, 1993). Contudo, apesar do feijão-de-porco ser uma planta de cobertura de grande eficiência, existe a dificuldade de identificar se as suas sementes possuem alta qualidade e vigor. A semente é o principal insumo do sistema produtivo agroalimentar e sua qualidade e diversidade é que garante a resiliência dos cultivos frente a instabilidades (Shiva, 2016).

O momento em que a semente alcança o seu máximo potencial fisiológico é no final da maturação, quando a mesma atinge a maturidade fisiológica, torna-se independente da planta-mãe. Neste período também ocorre o maior acúmulo de matéria seca e a formação completa dos sistemas bioquímico, morfológico e estrutural. O ponto de maturidade fisiológica é variável entre espécies e, até mesmo, dentro de uma mesma espécie (Barbedo et al., 1999; Gomes, 1995; Hartmann et al., 1997; Nerson, 1991; Alvarenga et al., 1991).

O uso de sementes de elevado potencial fisiológico é de extrema importância nos sistemas de produção agrícolas (Silva, 2011). O potencial fisiológico está associado com a capacidade da semente de desempenhar suas funções vitais, podendo ser determinada pela sua longevidade, germinação e vigor. A redução na qualidade das sementes geralmente se dá pelo decréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e pela redução no vigor (Toledo et al. 2009).

Os estudos de vigor das sementes auxiliam na previsão do seu desempenho, pois o uso de sementes vigorosas reflete um estabelecimento uniforme e satisfatório das plantas em campo. As condições ambientais, o genótipo e o manejo durante as

etapas de pré e pós-colheita dessas sementes podem influenciar no seu potencial fisiológico. A determinação do ponto de maturidade fisiológica é de extrema importância para determinar a época de colheita, dado que o atraso na colheita, ou seja, a permanência das sementes no campo após a sua maturidade fisiológica, influencia negativamente na sua qualidade, estando associada a perdas na germinação e no vigor e, conseqüentemente, na produtividade (Dias, 2001; Diniz et al, 2013; Pelúzio et al., 2008).

Estabelecer a época de colheita ideal das sementes de adubos verdes, objetivando o seu máximo potencial fisiológico, é particularmente desafiador. Muitas espécies apresentam o hábito de crescimento indeterminado, o que dificulta o acompanhamento e a determinação da época de florescimento das plantas, o que pode levar a colheita de sementes imaturas, como é o caso do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L. DC). Para Passos (2012), o estabelecimento de marcadores morfológicos como, por exemplo, a coloração das vagens, poderia auxiliar o produtor na hora de decidir sobre a época de colheita mais adequada, no qual pode-se obter sementes o mais próximo possível do seu ponto de máximo potencial fisiológico.

Para se saber como está o potencial fisiológico das sementes é necessário a realização de avaliações por meio de alguns testes, que permitem a identificação de lotes que apresentem maior probabilidade de se estabelecerem em campo. Contudo, para que isso ocorra, as metodologias avaliativas devem ser eficientes, com resultados confiáveis, possibilitando maior segurança nas tomadas de decisões em campo (Marcos-Filho, 2015).

Dentre as análises, o teste de tetrazólio se destaca por possibilitar a avaliação do vigor e da viabilidade das sementes de forma rápida, quando comparada com outros testes, como o teste de germinação, por exemplo. Além do mais, o teste de tetrazólio pode ser realizado com diferentes intuitos além da determinação da qualidade das sementes, como, por exemplo, estabelecer bases para a sua comercialização e identificar prováveis causas sobre a perda de desempenho das sementes. Este teste se baseia na atividade respiratória da semente, no qual, após o contato e interação entre os compostos liberados durante a respiração dos tecidos vivos da semente e uma solução incolor (2, 3, 5 trifenil cloreto ou brometo de tetrazólio), como resultado, há uma reação de redução do sal de tetrazólio, resultando em um composto vermelho, estável e não difusível chamado de trifenil formazan. Este novo composto formado possibilita a diferenciação dos tecidos que respiram, coloridos, dos tecidos mortos, que não colorem. (Brasil, 2009; França-Neto e Krzyzanowsky, 2009; Marcos-Filho, 2015). No caso do feijão-de-porco, ainda não se

tem uma metodologia, descrita especificamente para a realização do teste de tetrazólio.

Ter conhecimento do que tange as pesquisas sobre produção e qualidade de sementes de adubos verdes no mundo é capaz de auxiliar no direcionamento de novos estudos nesse campo, permitindo o aprimoramento e o desenvolvimento dessa temática, incentivando cada vez mais o emprego dessa prática na agricultura.

Tendo em vista o exposto, objetivou-se com este trabalho determinar, por meio de uma revisão sistemática a situação das pesquisas científicas que tratam da produção de sementes do adubo verde feijão-de-porco no mundo. Juntamente a isso, avaliou-se, com base no marcador morfológico 'coloração das vagens', o momento em que as sementes de feijão-de-porco atingem o seu potencial fisiológico, a fim de estabelecer a melhor época de colheita. Além disso, para contribuir com o avanço das análises que fornecem dados para a determinação da qualidade de sementes de feijão-de-porco, este trabalho buscou estabelecer uma metodologia que seja adequada para a realização do teste de tetrazólio nesta espécie.

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERA, G.; GERKABO, H. Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties, **Archives of Agronomy and Soil Science**, 67:3, 397-409, 2021 DOI: 10.1080/03650340.2020.1733536

ALVES, J. M., MARTINS, R. C., FREITAS, R. A., BARRELA, T. P., & CAMPOS, A. N. R.; Efeito da adubação verde com espécies herbáceas e arbóreas na micorrização do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**. 4(1), 11-16., 2014.

ALVARENGA, E. M.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; CARDOSO, A. A. Maturação fisiológica de sementes de abóbora italiana. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.147-150, 1991.

AMBROSANO, E. J., ROSSI, F., SALGADO, G. C., OTSUK, I. P., & TRIVELIN, P. C. O. Teores de nutrientes e transferência de nitrogênio no tomate orgânico em cultivo intercalar com adubo verde e aplicação de homeopatia. **Cadernos de Agroecologia**. 11, 2016.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Pesquisa Setorial In: ABRANCHES, M. O., SILVA, G. A. M., SANTOS, L. C., PEREIRA, L. F. FREITAS, G. B.; Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetable, 2020 www.anda.org.br.

BALDIVIESO-FREITAS, P., BLANCO-MORENO, J. M., ARMENGOT, L., CHAMORRO, L., ROMANYA, J., SANS, F. X. Crop yield, weed infestation and soil fertility responses to contrasted ploughing intensity and manure additions in a Mediterranean organic crop rotation. **Soil Till.** 2018; 180:10–20.

BARBEDO, C.J.; BARBEDO, A.S.C.; NAKAGAWA, J.; SATO, O. Efeito da idade e do repouso pós-colheita de frutos de pepino na semente armazenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.5, p.839-847, 1999.

BINO, R. J.; JALINK, H.; OLUOCH, M. O.; GROOT, S. P. C. Seeds research for improved technologies. **Sciencia Agricola**, v.55 n. especial, p 19-26, 1998.

CALEGARI, A. **Aspectos gerais da adubação verde**. In: COSTA, M. B. B., coord. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. P.1-55, 1993.

CALEGARI, A.; **Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes**. In: Filho, O. F. de L.; AMBROSANO, E. J.; e prática. 1º ed. Brasília: Embrapa, v.1, cap. 1, p. 21-36, 2014.

COX, W. J., CHERNEY, J. H. Agronomic comparisons of conventional and organic maize during the transition to an organic cropping system. **Agronomy**. 2018; 8(7):1-16.

DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **SEED News**, v.5, n.6, 2001. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed56/artigocapa56.shtml>. Acesso em: 08 Set. 2022.

DINIZ, F. O, REIS, M. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F.; SEIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seeding emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v.35, n. 2. P. 147-152, 2013.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. The tetrazolium test for seed vigor determination. In: BAALBAKI, R.; ELIAS, s.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M. B. (Ed.) **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, NY. p.100-104, 2009.

GOMES, S.M.S. **Influência da idade, coloração externa e armazenamento dos frutos na qualidade de sementes de pepino (Cucumis sativus L.)**. 80f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995 HARTMANN, H.T.; Kester, D.E.; Davies Jr., F.T. 1997. Plant propagation; principles and practices 6 ed. **New Jersey: Prentice Hall**. 770pp.

LOPES, P. R.; REZENDE, A. P. C.; CRESPI, D.; GALATA, R. F.; GALATA, R. F.; DA SILVA, F. X.; CRUZ, M. S. S.; DOS SANTOS, J. D.; KAGEYAMA, P. Y. **Princípios e ferramentas para o desenho e manejo de hortas agroecológicas: experiências do projeto assentamentos agroecológicos no extremo sul da Bahia**. **Retratos de Assentamentos**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 175- 207, 2016. DOI: 10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2016.v19i1.204. Disponível em: <https://www.retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/204>. Acesso em: 24 set. 2022.

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

MATRANGOLO, W. J. R., NETTO, D. A. M., FRANÇA, F. C. T., PURCINO, H. M. A. C., PEREIRA FILHO, I. A., MOREIRA, J. A. A., ... & ALBERNAZ, W. M. O Programa

Bancos Comunitários de Sementes de Adubos Verdes em MG. **Revista Brasileira de Agroecologia**, vol. 4, n. 2, p. 2936-2939, 2009.

MOHLER, C. L., CALDWELL, B. A., MARSCHNER, C. A., CORDEAU, S., MAQSOOD, Q., RYAN, M. R., DITOMMASO, A. Weed seedbank and weed biomass dynamics in a long-term organic vegetable cropping systems experiment. **Weed Science**. 2018; 66:611–626.

NERSON, H. Fruit age and seed extraction procedures affect germinability of cucurbit seeds. **Seed Science and Technology**, v.19, p.185-195, 1991.

OLIVEIRA, Ana Carla A; LE BOURLEGAT, C. A., Agricultura agroecológica e bancos de sementes comunitários na Índia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

PASSOS, A. V. **Estudo de épocas de colheita e desenvolvimento de vagens de feijão guandu (cajanus cajan (L.) Millsp.), para obtenção de grãos e sementes não comerciais em pequenas unidades de produção familiar**. 2012.

Padovan, M. P., Motta, I. D. S., Carneiro, L. F., Moitinho, M. R., & Fernandes, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-deporco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 182-190, 2011.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDDELIS, R. R.; AFFERRI, F. S.; CASTRO NETO, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de soja no sul do estado do Tocantins. **Revista Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.

SILVA, Clíssia Barboza da. **Potencial Fisiológico de sementes de Crotalaria juncea L.** viii, 48 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.

SHIVA, V. Who Really Feeds the World? The Failures of Agribusiness and the promise of agroecology. **Berkeley: North Atlantic Books**, 2016.

TEODORO, Mauro Sergio; NEVES, Pedro Pereira. Banco de sementes de adubos verdes. – *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.5, n.1, p. 1279-1285, 2022.

TITTONELL, Pablo. Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. **Agricultural Systems**, v. 184, p. 102862, 2020.

TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TREVISAN, M. et al. Temperatura e umidade do solo no consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis* e *Cajanus cajan* em sistema orgânico. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e539101422443, 13 nov. 2021.

WENNECK, G. S., TELES, M. S., SAATH, R., FRANÇOSO, R. V., & SILVA, F. C. Avaliação das propriedades físicas em diferentes sistemas de cultivo no município de

Glicério-SP. **Anais X EPCC**. 2017.

WILDNER, L. do P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. editores técnicos. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. V. 2 (478 p.).

WUTKE, E.B.; AMBROSANO, E. J.; RAZERA, L. F.; MEDINA, P. F.; CARVALHO, L. H.; KIKUTI, H. **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes**: informações técnicas, Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, p.52, 2007.

ZHOU, T., JIAO, K., QIN, S., & LYU, D. The impact of cover crop shoot decomposition on soil microorganisms in an apple orchard in northeast China. **Saudi Journal of Biological Sciences**. 26(8), 1936-1942, 2019.

2. CAPÍTULO 1 – SITUAÇÃO DA PESQUISA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTE DE FEIJÃO-DE-PORCO

RESUMO

Um dos principais desafios para a difusão da adubação verde, além da baixa disponibilidade de sementes certificadas, é a escassez de informações científicas que tratem sobre a produção e qualidade das suas sementes, como é o caso do feijão-de-porco. Ter conhecimento do que tange as pesquisas sobre produção de sementes de adubos verdes no mundo auxilia no direcionamento de novos estudos, possibilitando o aprimoramento e desenvolvimento dessa temática, incentivando cada vez mais o emprego dessa prática na agricultura. Tendo isto em vista, objetivou-se com esta pesquisa, entender, por meio de uma revisão sistemática, o status da pesquisa científica mundial voltada para a produção e qualidade de sementes de feijão-de-porco. Para isso, o levantamento de artigos que abordam sobre a temática da produção e qualidade de semente de feijão-de-porco foi realizado na base de dados *Web Of Science*. Os seguintes termos de busca foram utilizados: ("physiological quality*") or ("germination*") or ("vigor*") or ("seed* production*") or ("seed* maturation*") or ("seed* quality*") and ("*Canavalia ensiformis**") or ("jack bean*"). Foram encontrados 68 trabalhos, no qual 27 deles apresentam informações, de fato, sobre sementes de feijão-de-porco, tendo, em sua grande maioria, conteúdos que abordam aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais das sementes. No entanto, apenas três são direcionados para a produção e qualidade das sementes. O Brasil se encontra no topo das pesquisas, porém ainda é muito escassa a quantidade de informação científica sobre essa temática, o que mostra a importância de se avançar nessa linha de pesquisa.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, revisão bibliográfica, Vosviewer, sementes certificadas.

2.1 INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma das práticas que visa a produção agrícola conservacionista. Na Era Cristã, era utilizada visando a recuperação de áreas degradadas. Essa técnica consiste na utilização de espécies vegetais, principalmente leguminosas, em rotação ou consórcio, com finalidade de promover benefícios para o solo e para a cultura de interesse agrônômico, sendo essencial para modelos de agricultura que têm, dentre outros princípios, a conservação do solo e da água e a otimização de processos biológicos (Espindola, 2005; Wildner, 2014). Além disso, essa prática proporciona a melhora dos atributos químicos (Abera e Gerkabo, 2019; Ambrosano et al., 2016), físicos (Wenneck et al., 2017) e biológicos dos solos (Alves et al., 2014; Zhou et al., 2019).

Em seus estudos, pesquisadores identificaram que, localmente, os adubos verdes são capazes de fornecer, regular e apoiar importantes serviços ecossistêmicos como, por exemplo, a redução da amplitude térmica dos solos (Tittonell, 2020; Trevisan et al., 2021), o estímulo ao controle biológico de insetos pragas (Lopes et al., 2016) e a mudança na dinâmica das plantas daninhas, agindo na sua supressão (Cox e Cherney, 2018; Baldivieso et al., 2018; Mohler et al., 2018). Além disso, pode contribuir no favorecimento e, também, na redução dos custos da produção agrícola. A utilização dos adubos verdes podem reverberar na diminuição da dependência dos produtores, principalmente da agricultura familiar, em relação a insumos externos.

Dentre os principais desafios encontrados para a difusão da adubação verde, está a baixa disponibilidade de sementes certificadas e seus altos valores comerciais (Matrangolo, et al., 2009; Teodoro e Neves, 2022). Juntamente a isso, há carência de informações científicas que tratem sobre a produção e qualidade de sementes de adubos verdes. É de grande importância o avanço do conhecimento científico relacionado a essa temática, visto que isso possibilita o desenvolvimento de melhores tecnologias para as práticas de manejo, para questões como melhoramento vegetal, controle de qualidade pré e pós- colheita e análises de sementes (Bino et al., 1998; Marcos Filho, 2015). A quantidade limitada de artigos científicos publicados que trazem uma abordagem científica direcionada a aspectos relacionados à produção e qualidade de sementes destas espécies colaboram para a diminuição do seu potencial de uso e da sua viabilidade de aplicação dentro da agricultura nacional.

O feijão-de-porco é uma planta de cobertura utilizada em diferentes regiões do país, tendo grande relevância por suas características como, por exemplo, a sua capacidade de fixação de nitrogênio, a sua rusticidade, a resistência à seca, a

adaptação a solos ácidos e de baixa diversidade e seus efeitos alelopáticos em plantas invasoras (Calegari, 1993; Padovan et al., 2011; Wutke et al., 2007; Calegari, 1993). Alguns pesquisadores tem trabalhado com o feijão-de-porco em diversos aspectos fitotécnicos e de aplicação, como em consórcios (Teixeira, 2005; Carvalho, 2013; Saldanha, 2017) e na rotação de culturas (Gomes, 2010; Merloti, 2015, Rodrigues, 2004;). Entretanto, para esta espécie, os estudos voltados para as suas sementes ainda são muito limitados.

Desenvolver pesquisas e aprimorar estratégias que visam a qualidade e a produção de sementes é interessante não apenas para fortalecer o mercado interno de sementes certificadas, mas também para beneficiar os pequenos produtores, que produzem suas próprias sementes.

Sendo assim, compreender a situação das pesquisas mundiais que envolvem a produção de sementes dos adubos verdes é uma importante estratégia para incentivar, direcionar e desenvolver novos estudos dentro dessa temática, buscando, assim, sanar as dificuldades aqui mencionadas e estimular cada vez mais a utilização dessa prática na agricultura. Tendo isto em vista, objetivou-se com esta pesquisa entender, por meio de uma revisão sistemática, o status da pesquisa científica que envolve a qualidade e a produção de sementes de feijão-de-porco no mundo.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em julho de 2023. O levantamento de artigos para a revisão sistemática foi realizado na base de dados *Web Of Science*, selecionada por ser, atualmente, a base mais completa no que se trata de literatura científica a nível mundial, possuindo grande confiabilidade e visibilidade internacional. Para realizar a busca de artigos, foram definidos termos que buscaram, utilizando os operadores booleanos “or” e “and”, visando buscar pesquisas que estivessem em alinhamento com o objetivo deste trabalho. Foram utilizados, em busca única, os seguintes termos de busca, objetivando um rastreamento completo e acurado: ("physiological quality*") or ("germination*") or ("vigor*") or ("seed* production*") or ("seed* maturation*") or ("seed* quality*") and ("*Canavalia ensiformis**") or ("jack bean*").

Após a utilização dos termos de busca, a base realizou o levantamento de 68 trabalhos. Primeiramente, estes trabalhos foram avaliados um a um, considerando como critério de inclusão as pesquisas que abordavam sobre tecnologias e conhecimentos relacionados à produção e/ou qualidade de sementes de feijão-de-porco. Pesquisas que não se enquadravam com este objetivo foram desconsideradas,

sendo utilizados como critérios de exclusão, pesquisas que tratavam do efeitos do feijão-de-porco sobre outras culturas ou estudos de fitotecnia sobre a espécie, tal como, resultados do feijão-de-porco em consórcio e como planta de cobertura, dos efeitos dos extratos da planta na alelopatia e como inibidores de fitopatógenos, da utilização da espécie para recuperação de áreas degradadas e na supressão de plantas daninhas. Também foram excluídos os trabalhos que não falavam sobre feijão-de-porco, sendo seu nome citado a título de exemplo ou casos parecidos. Após a seleção, verificou-se que 27, dos 68 trabalhos levantados, traziam estudos dirigidos para sementes de feijão-de-porco.

Posteriormente, com os 27 trabalhos selecionados, foi realizada uma análise, a fim de entender quais os rumos das pesquisas com sementes de feijão-de-porco. Para isso, foi realizado o levantamento do espaço temporal das publicações, dos autores e palavras chaves e as relações entre eles, das revistas e dos países que estão publicando os artigos sobre o tema proposto. As pesquisas foram categorizadas de acordo com os seguintes temas norteadores: fisiologia e bioquímica de sementes, farmacologia, propriedades nutricionais, genética, alelopatia e produção e qualidade de sementes. As análises das conexões das autoria e das palavras-chave foram realizadas utilizando o *software Vosviewer*. Este programa permite a construção de uma rede que permite a visualização de similaridade, permitindo a realização de uma análise baseado na distância entre os pontos, que retratam a força da relação/similaridade entre eles, ou seja, quanto mais próximo os pontos, maior a conexão entre eles. As linhas traçadas facilitam a visualização das conexões (VAN ECK; WALTMAN, 2010).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista a distribuição das publicações, o ano de 1988 foi o que deu início as pesquisas relacionadas a sementes de feijão-de-porco, sendo dois trabalhos publicados. Em seguida houve uma constância em relação as publicações, sendo um artigo publicado por ano, nos anos de 1996 a 2007, com excessão dos anos de 1995 e 2005. Em 2008 nota-se o maior pico de publicações, tendo 3 artigos publicados dentro da temática. Nos anos que seguem, as publicações seguem baixas, tendo no ano de 2013, 2018 e 2023 duas publicações, porém, ainda sem grandes avanços (Figura 1).

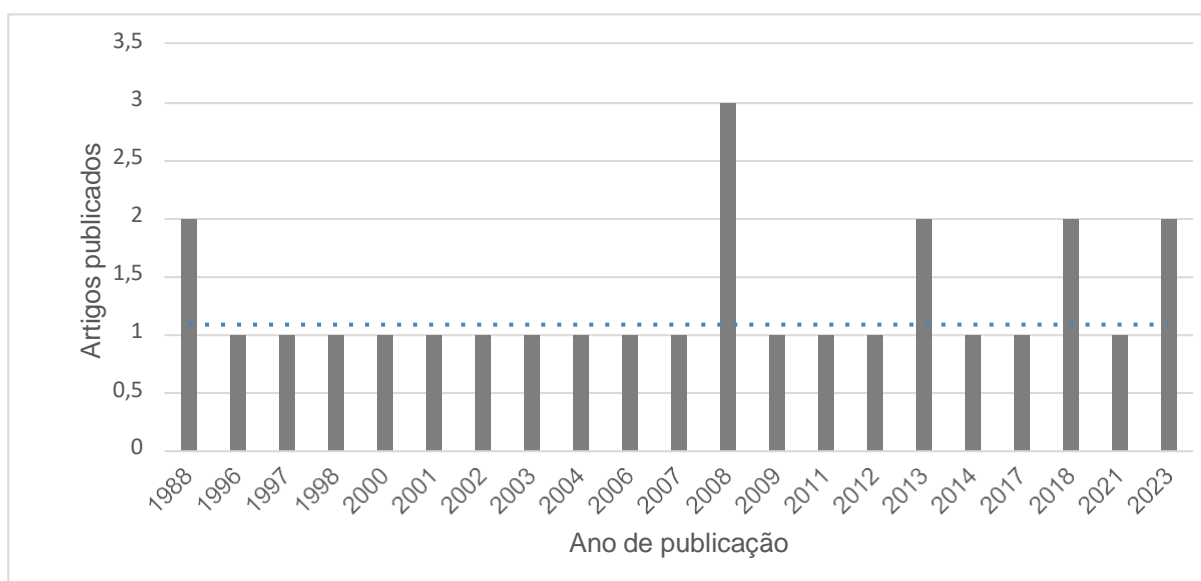


Figura 1: Número de artigos publicados por ano sobre estudos de sementes de *Canavalia ensiformis*, indexados a *Web of Science*.

No que se refere a autoria, no topo com mais artigos publicados, até o momento, nessa linha de estudos é a Dra. Carmen Cuadrado (Cuadrado, C.), tendo quatro publicações. A autora tem sua pesquisa direcionada para questões de nutrição e ciência e tecnologia de alimentos. Em seguida, estão os autores Aguilera Y., Ayet G., Benítez V., Burbano C., Carlini C.R., Diaz M.F., Martin-cabrejas M.A., Muzquiz M., Oboh H.A., Osagie A.U. e Pedrosa M.M., com 3 publicações cada (Figura 2). É importante salientar que alguns desses autores trabalharam juntos em algumas publicações e, nestes casos de co-autorias, é computado um artigo para cada um dos autores.

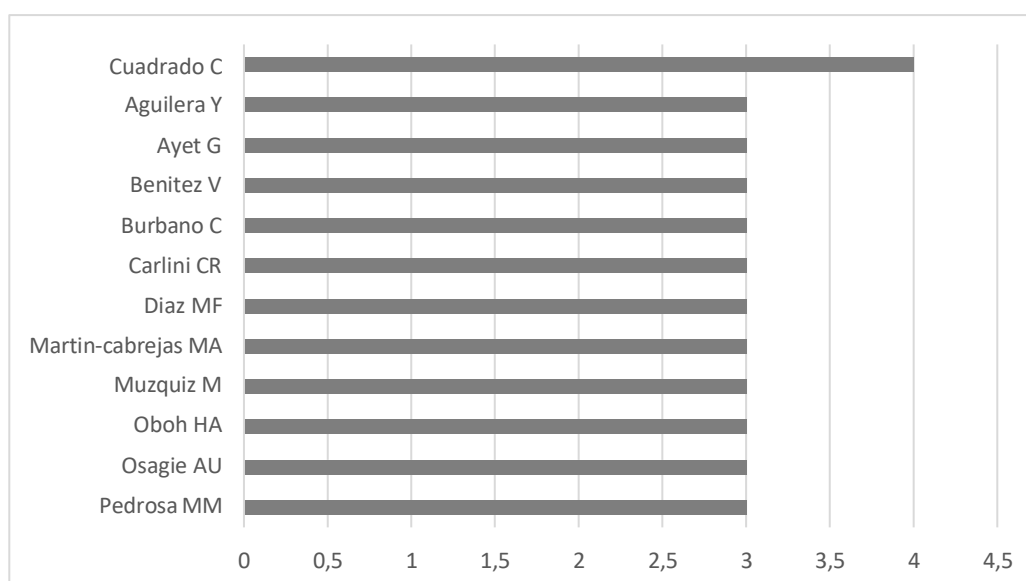


Figura 2. Autores com mais publicações relacionadas ao estudo de sementes de *Canavalia ensiformis*, indexados a *Web of Science*.

Por meio de uma representação gráfica feita pelo programa VOSviewer (Figura 3), observa-se um mapa de relações entre os autores que mais publicam sobre sementes de feijão-de-porco. Neste caso, observa-se alguns pontos nesta relação de co-autoria, ou seja, nos vínculos existentes entre os autores. Nota-se a existência de dois clusters, representado pelas cores, em que pode-se perceber que as autoras Vanesa Benitez (benitez,vanessa) e Yolanda Aguilera (aguilera,yolanda), no centro, com um maior número de conexões entre os outros autores, conseguindo transitar entre as linhas de trabalho. A autora líder nas publicações, Carmen Cuadrado (cuadrado,carmen), possui maior similaridade com as autoras Tania Jimenez (jimenez,tania), Mercedes Martin-Pedrosa (martin-pedrosa,mercedes) e Teresa Herrera (herrera,teresa). Contudo, apesar de haver dois clusters, há também uma certa distância entre os autores, notado principalmente no cluster vermelho, mostrando a dinâmica da relação de similaridade.

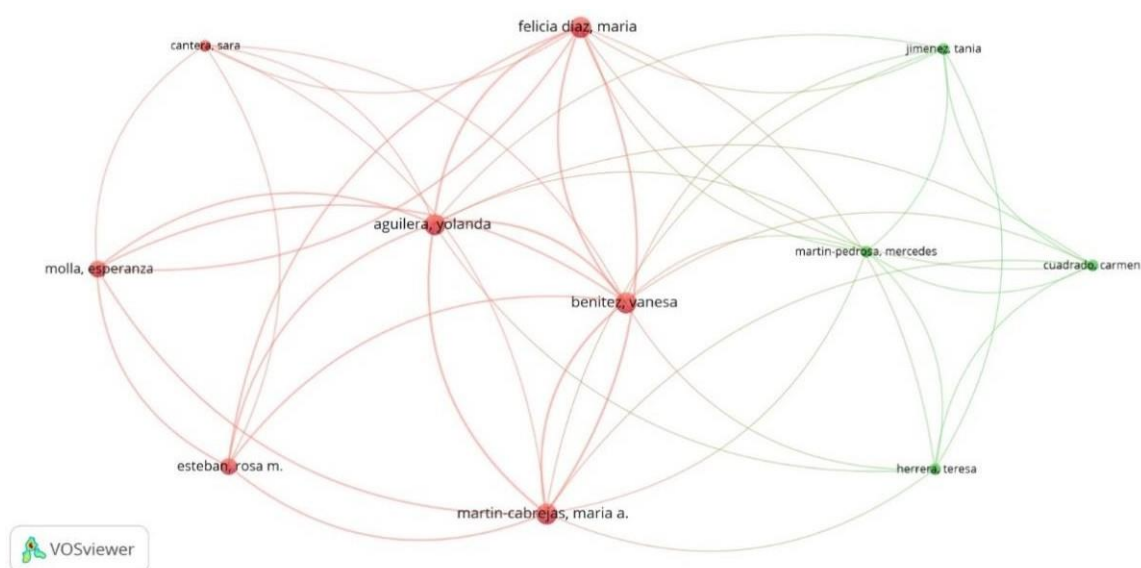


Figura 3. Relação de co-autoria nas publicações ligadas ao estudo de sementes de *Canavalia ensiformis*, indexados a *Web of Science* até o ano de 2023.

Os 27 artigos estão distribuídos em 14 categorias da Web of Science, sendo a maioria das publicações divididas entre: Tecnologia de Ciência de Alimentos, Ciências Vegetais, Química Aplicada e Nutrição Dietética, com 13, 7, 6 e 6 artigos, respectivamente, sendo alguns deles incluídos em mais de uma categoria. Os trabalhos também ficaram divididos em 11 áreas de pesquisa, sendo as principais nomeadas igualmente às categorias.

Até o momento, o Brasil está no topo dos países que mais publicaram sobre o

tema, sendo sete artigos, em seguida estão a Espanha e Nigéria, com 6 e 4 publicações, respectivamente. Cuba, Indonésia e Malásia, tiveram, cada um, 3 publicações até o momento. (Figura 4). É importante ressaltar que houveram artigos que trouxeram parcerias entre pesquisadores de diferentes países.

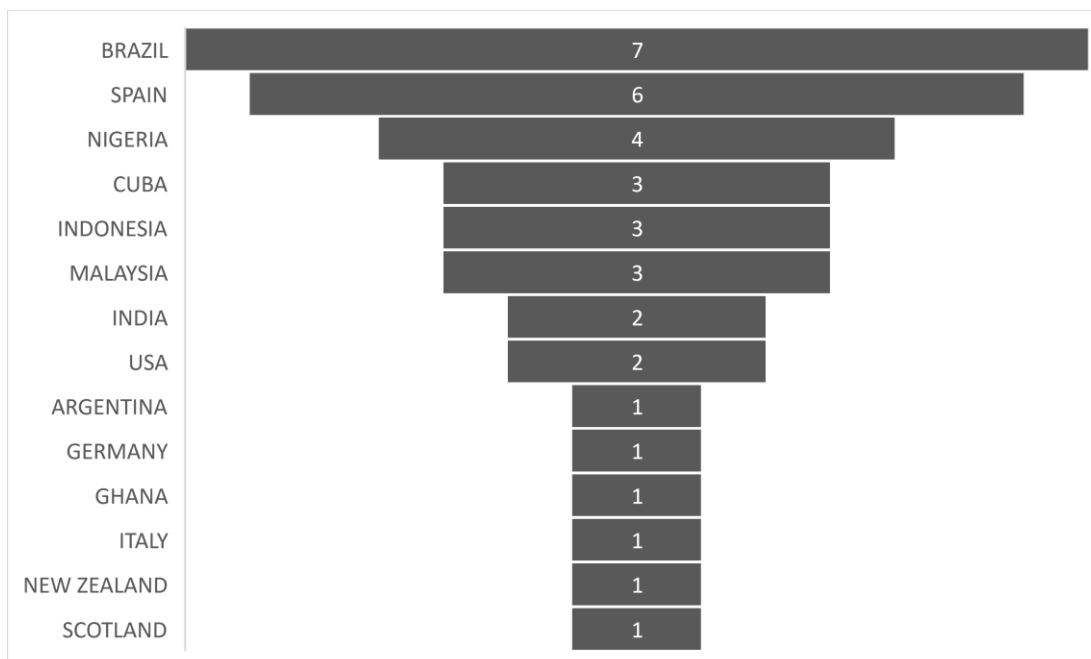


Figura 4. Principais países que publicaram pesquisas voltadas a sementes de *Canavalia ensiformis*, indexados a *Web of Science* até o ano de 2023.

Vinte e cinco revistas foram responsáveis pela publicação dos 27 artigos levantados, sendo elas: *Food chemistry*, *Plant foods for human nutrition*, *African journal of biotechnology*, *Allelopathy journal*, *Biological agriculture horticulture*, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *Current research in nutrition and food science*, *Eaap european association for animal production publication*, *Ecology of food and nutrition*, *Food research international*, *Food science and biotechnology*, *Food science nutrition*, *International journal of food science and technology*, *Journal of agricultural and food chemistry*, *Journal of environmental science and health part b pesticides food contaminants and agricultural wastes*, *Journal of experimental botany*, *Journal of food composition and analysis*, *Lwt food science and technology*, *Phytochemistry*, *Plant and cell physiology*, *Plant growth regulation*, *Plant molecular biology*, *Processes*, *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rapeseed* e *Revista caatinga*, sendo as duas primeiras, responsáveis por dois artigos cada.

Em relação às palavras-chaves, utilizadas nos 27 artigos selecionados, é possível observar a rede de co-ocorrências entre elas (Figura 5). Pode-se observar a

ocorrência de três clusters (azul, verde e vermelho), no qual demonstram os grupos em que há uma maior conexão em relação as pesquisas. Há o grupo azul, que dialogam mais com fatores relacionados a alimentação e fatores nutricionais, mostrando as palavras-chaves “*antinutritional factors*”, “*lentils*”, “*beans*” e “*cooking*”. O grupo verde que, possivelmente, está mais relacionado as propriedades fisiológicas e bioquímicas do feijão-de-porco, contendo as palavras “*protein*”, “*proteins*”, “*starch*”, “*functional-properties*” e “*germination*”, sendo esta última, a palavra-chave de maior utilização entre os artigos e que realiza o maior número de conexões entre os três grupos. Por fim, o grupo vermelho mostra as palavras-chaves “*seeds*”, “*jack bean*”, “*Canavalia ensiformis*”, “*toxic protein*”, “*proteolytic activation*” e “*canatoxin*”, o que mostra que estas palavras estão mais relacionados a estudos sobre compostos químicos das sementes.

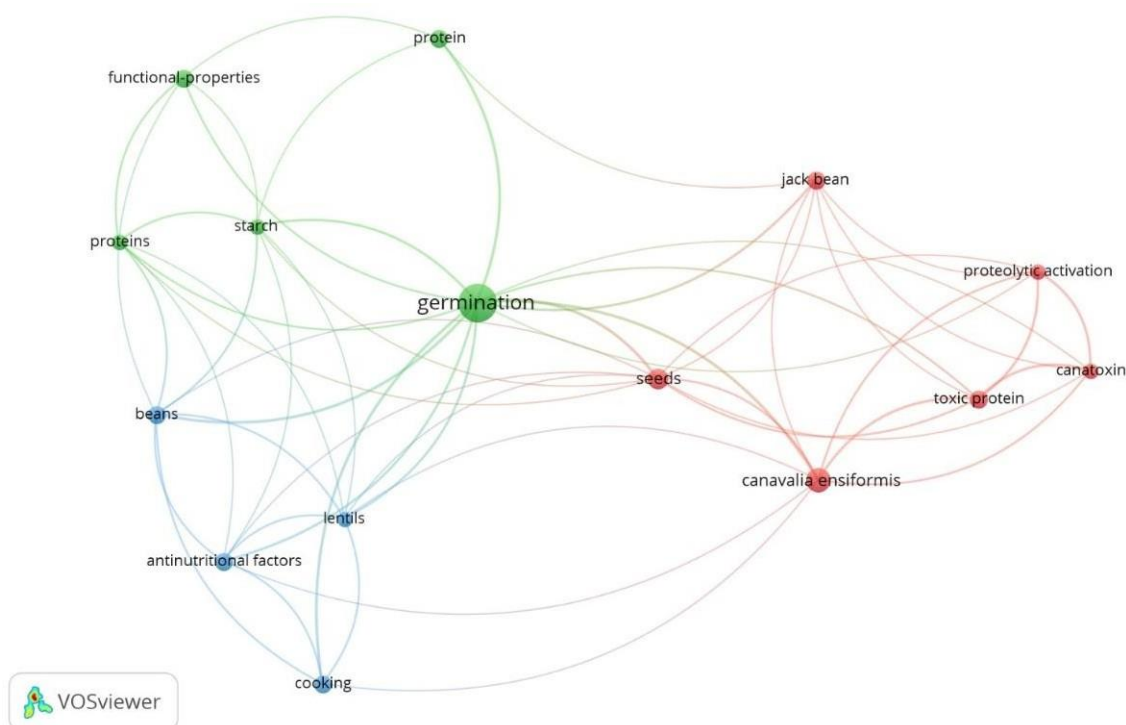


Figura 5. Co-ocorrência das principais palavras-chave presentes nas publicações ligadas ao estudo de sementes de *Canavalia ensiformis*, indexados a Web of Science até o ano de 2023.

Dentre os temas norteadores das pesquisas, a maioria dos artigos publicados abordam questões sobre fisiologia e bioquímica de sementes (46%) e sobre propriedades nutricionais das sementes (36%), totalizando 82% da publicações selecionadas de *C. Ensiformis*. Entretanto, observa-se que apenas 8% dos artigos publicados, representando um total de três artigos, abordam sobre produção e

qualidade de sementes (Figura 6).

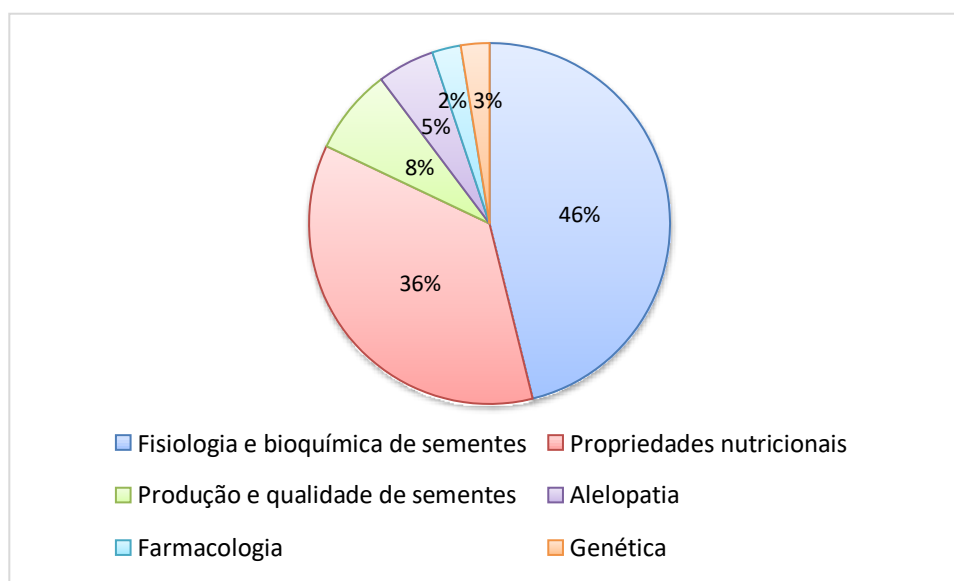


Figura 6: Temas norteadores das pesquisas relacionadas a sementes de *Canavalia ensiformis*, indexados a *Web of Science* até o ano de 2023.

Dos três trabalhos relacionados a produção e qualidade de sementes, dois foram desenvolvidos no Brasil. O primeiro artigo publicado é intitulado '*Insulin accelerates seedling growth of Canavalia ensiformis (Jack bean)*', dos autores Antônia EA Oliveira, Elane S. Ribeiro, Maura da Cunha, Valdirene M Gomes, Kátia VS Fernandes e José Xavier-Filho, publicado pela revista *Plant Growth Regulation*, no ano de 2004. Neste trabalho, é relatado a presença de substâncias homólogas à insulina na camada interna do tegumento do feijão-de-porco e, em suas avaliações foram demonstrados que a insulina (adicionada de mamífero), o sulfato de vanádio (um composto mimético da insulina), a tirfostina (um inibidor da atividade do receptor de insulina quinase), o pinitol (um análogo do quiro-inositol) e a glicose, aplicados durante teste de germinação em placa de petri, foram capazes de acelerar o desenvolvimento da radícula e do epicótilo das plântulas de *Canavalia ensiformis*.

O segundo artigo publicado desenvolvido no Brasil foi '*Assessment of legumes with potential use as green manure in the coastal tablelands of Piauí State, Brazil*', dos autores Mario Sérgio Teodoro, Karina Neob de Carvalho Castro e João Avelar Magalhães, publicado pela Revista Caatinga, no ano de 2018. Foram avaliados o comportamento de sete leguminosas na região dos Tabulados Costeiros do Piauí, dentre elas, o *C. Ensiformis*. Neste trabalho foram observados o ciclo fenológico e a produtividade de fitomassa das leguminosas. A germinação, a floração e a maturação das vagens também foram estudadas nesse experimento. Foi observado um período

de 52 e 75 dias após a semeadura (DAS) para o início da floração e a plena floração de *C. ensiformis*, respectivamente.

O terceiro trabalho relacionado a produção e qualidade de sementes foi realizado na Nigéria, sendo intitulado '*Evaluation of jackbean (Canavalia ensiformis) lines derived from natural crossing with swordbean (Canavalia gladiata)*', da autora Emebiri, L.C., publicado no ano de 1996, pela revista *Biological Agriculture & Horticulture*. A pesquisa dessa autora aborda assuntos relacionados a agricultura, ciências vegetais, genética e hereditariedade, ciência e tecnologia de alimentos, ciências ambientais e a ecologia. Neste artigo, a autora relata o crescimento, rendimento de biomassa, nodulação e qualidade de sementes de linhagens derivadas do cruzamento natural do feijão-de-porco com o feijão-espada. Constatou-se que o crescimento da cultura foi altamente significativo em três seleções da população híbrida em relação ao parental feijão de porco, tendo índices de superioridade de 122,7% a 320,5%. O tamanho da semente permaneceu inalterado em uma das seleções (JS 103), porém reduzido em 5,6–22,2% nas outras duas seleções. Houve um aumento na fração de revestimento da semente pela introgressão gênica do feijão-espada, tendo seleções (como JS 102) obtendo um aumento de 50,4%.

2.4 CONCLUSÕES

Apesar de ainda haver poucos trabalhos publicados, o Brasil assume posição de destaque nas pesquisas relacionadas a produção e qualidade de sementes de feijão de porco. Atualmente, aspectos relacionados a fisiologia, bioquímica e as propriedades nutricionais das sementes são os temas mais abordados nas pesquisas. No que se refere a produção e qualidade de semente, há apenas três estudos, vinculados a *Web of Science*, relacionados a temática proposta, o que expressa a necessidade de desenvolver pesquisas para o fomento dessa área.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERA, G.; GERKABO, H. Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties, **Archives of Agronomy and Soil Science**, 67:3, 397-409, 2021 DOI:10.1080/03650340.2020.1733536

ALVES, J. M., MARTINS, R. C., FREITAS, R. A., BARRELA, T. P., & CAMPOS, A. N. R.; Efeito da adubação verde com espécies herbáceas e arbóreas na micorrização do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**. 4(1), 11-16., 2014.

AMBROSANO, E. J., ROSSI, F., SALGADO, G. C., OTSUK, I. P., & TRIVELIN, P. C. O. Teores de nutrientes e transferência de nitrogênio no tomate orgânico em cultivo

intercalar com adubo verde e aplicação de homeopatia. **Cadernos de Agroecologia**. 11, 2016.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Pesquisa Setorial In: ABRANCHES, M. O., SILVA, G. A. M., SANTOS, L. C., PEREIRA, L. F. FREITAS, G. B.; **Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetable**, 2020 www.anda.org.br

BALDIVIESO-FREITAS, P., BLANCO-MORENO, J. M., ARMENGOT, L., CHAMORRO, L., ROMANYA, J., SANS, F. X. Crop yield, weed infestation and soil fertility responses to contrasted ploughing intensity and manure additions in a Mediterranean organic crop rotation. **Soil Till.** 2018; 180:10–20.

BINO, R. J.; JALINK, H.; OLUOCH, M. O.; GROOT, S. P. C. Seeds research for improved technologies. **Sciencia Agricola**, v.55 n. especial, p 19-26, 1998.

CALEGARI, A.; **Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes**. In: Filho, O. F. de L.; AMBROSANO, E. J.; e prática. 1º ed. Brasília: Embrapa, v.1, cap. 1, p. 21-36, 2014.

CARVALHO, W. P. de et al. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, p. 157-166, 2013.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B. Cultivo consorciado de milho com Puerária (*Pueraria phaseoloides* (Roxb. Benth.)). In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.

COX, W. J., CHERNEY, J. H. Agronomic comparisons of conventional and organic maize during the transition to an organic cropping system. **Agronomy**. 2018; 8(7):1-16.

ESPINDOLA, J. A., GUERRA, J. G., DE-POLLI, H., De Almeida, D. L., & Abboud, A. D. S. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa Infomação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.

GOMES, Cesar Bauer et al. Avaliação do potencial de coberturas verdes e de sistemas de rotações de cultura na supressão do nematoide anelado (*Mesocriconema xenoplax*) em pré-plantio ao pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 074-081, 2010.

LOPES, P. R.; REZENDE, A. P. C.; CRESPI, D.; GALATA, R. F.; GALATA, R. F.; DA SILVA, F. X.; CRUZ, M. S. S.; DOS SANTOS, J. D.; KAGEYAMA, P. Y. **Princípios e ferramentas para o desenho e manejo de hortas agroecológicas: experiências do projeto assentamentos agroecológicos no extremo sul da Bahia. Retratos de Assentamentos**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 175-207, 2016.

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

MATRANGOLO, W. J. R., NETTO, D. A. M., FRANÇA, F. C. T., PURCINO, H. M. A.

C., PEREIRA FILHO, I. A., MOREIRA, J. A. A., ... & ALBERNAZ, W. M. O Programa Bancos Comunitários de Sementes de Adubos Verdes em MG. **Revista Brasileira de Agroecologia**, vol. 4, n. 2, p. 2936-2939, 2009.

MERLOTI, Luis Fernando et al. Produção do Feijoeiro cv. IAC Tunã sob Doses de Nitrogênio e de Rotação de Culturas com Leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2015.

MOHLER, C. L., CALDWELL, B. A., MARSCHNER, C. A., CORDEAU, S., MAQSOOD, Q., RYAN, M. R., DITOMMASO, A. Weed seedbank and weed biomass dynamics in a long-term organic vegetable cropping systems experiment. **Weed Science**. 2018; 66:611–626.

PADOVAN, M. P., MOTTA, I. D. S., CARNEIRO, L. F., MOITINHO, M. R., & FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 182-190, 2011.

Rodrigues, J., Alves, R., Lopes, O., Teixeira, R., e Rosa, E. **A Importância do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no município pio de Ponta -de-Pedras/Marajó-PA** . Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (Belém, PA: INFOTECA-E) 2004.

SALDANHA, Eduardo César Medeiros et al. Consórcio milho e feijão-de-porco adubado com NPK no nordeste do Pará. **Global Science and technology**, v. 10, n. 1, 2017.

TEIXEIRA, Cícero Monti et al. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 93-99, 2005.

TEODORO, Mauro Sergio; NEVES, Pedro Pereira. Banco de sementes de adubos verdes. – **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.5, n.1, p. 1279-1285, 2022.

TITTONELL, Pablo. Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. **Agricultural Systems**, v. 184, p. 102862, 2020.

TREVISAN, M. et al. Temperatura e umidade do solo no consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis* e *Cajanus cajan* em sistema orgânico. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e539101422443, 13 nov. 2021.

WENNECK, G. S., TELES, M. S., SAATH, R., FRANÇOSO, R. V., & SILVA, F. C. Avaliação das propriedades físicas em diferentes sistemas de cultivo no município de Glicério-SP. **Anais X EPCC**. 2017.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

WILDNER, L. do P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. editores técnicos. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. V. 2 (478 p.).

ZHOU, T., JIAO, K., QIN, S., & LYU, D. The impact of cover crop shoot decomposition on soil microorganisms in an apple orchard in northeast China. **Saudi Journal of Biological Sciences**. 26(8), 1936-1942, 2019.

3. CAPÍTULO 2 – ÉPOCA DE COLHEITA E POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO

RESUMO

O feijão-de-porco é uma leguminosa utilizada como adubo verde em várias regiões do Brasil. Entretanto, apesar da sua grande importância e potencial de uso, a baixa disponibilidade de sementes certificadas e seu alto custo são um grande entrave para a difusão desta tecnologia. Objetivou-se com este trabalho determinar o melhor ponto de colheita das sementes de feijão-de-porco, com base no marcador morfológico “coloração das vagens” e realizar, por consequência, a caracterização do processo de maturação de sementes. Para tal, um campo para produção das sementes foi instalado em área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos. Os tratamentos (coloração das vagens) foram: vagens verdes (P1), amareladas (P2) e marrons (P3). Após a colheita, realizada quando as vagens alcançaram cada um desses pontos de coloração, estas foram avaliadas quanto à coloração (analisada no colorímetro), massa e comprimento. Posteriormente, as sementes foram extraídas e avaliou-se o comprimento, largura e espessura, passando, em seguida, pelas avaliações para determinar seu potencial fisiológico, sendo elas: massa de 1000 sementes, teor de água, massa de matéria seca, germinação, emergência de plântula, índice de velocidade de emergência, comprimento de plântula, massa de matéria seca de raiz e parte aérea e condutividade elétrica. Não houve diferenças significativas nos parâmetros biométricos das sementes e no comprimento das vagens. Foi observado aumento na perda de água por conta do processo de maturação, atingindo na coloração amarelada a maior massa de massa de matéria seca. Não houve germinação no ponto de vagens verdes, diferentemente daquela de coloração amarelada, em que se obteve maior germinação, assim como também os melhores parâmetros de vigor, comparado aos demais pontos. Conclui-se que o ponto de maturidade fisiológica em sementes de feijão-de-porco podem ser caracterizado morfológicamente pelas vagens amareladas. Contudo, devido ao teor de água da semente, o ponto indicado para colheita é, possivelmente, o ponto intermediário entre vagens amarelas e marrons.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, marcador morfológico, potencial fisiológico, maturação.

3.1 INTRODUÇÃO

Os adubos verdes tem sido utilizados visando a melhoria dos atributos químicos (Abera e Gerkabo, 2019; Ambrosano et al., 2016), físicos (Wenneck et al., 2017) e biológicos dos solos (Alves et al., 2014; Zhou et al., 2019). O uso da adubação verde é uma importante estratégia em sistemas de produção de alimentos sustentáveis, sendo capaz de fornecer, regular e apoiar importantes serviços ecossistêmicos e contribuir com a redução dos custos de produção (Calegari, 2014; Tiftonell, 2020; Trevisan et al., 2021). Dentre os adubos verdes, há o feijão de porco. O feijão-de-porco é utilizado como adubo verde em diversas regiões do Brasil, por seu grande potencial de adaptabilidade em várias condições climáticas adversas, além de ser um importante aliado no sistema de plantio direto (Duarte Júnior & Coelho, 2008; Padovan et al., 2011). Esta planta é uma leguminosa anual ou bianual, ereta, herbácea, com crescimento inicial rápido e potencial para fixar entre 57 a 190kg por hectare de nitrogênio (Wutke et al., 2007; Calegari, 1993).

Apesar de trazerem importantes benefícios para a produção agrícola, a utilização dos adubos verdes encontram alguns fatores limitantes, como o difícil acesso, a baixa disponibilidade e os altos valores das suas sementes (Matrangolo, et al., 2009; Teodoro e Neves, 2022). As sementes são um veículo de multiplicação vegetal, sendo de extrema importância os avanços das pesquisas, tanto nas práticas de manejo, quanto nas análises de sua qualidade (Marcos-Filho, 2015). No Brasil, a pesquisa sobre a produção de sementes de adubos verdes é escassa, o que evidencia a importância e necessidade de movimentar essa área de pesquisa visando desenvolver o mercado interno e superar os desafios produtivos.

O uso de sementes de adubos verdes de qualidade é de extrema importância pois possibilitará, sob condições ideais, a formação de um bom estande de plântulas vigorosas. Entretanto, as sementes, durante o seu período de maturação são altamente sensíveis às condições ambientais e ao manejo da colheita, podendo resultar em uma baixa qualidade fisiológica após a colheita em uma época errada (Lobo Júnior et al., 2013). O processo de maturação das sementes compreende as mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem entre a fertilização e o momento da maturidade fisiológica, período em que as sementes apresentam o máximo potencial fisiológico e tornam-se independentes da planta-mãe. Também é neste período em que ocorre o maior acúmulo de matéria seca, tendo a formação completa dos sistemas bioquímico, morfológico e estrutural. Esta etapa é variável entre espécie e, até mesmo dentre elas (Barbedo et al., 1999; Gomes, 1995; Hartmann et al., 1997;

Nerson, 1991; Alvarenga et al., 1991).

A determinação da maturidade fisiológica de extrema relevância para determinar a época de colheita, uma importante etapa no processo produtivo da semente, dado que a permanência das sementes no campo, após a maturidade fisiológica, está associada a perdas na germinação e no vigor, conseqüentemente, na produtividade (Dias, 2001; Diniz et al, 2013; Pelúzio et al., 2008). Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa qualidade da semente, estão as temperaturas elevadas na secagem, os danos mecânicos e o atraso na colheita (Vieira et al., 1993).

Estabelecer a época de colheita para os adubos verdes visando o máximo potencial fisiológico das sementes é particularmente desafiador. Muitas espécies apresentam o hábito de crescimento indeterminado, o que dificulta o acompanhamento e estabelecimento da época do seu florescimento, podendo levar a colheita de sementes imaturas, como é o caso do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L. DC).. Para chegar na decisão do momento ideal de colheita é necessário compreender o processo de maturação, feito por meio da avaliação de variáveis obtidas com o acompanhamento do desenvolvimento das sementes, com base nas modificações que ocorrem nas suas características físicas, fisiológicas e bioquímicas, como tamanho, teor de água, conteúdo de massa seca acumulada, germinação e vigor (FOWLER e MARTINS, 2001). Para Passos (2012), o estabelecimento de marcadores morfológicos, como a coloração das vagens por exemplo, poderia auxiliar o produtor na decisão da melhor época de colheita das sementes, visando a obtenção de sementes no seu maior potencial fisiológico.

É sabido que a percepção de cores é diferente para cada indivíduo, podendo esta ser subjetiva. Contudo, há casos em que a informação da cor de um determinado objeto necessita ser declarada de forma precisa e padronizada. Para isso, pode ser feita a utilização de um colorímetro, que irá medir os espaços de cores e expressá-los em alguma notação, tal como em números (Melchiades e Boschi, 1999).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho determinar o melhor ponto de colheita das sementes de feijão-de-porco, com base no marcador morfológico “coloração das vagens” e realizar, por consequência, a caracterização o processo de maturação de sementes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local

As sementes foram produzidas em área experimental pertencente ao Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), localizado no campus de Araras, SP (latitude 22°18'27,75" Sul e longitude 47°23'09,83" Oeste), altitude de 665 m. O clima é o Cwa, tropical úmido, com verões quentes e invernos secos (KÖPPEN, 1948). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico latossólico de textura argilosa (YOSHIDA e STOLF,2016). Para a caracterização química do solo, foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20cm. Não se fez necessário a realização adubação e de calagem, pois a área utilizada é uma área experimental de plantios orgânicos, com alta fertilidade.

As avaliações nas vagens e sementes recorrentes de cada umas das colheitas foram realizadas no Laboratório de Agricultura Orgânica pertencente ao Departamento de Tecnologias Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAISeR) do CCA, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras.

3.2.2 Produção de sementes

As sementes de feijão-de-porco utilizadas para a instalação do experimento foram adquiridas da empresa BRSEEDS. A área destinada para a produção de sementes foi de 300 m² com preparo de solo baseado em aração e gradagem. Após o preparo do solo, os sulcos foram abertos no espaçamento de 0,5 m entre linhas.

As sementes foram semeadas na primeira quinzena de novembro de 2022, na densidade de 3 sementes por metro. As sementes não foram inoculadas com *Rhizobium* sp. e não foi realizada a adubação. O primeiro manejo das plantas espontâneas foi realizado 30 dias após semeadura, com capina manual. Após este período, o manejo foi realizado regularmente, conforme necessidade.

O florescimento das plantas iniciou nas primeiras semanas de janeiro de 2023, atingindo 50% de floração na última semana do mesmo mês. As vagens começaram sua formação em fevereiro. A partir do aparecimento da primeira vagem, visitas regulares foram realizadas para o acompanhamento do desenvolvimento das vagens e para o procedimento das colheitas em cada um dos pontos de desenvolvimento das vagens.

3.2.3 Determinação dos tratamentos (pontos de coloração das vagens)

A determinação dos pontos de colheita (tratamentos) foi por meio da

observação visual da coloração das vagens (Tabela 1), determinando-se 3 pontos de colheita. A escolha destes pontos se deu mediante observação prévia das etapas de desenvolvimento das vagens de feijão-de-porco, considerando também as características das sementes, afim de possibilitar a avaliação da maturação das sementes e determinar o melhor ponto de colheita.

Tabela 1. Classificação do ponto de coloração das vagens de feijão-de-porco

PONTO DE COLORAÇÃO	DESCRIÇÃO	FOTO ILUSTRATIVA
Ponto 1 Vagens Verdes	Coloração totalmente verdes	
Ponto 2 Vagens Amareladas	Coloração amarelada, na fase inicial de amadurecimento	
Ponto 3 Vagens Marrons	Coloração totalmente Marrom, vagens secas	

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. As colheitas das vagens, em cada um dos três pontos definidos, foram realizadas de maneira aleatória em toda a área experimental. As avaliações físicas e do potencial fisiológico das sementes realizadas em cada tratamento foram feitas com 4 repetições em duplicata.

3.2.4 Colheita das vagens e avaliações biométricas de vagens e sementes

As colheitas das vagens foram realizadas manualmente, com auxílio de tesoura de poda. Em cada tratamento, após as colheitas, as vagens foram homogeneizadas e divididas em 4 parcelas. Estas parcelas ficaram definidas como as repetições dos tratamentos e, em cada repetição, foram escolhidas aleatoriamente 10 vagens, que foram encaminhadas para colorimetria, a fim de se obter a determinação da sua coloração. Para isso, foi utilizado o colorímetro modelo CM-25d Konica minolta. Os resultados dessa medição são os valores de L^* , que indica o grau de luminosidade (varia entre 0 (preto) e 100 (branco)), de a^* , que é a coordenada cromática no intervalo do vermelho ao verde ($a^* > 0$ = maior participação da cor vermelha e $a^* < 0$ = maior participação da cor verde), de b^* , que indica a coordenada cromática dentro do intervalo do amarelo ao azul ($b^* > 0$ = maior participação da coloração amarela e $b^* < 0$ = maior participação da cor azul), de C^* , que é a saturação (aumenta no sentido do centro para as bordas da figura, o seu valor é distância radial do centro até o ponto da cor) e de h° , o ângulo Hue, que expressa o ângulo do círculo de tonalidade (sentido anti-horário, começando pela cor vermelha) (Harder, 2005). Além disso, determinou-se também o comprimento das vagens, realizado por régua graduada, a massa das vagens, utilizando balança e o número de sementes por vagem.

Em seguida, as sementes foram extraídas das vagens, misturadas, a fim de se obter um lote homogêneo, e separadas em 4 parcelas, sendo estas definidas como as repetições. O mesmo processo realizado com as vagens. As sementes foram encaminhadas para as análises logo após extraídas. Assim, para cada repetição, 10 sementes foram consideradas de forma aleatória para serem avaliadas na colorimetria e avaliações biométricas de comprimento, largura e espessura.

O comprimento foi determinado considerando a maior dimensão longitudinal da semente (Figura 7A), a largura foi determinada como a extensão entre o hilo e o lado oposto ao hilo, de maneira perpendicular ao comprimento (Figura 7B) e a espessura foi considerada como a menor extensão transversal da semente (figura 7C). Para as essas determinações utilizou-se de paquímetro.

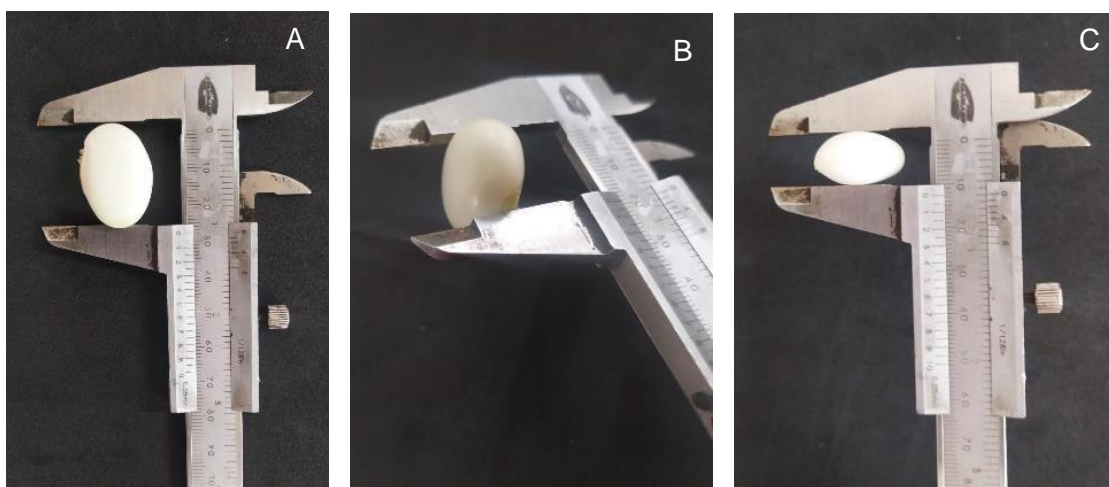


Figura 7. Exemplo da determinação do comprimento(1A), da largura (1B) e da espessura (1C) da semente de feijão de porco.

3.2.5 Avaliações físicas e do potencial fisiológico das sementes

Para as avaliações físicas foram realizadas as seguintes determinações:

3.3.5.1 Massa de 1000 sementes

A massa de 1000 sementes foi determinada pesando-se 2 amostras de 100 sementes, para cada repetição, em balança de precisão ($\pm 0,001$ g), adaptando-se a metodologia estabelecida na RAS – Regras de Análises de Sementes. O valor médio obtido foi multiplicado por 10 (Brasil, 2009).

3.3.5.2 Determinação do teor de água

Determinado por meio da metodologia adaptada descrita na regra de Análise de semente (RAS), no qual, para cada repetição, duplicatas de 4 sementes foram colocadas em latas de alumínio, pesadas e, posteriormente, colocadas em estufa a 105 ± 3 °C / 24 h, sendo realizado uma nova pesagem do material após a secagem. Os resultados foram expressos em porcentagem média (Brasil, 2009).

3.3.5.3 Massa de matéria Seca da semente

Conduzido conjuntamente com a determinação do teor de água das sementes, as amostras foram submetidas à secagem à $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 horas e obtendo a média da massa das subamostras expresso em grama. Os resultados foram expressos em massa de matéria seca por semente.

3.3.5.4 Teste de germinação

Para cada tratamento, amostras feitas em duplicata de 25 sementes por repetição foram distribuídas em papel germitest, umedecidos previamente com água equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação, tipo BOD, a 25°C, por um período total de oito dias, sendo a primeira contagem realizada no quinto dia após a instalação do teste e a segunda no oitavo dia (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento.

3.3.5.5 Emergência de plântulas em bandeja

Para cada repetição, duplicatas de 50 sementes foram semeadas em substrato de areia, em sulcos com 2cm de profundidade. A irrigação inicial foi feita considerando 40% da capacidade de campo do substrato, sendo esta umidade mantida por meio de irrigações diárias. No oitavo dia foi realizada a contagem de plântulas emergidas (Adaptada de Nakagawa, 1994). Foram consideradas emergidas, as plântulas no qual a alça do hipocótilo atingiram a superfície do substrato.

3.3.5.6 Índice de velocidade de emergência

Foi realizado simultaneamente ao teste de emergência de plântulas em bandeja, com a contagem diária de plântulas emergidas até o oitavo dia. O cálculo do IVE foi realizado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962) a seguir: $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + \dots + (En/Nn)$, onde, IVE = índice de velocidade de emergência; E = número de plântulas emergidas computadas nas contagens da primeira à última contagem; N = número de dias da primeira à última contagem.

3.3.5.7 Comprimento de Plântula

Para cada duplicata, foram colocadas 16 sementes dispostas no terço superior do papel germitest no seu sentido longitudinal. Os papéis foram umedecidos previamente com água equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos e posicionados verticalmente na BOD por 8 dias a 25°C. Ao final do período foi efetuada a medida das plântulas normais com o auxílio de uma régua graduada. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

3.3.5.8 Massa de matéria seca de raiz e parte aérea das plantulas

Após a avaliação do comprimento, as plântulas germinadas foram pesadas, tendo a parte aérea e as raízes separadas e foram submetidas a secagem em estufa a 60°C, por 72 horas. Os resultados foram expressos em mg/plântula (Nakagawa, 1994).

3.3.5.9 Teste de condutividade elétrica

Para esta análise, foi utilizada metodologia adaptada de Carvalho et al., 2009. Amostras de 10 sementes foram colocadas em copo plástico de 200 mL, no qual foi determinada a massa de cada amostra. Posteriormente, foi adicionado 100mL de água destilada em cada amostra, mantidos em câmara à 25 °C, por 24 horas. Após este período, foi realizada a leitura em condutivímetro. Os resultados foram expressos em $\text{mS cm}^{-1}\text{g}^{-1}$.

3.3.6 Análise dos dados

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes não passaram por nenhum período de armazenamento, sendo elas extraídas e avaliadas no mesmo dia em que as vagens foram coletadas do campo. A primeira coleta, referente as vagens verdes, foi realizada no dia 24/03/2023, a coleta das vagens amareladas foi realizada no dia 04/04/2023 e das vagens marrons, nos dias 04/04/2023 e 10/05/2023, respectivamente.

Pelos resultados da colorimetria (Tabela 2) é possível observar os valores obtidos, através da leitura do colorímetro, das vagens e sementes, em cada ponto de colheita.

Tabela 2 – Parâmetros de colorimetria das vagens e sementes de feijão-de-porco em diferentes épocas de colheita.

Colheita	Vagens				
	L*	a*	b*	C*	h°
P1	51,77B	-10,16C	35,81B	35,81B	105,831A
P2	47,87C	-5,10B	31,64C	31,64C	99,14B
P3	61,09A	-2,21A	40,85A	41,12A	92,96C
CV (%)	1,13	12,69	3,9	3,9	0,58
Colheita	Sementes				
	L*	a*	b*	C*	h°
P1	88,10A	-1,01A	11,32A	11,31A	95,61B
P2	87,62A	-0,58A	10,76A	10,83A	99,90A
P3	88,11A	-0,59A	11,06A	11,06A	88,78C
CV (%)	0,44	128,17	4,78	4,57	0,64

P1 – vagens verdes, P2 – vagens amareladas, P3 – vagens marrons.

*Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Pelos valores de luminosidade (L*), nota-se que, em relação as sementes, não houve diferença significativa no nível de claridade das amostras, todas estão mais próximas do branco absoluto (L=100). Em relação a vagem, observa-se que P3 possui coloração mais clara dentre os pontos, enquanto P2 possui a coloração mais escura. Esta mesma dinâmica é observada em relação a saturação (C*), em que, também, não apresentam diferença estatística entre as sementes, diferentemente do que acontece com as vagens, em que P3 possuem maior valor de C em comparação aos outros, ou seja, as vagens marrons possuem uma coloração mais saturada, enquanto P1 possui menos saturação. Os valores de C representam a distância do centro do diagrama até o ponto da cor. A saturação está relacionada com a concentração do elemento corante, correspondendo ao atributo de intensidade (Pathare; Opara; Al-Said, 2013). O ângulo Hue (h°) demonstra a sua posição no círculo de tonalidade, conforme demonstrado (Figura 8), em que o ângulo 0 está na coloração vermelha, o ângulo de 90° está no amarelo, o ângulo de 180°, no verde, e o ângulo de 270°, no azul. Assim, os valores de h°, juntamente com os valores de C, mostram a posição que a cor da amostra está dentro do diagrama cromático, lembrando que h parte de 0 (direção da cor vermelho). Os valores de h das sementes demonstram que P2 está com o direcionamento mais próximo ao ponto de cor amarela, enquanto P1 e P3 já passaram do ângulo de 90°, sendo P3 o que mais se aproxima da direção da cor verde. Em relação as vagens, temos P1 direcionada mais a coloração verde, quando comparada aos outros pontos.

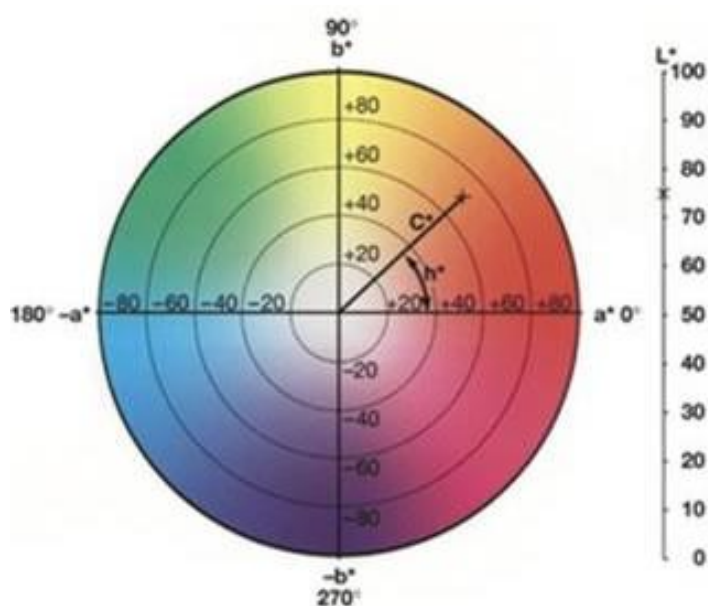


Figura 8. Espaço da cor L*C*h°
 Fonte: Ferreira e Spricigo (2017).

Em relação às coordenadas cromáticas a^* e b^* , os parâmetros de cor das sementes nos três pontos de colheita diferem pouco entre si, não chegando a ter diferença estatísticas entre os pontos de a^* e b^* , que mostram a posição que o objeto ocupa dentro do diagrama cromático (Figura 10, 12 e 14). Em relação as vagens, são observadas diferenças entre a coloração das vagens em cada ponto de colheita. Pelos valores de a^* pode-se notar que o ponto 1 apresenta-se mais ao verde quando comparados aos outros pontos de colheita. Apesar de P2 estar menos próximo do amarelo que P1, há menor presença da tonalidade verde em sua coloração. P3 se apresenta com maior presença de amarelo, quando comparado com os outros pontos, também sendo este o que mais se distancia da tonalidade verde, caminhando em direção ao vermelho (Figuras 9, 11 e 13).

Figura 9. Diagrama Cromático de vagens verdes de feijão-de-porco

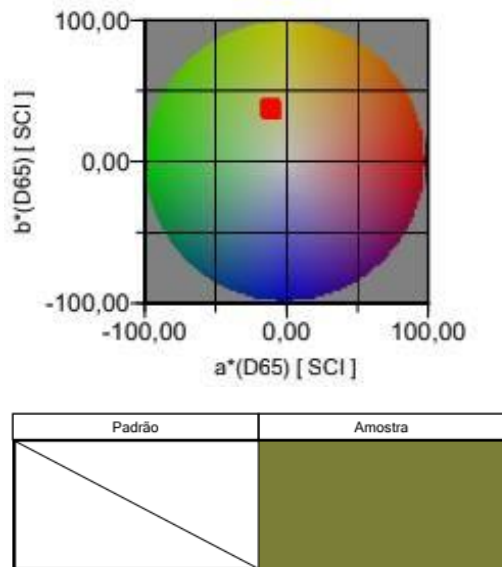


Figura 10. Diagrama Cromático de sementes coletadas de vagens verdes de feijão-de-porco

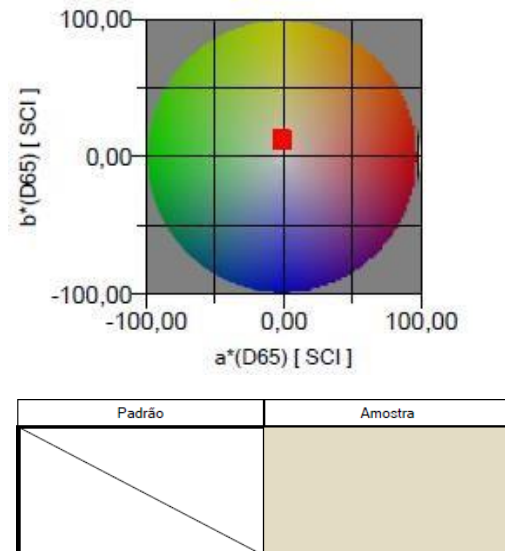


Figura 11. Diagrama Cromático de vagens amareladas de feijão-de-porco

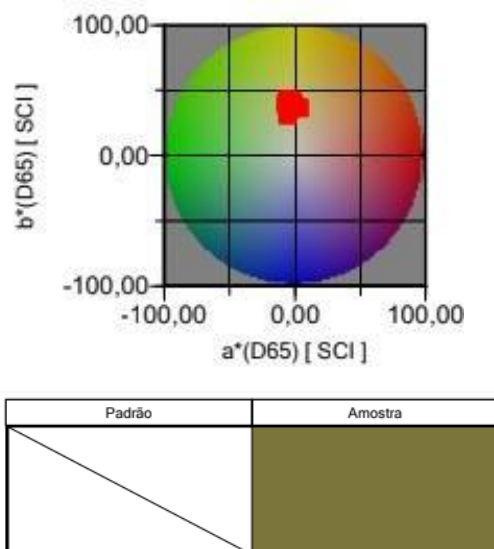


Figura 12. Diagrama Cromático de sementes coletadas de vagens amareladas de feijão-de-porco

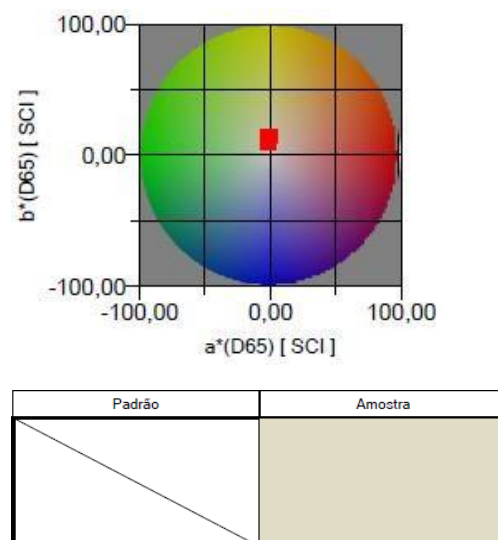


Figura 13. Diagrama Cromático das vagens marrons de feijão-de-porco

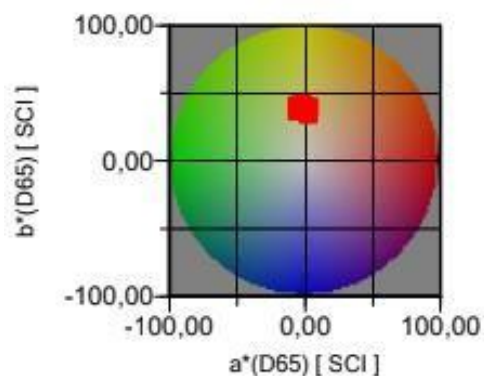
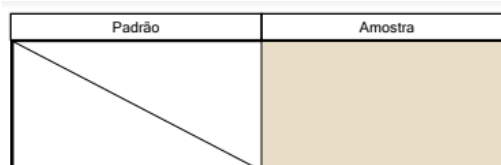
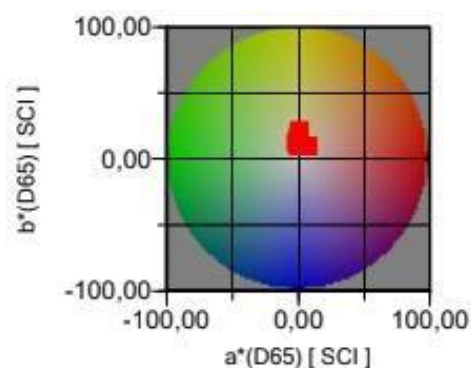


Figura 14. Diagrama Cromático das sementes colhidas de vagens marrons de feijão-de-porco



Quanto ao número de sementes por vagem (Tabela 3) observa-se que não há diferenças entre os pontos 1 e 2 de colheita, contudo o ponto 3 sofre uma redução. Na colheita do ponto 3 houve a ocorrência de chuvas inesperadas para o período, o que pode justificar a redução das sementes uma vez que as vagens do ponto 3 passaram mais tempo em campo e em contato com solo úmido, sujeitas a ataque de patógenos e às intempéries. Quanto ao comprimento das vagens, não foi verificada alteração em relação a cada um dos pontos de colheitas. Isso indica que, provavelmente, no ponto 1 as vagens já haviam atingido o seu máximo tamanho. Observa-se, também, uma tendência de redução na massa das vagens como decorrer do processo de maturação, tendo uma redução de aproximadamente 25 g do ponto 1 para o ponto 2, e uma redução mais drástica no ponto 3. Essa redução é um acontecimento esperado no decorrer da maturação, devido ao processo natural de perda de água das vagens durante a secagem destas ainda na planta mãe (Castro et al, 2004; Marcos Filho, 2015). Porém, esta diferença mais expressiva ocorrida no ponto 3 pode ser justificada devido ao fato de que o tempo de passagem do ponto 2 ao 3 ter sido maior quando comparado com o tempo de passagem do ponto 1 ao 2.

Tabela 3. Parâmetros biométricos de vagem e semente de feijão-de-porco em diferentes épocas de colheita. *

Colheita	Vagem			Semente		
	Nº de sementes	Comprimento cm	Massa g	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm
P1	7,1A	28,34A	100,9A	25,08A	16,12A	11,08A
P2	7,0A	27,29A	74,63B	25,43A	16,31A	11,23A
P3	5,0B	26,10A	23,0C	21,88B	14,38A	9,53A
CV (%)	11,66	4,77	7,21	4,79	6,61	8,98

P1 – vagens verdes, P2 – vagens amareladas, P3 – vagens marrons.

*Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Em relação aos dados biométricos das sementes (Tabela 3), observa-se que não houve diferenças significativas entre os pontos, com exceção do comprimento no ponto 3, que sofre uma redução. Provavelmente, no ponto 1, as sementes se apresentaram na fase final do processo de expansão celular, uma das etapas da maturação da semente, indicando que a dimensão máxima das sementes já havia sido obtida logo no ponto 1 de colheita. No ponto 3, apesar de estatisticamente apenas o comprimento ter apresentado uma redução, os resultados obtidos demonstrados reforçam a dinâmica de perda de água e massa durante o processo de maturação da semente.

Tabela 4. Massa de 1000 sementes, teor de água e massa de matéria seca (MMS) de sementes de feijão de porco em diferentes épocas de colheita*

Colheita	M1000 sementes	Teor de água	MMS de semente
	G	(%)	g
P1	2.925B	67,19A	3,92C
P2	3.328A	60,68A	5,54A
P3	1.707C	34,06B	5,03B
CV (%)	2,76	6,68	4,18

P1 – vagens verdes, P2 – vagens amareladas, P3 – vagens marrons.

*Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Pelas dados da tabela 4, observa-se que a redução do teor de água entre os primeiros dois pontos de colheita, de 6,6 pontos percentuais, não apresentou diferença significativa. Já no ponto 3, verificou-se uma redução mais acentuada do teor de água. Observou-se também um aumento significativo da massa de matéria seca de semente do ponto 1 para o ponto 2, tendo uma posterior redução no ponto 3. No trabalho de Passos (2012) com guandú foi observado essa mesma dinâmica nas sementes das vagens verdes e mais amareladas em relação à matéria seca.

Esse maior acúmulo de massa de matéria seca nas sementes em P2, possivelmente, promoveu o aumento significativo da massa de mil sementes colhidas neste ponto, em relação a P1. Isso demonstra que a semente obteve, neste estágio, um ganho significativo de massa com o acúmulo de matéria seca e que ainda não havia perdido água o suficiente a ponto de ser expresso na determinação da massa. Já no ponto 3, pode-se observar que a redução no teor de água e de matéria seca, possivelmente, foram o bastante para refletir significativamente no valor da massa de mil sementes. De acordo com Marcos-Filho (2015), a fase de deposição de reservas é caracterizada por acréscimos progressivos da massa de matéria seca, com uma condição de teor de água ainda um tanto quanto elevado. A medida que a semente vai acumulando reservas e a massa de matéria seca aumenta, o teor de água vai diminuindo. No final do processo de maturação, acontece uma queda mais intensa no teor de água. Segundo Silva (2002), quando o teor de água é relacionado com outras características, este pode ser considerado um dos principais indicativos do ponto de maturidade fisiológica das sementes.

A dinâmica entre a massa de vagem, o tamanho, o teor de água e a matéria seca pode ser observado na figura 15.

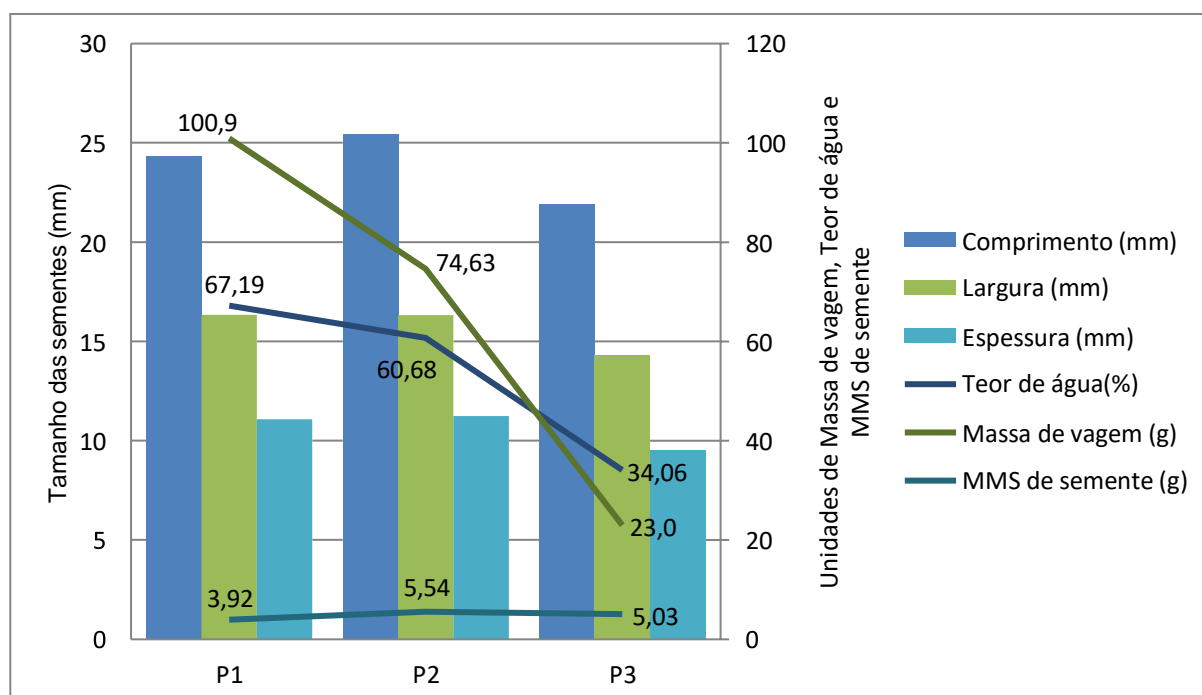


Figura 15: Dinâmica entre os massa de vagem, os parâmetros biométricos, teor de água e massa de matéria seca (MMS) de sementes de feijão-de-porco em diferentes épocas de colheitas

As sementes colhidas no ponto 1 não apresentaram germinação e, por

consequencia, não puderam ser avaliadas quanto ao vigor (Tabela 5). Esta ausência da germinação indica que, possivelmente, as sementes colhidas de vagens verdes ainda não estavam com as suas estruturas vitais completamente formadas, apresentando um aparato morfológico, fisiológico e funcional necessários para a ocorrência da germinação (Popinigis, 1985). No ponto 2, foi observada germinação de 78%, emergência de plântulas de 75% e um índice de velocidade de emergência de 6,08. Quando comparados esses dados com o ponto 3, nota-se uma redução drástica nos parâmetros de germinação e vigor. Isso indica que, provavelmente, as sementes atingiram a maturidade fisiológica no ponto 2 ou próximo ao ponto 2, uma vez que, após a maturidade fisiológica ser atingida, a permanência das sementes no campo pode acarretar um aumento na velocidade de deterioração, influenciada pelas condições climáticas, culminando em perdas na produtividade, germinação e no vigor das sementes (Pelúzio et al., 2008; Diniz et al, 2013; Carvalho e Nakagawa, 2000), o que provavelmente aconteceu com as sementes no ponto 3, uma vez que elas ficaram em torno de 1 mês a mais no campo.

Apesar de haver uma redução nos valores do teste de condutividade elétrica, os resultados não obtiveram diferença significativa entre os pontos. Os valores de comprimento de parte aérea e de raiz também não variaram entre si nos pontos 2 e 3 (Tabela 5).

Tabela 5: Germinação (G), Emergência de plântula (EP), Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), Condutividade elétrica (CE), Massa de matéria seca de raiz (MMSR) e parte aérea (MMSPA), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) em sementes de feijão de porco em diferentes épocas de colheita.

Colheita	G (%)	EP (%)	IVE	CE mS cm ⁻¹ g ⁻¹	MMSR g	MMSPA g	CPA cm	CR cm
P1	0C	0C	0C	16,06A	0C	0C	0B	0B
P2	78A	75A	6,08A	13,03A	0,34A	0,36A	5,93A	10,44A
P3	62B	18,5B	1,48B	11,72A	0,06B	0,11B	5,8A	12,9A
CV (%)	16,04	22,87	16,31	16,42	22,05	19,32	7,15	17,6

P1 – vagens verdes, P2 – vagens amareladas, P3 – vagens completamente marrons.
*Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Os resultados mostram que, apesar de haver uma redução do ponto 2 para o ponto 3 de matéria seca de raiz e parte aérea, observa-se que o comprimento de parte aérea e de raiz das plântulas sofreram uma leve redução, porém não o suficiente para apresentarem diferenças estatísticas entre os pontos 2 e 3. O comportamento de aumento do comprimento de plântulas no final do processo de maturação é relacionado ao fato das substâncias de reserva acumuladas presentes nos

cotilédones serem passadas ao embrião, onde essas serão utilizadas durante o processo de germinação, o que culmina em plântulas mais vigorosas (Souza, 2011).

É importante salientar que, além das suas características genéticas e fisiológicas, o processo de maturação entre as espécies e, até dentro da mesma espécie, pode sofrer alterações devido as condições climáticas a que as sementes estão submetidas (Figliolia e Piña-Rodrigues, 1995). Na época de colheita do ponto 3, ocorreu uma precipitação pluviométrica inesperada na região, o que pode ter contribuído na queda mais acentuada dos seus parâmetros de qualidade.

Assim sendo, os resultados apresentados sugerem que o ponto de maturidade fisiológica é atingido em P2, sendo este o ponto em que foi obtido o maior acúmulo de matéria seca e melhores parâmetros de germinação e de vigor. Contudo, quando pensamos na colheita, é preciso levar em consideração o grau de umidade das sementes, uma vez que teores de água das sementes muito elevados dificultam a colheita mecanizada, podendo ocasionar injúrias mecânicas e outros problemas (Marcos-Filho, 2015). O que demonstra que, provavelmente, o ponto indicado para colheita das sementes é quando as vagens estiverem, de acordo com os dados de colorimetria (L° 47,87, a^* de -5,10, b^* 31,64 e h° de 99,14), o mais próximo possível da coloração amarelada, porém, com as sementes apresentando teores de água mais baixos.

3.4 CONCLUSÃO

O ponto de maturidade fisiológica em sementes de feijão-de-porco podem ser caracterizado morfológicamente pelas vagens amareladas. Contudo, devido ao grau de umidade da semente, o ponto indicado para colheita manual é, possivelmente, o ponto intermediário entre vagens amarelas e marrons (tabela 1).

As sementes extraídas das vagens verdes não são ideais para uso. Estas possuem um teor de água elevado e ainda pouca matéria seca, que vai sendo acumulada conforme avança na maturação.

Dentro das condições realizadas neste experimento, as sementes colhidas das vagens marrons também não se apresentaram ideais para serem colhidas com fins de multiplicação, pois já estavam em processo de deterioração, tendo o vigor comprometido.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERA, G.; GERKABO, H. Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties, **Archives of Agronomy and Soil**

ALVES, J. M., MARTINS, R. C., FREITAS, R. A., BARRELA, T. P., & CAMPOS, A. N. R.; Efeito da adubação verde com espécies herbáceas e arbóreas na micorrização do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**. 4(1), 11-16., 2014.

ALVARENGA, E. M.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; CARDOSO, A. A. Maturação fisiológica de sementes de abóbora italiana. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.147-150, 1991.

AMBROSANO, E. J., ROSSI, F., SALGADO, G. C., OTSUK, I. P., & TRIVELIN, P. C. O. Teores de nutrientes e transferência de nitrogênio no tomate orgânico em cultivo intercalar com adubo verde e aplicação de homeopatia. **Cadernos de Agroecologia**. 11, 2016.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Pesquisa Setorial In: ABRANCHES, M. O., SILVA, G. A. M., SANTOS, L. C., PEREIRA, L. F. FREITAS, G. B.; **Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetable**, 2020 www.anda.org.br.

BALDIVIESO-FREITAS, P., BLANCO-MORENO, J. M., ARMENGOT, L., CHAMORRO, L., ROMANYA, J., SANS, F. X. Crop yield, weed infestation and soil fertility responses to contrasted ploughing intensity and manure additions in a Mediterranean organic crop rotation. **Soil Till.** 2018; 180:10–20.

BARBEDO, C.J.; BARBEDO, A.S.C.; NAKAGAWA, J.; SATO, O. Efeito da idade e do repouso pós-colheita de frutos de pepino na semente armazenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.5, p.839-847, 1999.

BETHONICO, T., **Europa aprova proposta que veta importações ligadas a desmatamento**, Folha de S. Paulo, São Paulo, 13 de setembro de 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/09/europa-aprova-proposta-que-veta-importacoes-ligadas-a-desmatamento.shtml>

BINO, R. J.; JALINK, H.; OLUOCH, M. O.; GROOT, S. P. C. Seeds research for improved technologies. **Sciencia Agricola**, v.55 n. especial, p 19-26, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF. p.399, 2009.

CALEGARI, A. **Aspectos gerais da adubação verde**. In: COSTA, M. B. B., coord. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. P.1-55, 1993.

CALEGARI, A.; **Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes**. In: Filho, O. F. de L.; AMBROSANO, E. J.; e prática. 1º ed. Brasília: Embrapa, v.1, cap. 1, p. 21-36, 2014.

CARVALHO, L. F. et al Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 9-17, 2009.

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 588 p., 2000.
- CASTRO, R.D.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In *Germinação: do básico ao aplicado* (Ferreira & Borghetti, orgs.). Porto Alegre, Artmed, 149-162, 2004.
- CORREIA, N. M.; LEITE, M. B. Cultivo consorciado de milho com Puerária (*Pueraria phaseoloides* (Roxb. Benth.)). In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.
- COX, W. J., CHERNEY, J. H. Agronomic comparisons of conventional and organic maize during the transition to an organic cropping system. **Agronomy**. 2018; 8(7):1-16.
- DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **SEED News**, v.5, n.6, 2001. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed56/artigocapa56.shtml>. Acesso em: 08 Set. 2022.
- DINIZ, F. O, REIS, M. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F.; SEIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seeding emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v.35, n. 2. P. 147-152, 2013.
- DUARTE JÚNIOR, J. B., & COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, 67(3), 723–732, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000300022>
- ESPINDOLA, J. A., GUERRA, J. G., DE-POLLI, H., De Almeida, D. L., & Abboud, A. D. S. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa Infomação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.
- FERREIRA FILHO, J. B. D. S.; RIBERA, L. A.; HORRIDGE, J. M. **O controle do desflorestamento e a expansão da oferta agrícola no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, p. 367–380, 2016.
- FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. **Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura**. 2017.
- FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Fenologia e produção de sementes. In: **Manejo de sementes de espécies arbóreas**, São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.1-59.
- FOWLER, J.A.P.; MARTINS, E.G. Coleta de sementes. In: **Manejo de sementes de espécies florestais**. EMBRAPA Florestas 58: 9-13, 2001.
- GOMES, S.M.S. **Influência da idade, coloração externa e armazenamento dos frutos na qualidade de sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.)**. 80f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- HARDER, Marcia Nalesso Costa. **Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de**

características de ovos de galinhas poedeiras. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo., 2005

HARTMANN, H.T.; Kester, D.E.; Davies Jr., F.T. 1997. Plant propagation; principles and practices 6 ed. **New Jersey: Prentice Hall.** 770pp.

LOPES, P. R.; REZENDE, A. P. C.; CRESPI, D.; GALATA, R. F.; GALATA, R. F.; DA SILVA, F. X.; CRUZ, M. S. S.; DOS SANTOS, J. D.; KAGEYAMA, P. Y.
Princípios e ferramentas para o desenho e manejo de hortas agroecológicas: experiências do projeto assentamentos agroecológicos no extremo sul da Bahia. Retratos de Assentamentos, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 175- 207, 2016. DOI: 10.25059/2527 2594/retratosdeassentamentos/2016.v19i1.204. Disponível em: <https://www.retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/204>. Acesso em: 24 set. 2022.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection na devaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

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

MATRANGOLO, W. J. R., NETTO, D. A. M., FRANÇA, F. C. T., PURCINO, H. M. A. C., PEREIRA FILHO, I. A., MOREIRA, J. A. A., ... & ALBERNAZ, W. M. O Programa Bancos Comunitários de Sementes de Adubos Verdes em MG. **Revista Brasileira de Agroecologia**, vol. 4, n. 2, p. 2936-2939, 2009.

MELCHIADES, Fábio G.; BOSCHI, Anselmo O. Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 4, n. 1-6, p. 11-18, 1999.

MOHLER, C. L., CALDWELL, B. A., MARSCHNER, C. A., CORDEAU, S., MAQSOOD, Q., RYAN, M. R., DITOMMASO, A. Weed seedbank and weed biomass dynamics in a long-term organic vegetable cropping systems experiment. **Weed Science**. 2018; 66:611–626.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas.** In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85,1994.

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

NERSON, H. Fruit age and seed extraction procedures affect germinability of cucurbit seeds. **Seed Science and Technology**, v.19, p.185-195, 1991.

OLIVEIRA, Ana Carla A; LE BOURLEGAT, C. A., Agricultura agroecológica e bancos de sementes comunitários na Índia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

PASSOS, A. V. Estudo de épocas de colheita e desenvolvimento de vagensde feijão guandu (*cajanus cajan* (L.) Millsp.), para obtenção de grãos e sementes não comerciais em pequenas unidades de produção familiar. 2012.

PADOVAN, M. P., MOTTA, I. D. S., CARNEIRO, L. F., MOITINHO, M. R., & FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado

de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 182-190, 2011.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.* v. 6, p. 36–60, 2013.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDDELIS, R. R.; AFFERRI, F. S.; CASTRO NETO, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de soja no sul do estado do Tocantins. **Revista Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. 2003. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308 -1324, 2015.

ROOS, A.; BECKER, E. L. S. Educação Ambiental e Sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.5, n. 5, p. 857 - 866, 2012.

SILVA, Clíssia Barboza da. **Potencial Fisiológico de sementes de Crotalaria juncea L.** viii, 48 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.

SILVA, L. M. M. Maturação fisiológica de sementes de *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. In: **Morfologia e ecofisiologia de sementes de *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm.** 2002. f.46-61. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SHIVA, V. Who Really Feeds the World? The Failures of Agribusiness and the promise of agroecology. **Berkeley: North Atlantic Books**, 2016.

SOUSA, D.M.M. **Fenologia, avaliação do tubo polínico e maturação de frutos e sementes de *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. Queiroz.** Tese (Doutorado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 123f. 2011

TEODORO, Mauro Sergio; NEVES, Pedro Pereira. Banco de sementes de adubos verdes. – *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.5, n.1, p. 1279-1285, 2022.

TITTONELL, Pablo. Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. **Agricultural Systems**, v. 184, p. 102862, 2020.

TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária**

Tropical, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TREVISAN, M. et al. Temperatura e umidade do solo no consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis* e *Cajanus cajan* em sistema orgânico. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e539101422443, 13 nov. 2021.

WENNECK, G. S., TELES, M. S., SAATH, R., FRANÇOSO, R. V., & SILVA, F. C. Avaliação das propriedades físicas em diferentes sistemas de cultivo no município de Glicério-SP. Anais X EPCC. 2017.

WILDNER, L. do P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. editores técnicos. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. V. 2 (478 p.).

YOSHIDA, FA; STOLF, R. Mapeamento digital de atributos e classes de solo da UFSCar-Araras/SP. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente** 3: 1-11, 2016

CAPÍTULO 4 – ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA DO TESTE DE TETRAZÓLIO PARA SEMENTES DE FEIJÃO-DE-PORCO

RESUMO

Além da necessidade de boas práticas agronômicas, para a produção de sementes de alto desempenho fisiológico, é necessário a realização de avaliações de sua qualidade, possibilitando a previsão do seu desempenho em campo. Para que isso ocorra, as metodologias avaliativas devem ser eficientes, com resultados confiáveis. Dentre as análises, o teste de tetrazólio se destaca por possibilitar a avaliação do vigor e da viabilidade das sementes de forma rápida, além de identificar prováveis causas relacionadas ao baixo desempenho das sementes. Assim, objetivou-se com este trabalho estabelecer uma metodologia que seja adequada para a realização do teste de tetrazólio em sementes de feijão-de-porco. Primeiramente, foi realizado um teste preliminar de embebição da semente, selecionando-se a embebição por imersão como sendo a mais adequada para a hidratação prévia das sementes. Foi utilizado uma concentração de 0,075% de solução de tetrazólio a 40°C para a coloração dos tecidos, variando-se o tempo de pré-condicionamento (6, 9 e 12 horas) e o tempo de coloração (3, 4 e 5 horas). Foi realizado o teste de germinação, a efeito de comparação e complementação às conclusões referentes ao teste de tetrazólio. As avaliações foram realizadas com auxílio de uma tabela de interpretação de resultados, no qual foi possível sistematizar e analisar os dados. Foram definidas 4 classes de viabilidade, considerando a coloração ou não dos tecidos e, quando coloridos, a intensidade da coloração dos tecidos, sendo elas: classe I, sementes viáveis de alto vigor; classe II, sementes viáveis de vigor médio; classe III, sementes viáveis de baixo vigor e classe IV, sementes inviáveis. Dentro das condições das sementes trabalhadas, os tempos ideais de pré-condicionamento e coloração são 12 horas e 4 horas, respectivamente

PALAVRAS-CHAVE: *Canavalia ensiformis*, vigor, viabilidade, pré-condicionamento, coloração.

4.1 INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de elevado potencial fisiológico é de extrema importância dentro dos sistemas de produção agrícolas, estando associado à capacidade da semente de possuir longevidade, boa germinação e alto vigor, podendo, assim, desempenhar suas funções vitais. O vigor é entendido por algumas características apresentadas pelas sementes, como velocidade de germinação, emergência, uniforme e a capacidade de formar uma plântula resistente a interperies, como frio, déficit hídrico, toxicidade, alta umidade e temperatura, entre outros. Sementes com uma baixa qualidade, apresentam-se com baixa porcentagem de germinação e baixo vigor (Carvalho, 1994; Silva, 2011; Toledo et al. 2009).

A falta de disponibilidade de sementes de alta qualidade é, justamente, um dos principais desafios encontrados na difusão da prática da adubação verde no Brasil. (Matrangolo, et al., 2009; Teodoro e Neves, 2022), inclusive para feijão-de-porco. Em muitas regiões, a sua distribuição é prejudicada pela dificuldade de acesso a essas sementes, que ocorre devido a sua falta no mercado ou pelos fretes muito elevados, situação que bloqueia, principalmente, os pequenos agricultores de obter sementes de qualidade. Uma alternativa para essa questão seria o fortalecimento de um mercado interno de produção de sementes de adubos verdes e/ou o agricultor adquirir essas sementes mediante produção própria, porém, essas medidas esbarram em outro grande impasse, que é o reduzido conteúdo científico que aborde e agregue para a construção do conhecimento de um manejo, levando em conta as condições do nosso país, voltado para a produção e qualidade de sementes de adubos verdes, uma vez que, na grande maioria, as pesquisas realizadas com adubos verdes são voltadas para outros aspectos, como, por exemplo, os efeitos do seu uso em consórcios e em sistemas de rotação e a fixação biológica de nutrientes (Perin et al, 2004; Liu et al., 2022). Estes fatores diminuem o potencial e a visibilidade desta prática para a aplicação dentro da agricultura nacional.

Além da necessidade de boas práticas agronômicas, para a produção de sementes de alto desempenho fisiológico, é necessário a realização de testes para avaliações de sua qualidade (França-Neto e Krzyzanowski, 2018). Os estudos de vigor das sementes ajudam na previsão do seu desempenho em campo. Para avaliar o potencial fisiológico das sementes são necessários o desenvolvimento de alguns testes, que permitem a identificação, de maneira efetiva, de lotes que apresentem maior probabilidade de se estabelecerem em campo. Contudo, para que isso ocorra, as metodologias avaliativas devem ser eficientes, com resultados confiáveis,

possibilitando maior segurança nas tomadas de decisões em campo (Marcos-Filho, 2015).

Geralmente, testes que necessita de um curto período de tempo se fundamentam em eventos iniciais da deterioração, que se baseia na integridade da membrana celular, na redução de atividades enzimáticas e respiratórias da semente (Delouche e Baskin, 1973). Dentre as análises, o teste de tetrazólio se destaca por possibilitar a avaliação da viabilidade e do vigor das sementes de forma rápida, quando comparada com outros testes, como o teste de germinação, por exemplo, que além de mais ser mais demorado, não expressa resultados de vigor. Além disso, o teste de tetrazólio pode ser realizado com diferentes intuitos além da determinação da qualidade das sementes, como, por exemplo, identificar prováveis causas relacionadas ao baixo desempenho das sementes, como identificação de ataques de percevejo, danos mecânicos, etc. Atualmente, o Brasil é líder na utilização desse teste a nível de rotina para controle da qualidade da semente de soja (França-Neto e Krzyzanowski, 2018).

O teste de tetrazólio se baseia na atividade respiratório da semente, em que, após o contato e interação entre compostos liberados durante a respiração dos tecidos vivos da semente e uma solução incolor (2, 3, 5 trifênil cloreto ou brometo de tetrazólio), como resultado, há uma reação de redução do sal de tetrazólio a um composto vermelho, estável e não difusível chamado de trifênil formazan. Assim, este novo composto formado possibilita a diferenciação dos tecidos que respiram, coloridos em vermelho, dos tecidos mortos, que não colorem. Sementes vigorosas reagem de forma mais lenta com a solução, desenvolvendo, em comparação com tecido em deterioração, uma coloração vermelha menos intensa (Brasil, 2009; Delouche et al., 1976; França-Neto e Krzyzanowsky, 2009; Marcos-Filho, 2015).

No caso do feijão-de-porco, ainda não se tem uma metodologia descrita especificamente para a realização do teste de tetrazólio (França-Neto e Krzyzanowski, 2018 ; Dias e Barros, 1999; Cervi, et al, 2009). O procedimento para o teste é variável para cada espécie, principalmente em relação a concentração do sal de tetrazólio e temperatura e tempo no pré-condicionamento e na coloração (Brasil, 2009).

Tendo isto em vista, para contribuir com o avanço da pesquisa nesse setor e das análises que fornecem dados para a determinação da qualidade e viabilidade de sementes, este trabalho buscou estabelecer uma metodologia que seja adequada para a realização do teste de tetrazólio em semente de feijão-de-porco, procurando estabelecer tempos ideais nas etapas de pré-condicionamento e .de coloração.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Agricultura Orgânica (LAO), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Para o experimento, foram utilizados dois lotes de sementes, sendo o Lote 1, sementes obtidas de uma colheita que aconteceu no primeiro semestre de 2021, de um sítio situado na cidade de Santa Cruz da Esperança, SP e o Lote 2, sementes compradas da empresa BR Seeds da safra de 2023.

A princípio, para a definição sobre o tipo de embebição a ser utilizada (em papel tipo “germitest” ou por imersão), foi realizado testes preliminares, com o intuito de entender como se dá a curva de embebição em semente de feijão-de-porco. Assim, primeiramente, realizou-se um teste de teor de água para verificação da umidade inicial das sementes, para tal, 5 sementes foram colocadas em latas de alumínio, pesadas e, posteriormente, colocadas em estufa a 105 ± 3 °C / 24 h, sendo realizado uma nova pesagem do material após a secagem (Brasil, 2009). Deste modo, sabendo o teor de água inicial, foi realizado os testes preliminares em papel germitest, no qual 25 sementes, de ambos os lotes, foram acomodadas em caixas gerbox de modo que as mesmas ficassem em completo contato com o papel germitest, que foi embebido com 2,5 vezes a sua massa em água, e por imersão, em que 25 sementes, também de ambos os lotes, foram imersas em 100 ml de água em um copo plástico. Em ambos os testes as sementes foram retiradas e pesadas a cada duas horas até totalizar 24 horas. Para cada tipo de embebição foi realizado 4 repetições. Com base nestes resultados, escolheu-se o tipo de embebição e os tempos testados para o pré-condicionamento.

Os parâmetros de temperatura de coloração e concentração do sal de tetrazólio foram definidos tendo em vista a realização de uma revisão de literatura, no qual foram levados em consideração as vantagens operacionais envolvidas na metodologia. Costa et al. (1998), através de suas pesquisas, concluíram que, com o aumento de temperatura, pode-se obter ganhos significativos no tempo de duração do teste. Além disso, a concentração do sal de tetrazólio deve ser o suficiente para que seja possível diferenciar os tecidos viáveis e não viáveis da semente, possibilitando também a identificação de diferentes tipos de injúrias na semente (Kryzanowski et al.1999). Conforme relatado por Rezendo et al. (2015), a concentração de 0,075% do sal de tetrazólio, além de ter um menor custo, tendo em vista o alto preço deste reagente, proporciona uma maior nitidez na coloração dos tecidos, quando comparado a outras concentrações. Sendo assim, optou-se por considerar a temperatura de $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e

a concentração de 0,075% de 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazólio.

O teste de tetrazólio foi conduzido com 4 repetições de 25 sementes por tratamento de cada um dos lotes. Após o pré-condicionamento, as sementes, uma a uma, receberam um corte longitudinal no tegumento, com o auxílio de uma lâmina, na região posterior ao hilo, antes de serem encaminhadas para a coloração. O corte foi realizado para facilitar o contato da solução de tetrazólio com os tecidos das sementes (Brasil, 2009).

Após as sementes saírem da etapa de coloração, as mesmas foram lavadas e encaminhadas para a avaliação. As sementes que não foram avaliadas imediatamente ficaram armazenadas em um copo com água, dentro de uma câmara fria, com temperatura constante a 10°C, para que não ocorresse a desidratação da mesma, até o momento da sua avaliação.

Para a avaliação, foi realizado um corte longitudinal na semente, com o intuito de expor o embrião e as estruturas essenciais da semente. Assim, para facilitar a análise, as características de cada uma das sementes foram descritas em uma tabela (APÊNDICE 1), no qual eram descritos os sinais de deterioração e de danos nos tecidos observados. O número de classes foi definida após as análises das sementes.

Realizado de forma paralelo aos teste de tetrazólio, os dois lotes de sementes foram submetidos ao teste de germinação. Este, conduzido com quatro repetições de 25 sementes distribuídas em papel germitest, umedecidos previamente com água equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação, tipo BOD, a 25°C, por um período total de oito dias, sendo a primeira contagem realizada no quinto dia após a instalação do teste e a segunda no oitavo dia (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem média de plantulas normais.

Ao final, os dados obtidos dos tratamentos foram sistematizados e comparados com o resultado do teste de germinação e, assim, determinados qual o tratamento foi mais adequado em relação à observação da viabilidade por meio do teste de germinação.

4.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A embebição da semente de feijão-de-porco em papel germitest acontece de forma lenta assim, independentemente do lote analisado (Figura 16). Vertucci e Leopold (1987) indicaram que o processo de respiração das sementes e, por consequência, o metabolismo é ativado apenas se as mesmas alcançarem 25% de

água durante o processo de embebição. Desta forma, considerando a embebição por meio de papel germitest, a respiração das sementes demandaria um tempo acima de 24 horas para atingir esse teor de água mais próximo ao adequado, visto que para conduzir o teste de tetrazólio é necessário que a semente já tenha reativado seu metabolismo.

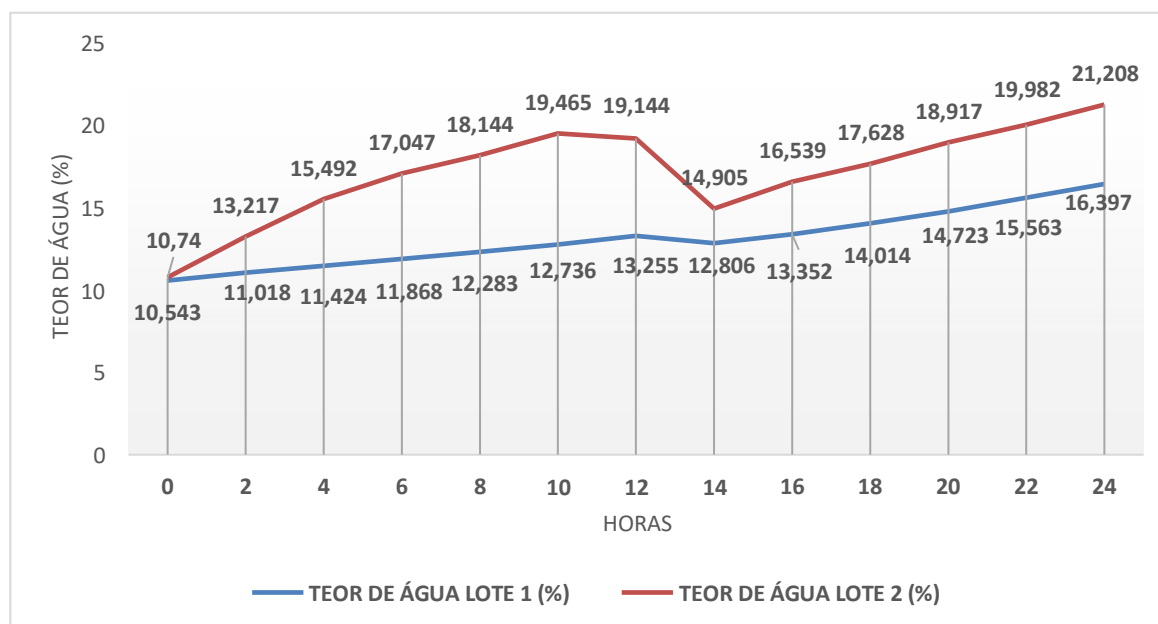


Figura 16. Curva de embebição da semente de feijão-de-porco em papel germitest

Na figura 17, verifica-se que a embebição por imersão resultou em uma embebição muito rápida nas primeiras seis horas, tendo um destaque nas primeiras duas horas, com um aumento de 25% no teor de água. Nota-se que a partir de 6 horas de embebição o ganho do teor de água começa a reduzir e, após 12h, a embebição começa a caminhar para a estabilidade. É importante salientar que, após o pré-condicionamento, as sementes devem alcançar um teor de água mínimo de 33% para garantir a ativação de seus processos respiratórios (Costa et al., 1998; Costa e Marcos-Filho, 1994). Além disso, a embebição das sementes de forma prévia causa o amolecimento do tegumento, o que facilita a penetração da solução e proporciona maior nitidez na coloração (Duboc et al., 2018).

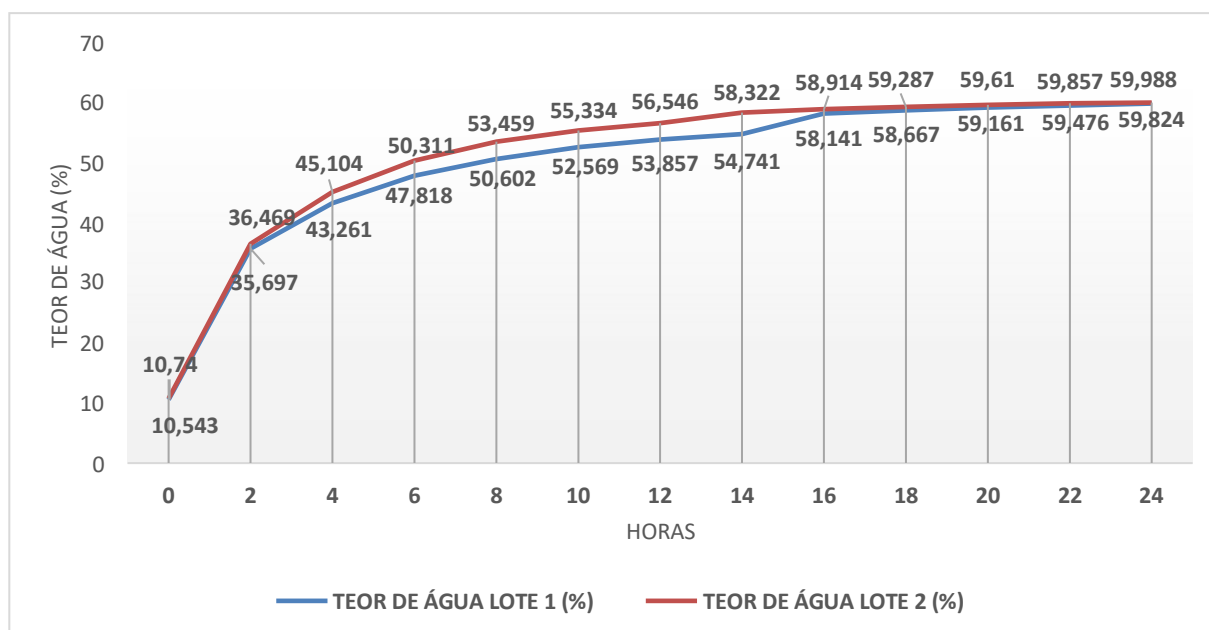


Figura 17. Curva de embebição da semente de feijão-de-porco em imersão

Assim, após analisar o comportamento da embebição da semente, decidiu-se embebição por imersão e, tendo em vista os resultados do gráfico 2, foi decidido os tempos (tratamentos) para o pré-condicionamento de 6, 9 e 12h, pois entende-se que até as 6 horas, que é o início da curva de estabilização, já aconteceu a absorção de água mais acentuada, e acima de 12 horas a embebição se mostrou praticamente estabilizada. Os tempos de coloração definidos para este experimento foram 3, 4 e 5 horas, definidos após revisão de literatura (Cervi et al, 2009; Costa et al., 1998;2008).

Assim, ao todo, foram realizados 9 tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Descrição dos tratamentos

Tratamento	Tempo de pré-condicionamento	Tempo coloração
1	6	3
2	6	4
3	6	5
4	9	3
5	9	4
6	9	5
7	12	3
8	12	4
9	12	5

Após a definição dos tratamentos, procedeu-se com a aplicação do teste e a avaliação das sementes. Danos causados nas estruturas vitais das sementes, ou seja, no embrião, mais necessariamente no cilindro central e na região vascular (figura 18), foram essenciais para a classificação das sementes em relação a sua viabilidade.



Figura 18: Morfolgia de sementes de feijão-de-porco indicando a região do eixo embrionário (EE) e região vascular (RV).

As definições das classes de sementes de feijão-de-porco foram feitas com base na metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja, dos autores França-Neto e Krzyzanowski (2018), em que as sementes são classificadas em 8 classes. Contudo, considerando as particularidades das sementes de feijão-de-porco, para este trabalho, entendeu-se a sua classificação foi atendida em 4 classes, sendo elas:

Classe 1: Viável, alto vigor – sementes com coloração uniforme e superficial, tecidos com aspecto normal e firme, com danos superficiais de até 10% em tecidos não vitais (como na região posterior ao hilo e região inferior dos cotilédones) ou com pequenos danos superficiais em até 10% da região vascular ou córtex do embrião, sem afetar o cilindro central.

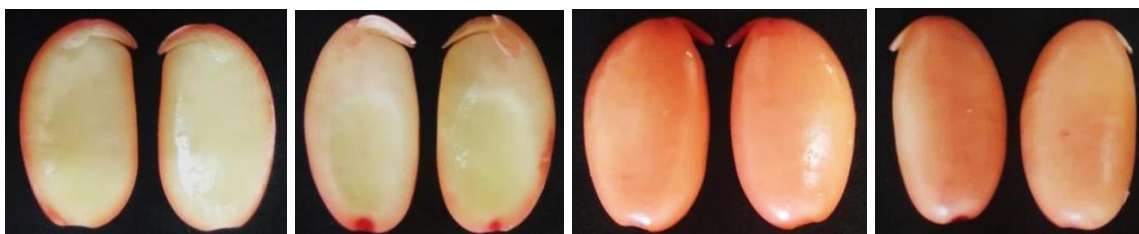


Figura 19. Sementes de feijão-de-porco viáveis de alto vigor após teste de tetrazólio.

Classe 2: Viável, Médio vigor – sementes apresentando danos de até 30% nas regiões não vitais da semente, danos superficiais na região vascular e/ou danos

presentes no córtex do embrião, sem afetar o cilindro central.

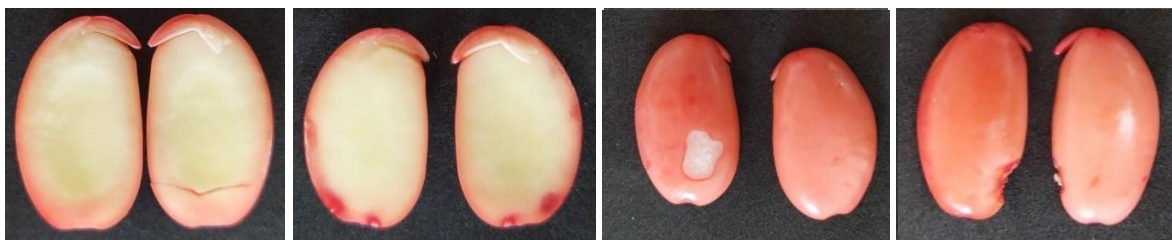


Figura 20. Sementes de feijão-de-porco viáveis de médio vigor após teste de tetrazólio.

Classe 3: Viável, baixo vigor – sementes apresentando danos mais profundos, afetando mais de 30% em tecidos não vitais, danos na região vascular e cortex sem afetar o cilindro central.



Figura 21. Sementes de feijão-de-porco viáveis de baixo vigor após teste de tetrazólio.

Classe 4: Inviável – Sementes com danos severos na região vascular e/ou danos no cilindro central do embrião e sementes mortas.



Figura 22. Sementes de feijão-de-porco inviáveis após teste de tetrólio.

É comum a ocorrência de sementes duras em lotes de sementes de leguminosas. Sementes duras são sementes que apresentam um tipo de dormência pelo fato do seu tegumento estar apresentando impermeabilidade a água, logo, são sementes viáveis que estão, temporariamente incapazes de germinar. A velocidade de superação desse tipo de dormência depende do genótipo e das condições ambientais em que a semente está exposta. (Almeida, Maeda e Falivene, 1979; Souza, 2022). Durante as avaliações, notou-se que os tratamentos que passaram por 6 horas de pré-condicionamento (T1, T2 e T3) apresentaram uma porcentagem expressiva de sementes duras (tabela 7) e, apesar de sofrer uma redução nos

tratamentos com pré-condicionamento de 9h (T4, T5 e T6), continuam altas. Nos tratamentos com 12 horas de pré-condicionamento (T7, T8 e T9) houve uma redução na porcentagem de sementes duras.

Tabela 7. Porcentagem de sementes duras por tratamento de embebição (6, 9 e 12 horas) e coloração (3, 4 e 5 horas)

Lote	6 horas			9 horas			12 horas		
	3h	4h	5h	3h	4h	5h	3h	4h	5h
1	18,4	14,4	12	8	10,4	8	5,2	6	6
2	30	36	28	24	21,2	14,4	8	12	10,4

Sementes duras, que não passaram por embebição no pré-condicionamento, além de não obter coloração satisfatória, inviabilizaram o corte longitudinal da semente, impossibilitando a avaliação dos tecidos.

Segundo Krzyzanowski, Vieira e Franca Neto (1999), uma metodologia adequada para o teste de tetrazólio é aquela que proporciona uma facilidade para a diferenciação de tecidos viáveis e inviáveis e em diferenciar lotes de qualidade fisiológicas distintas. Observou-se que grande parte das sementes dos tratamentos de 6 horas de pré-condicionamento, tiveram coloração insuficientes, assim como as sementes dos tratamentos de 3 horas de coloração (Figura 23A). Estas, causaram inseguranças em relação a sua classificação devido a fraca coloração dos tecidos. Isso pode ter se dado pelo fato de o tempo de embebição de 6 horas não ter sido o suficiente para permitir que a solução de tetrazólio penetrasse nos tecidos das sementes e desenvolvesse a coloração, do mesmo modo que 3 horas de coloração pode ter sido insuficiente para se alcançar uma coloração homogênea dos tecidos. Por outro lado, conforme relatado em Brasil (2009), deve-se evitar tempos excessivos de coloração, uma vez que os diferentes padrões de coloração, indicativos de alguns danos, podem ser mascarados. Sementes do tratamento de tempo de coloração de 5 horas, começaram a apresentar colorações mais intensas, dificultando, em algumas situações, a classificação visual do teste (Figura 23B). O alcance de uma coloração uniforme e adequada é de suma importância para o sucesso do teste, resultando em uma interpretação segura e eficiente (BHERING; DIAS; BARROS, 2005).

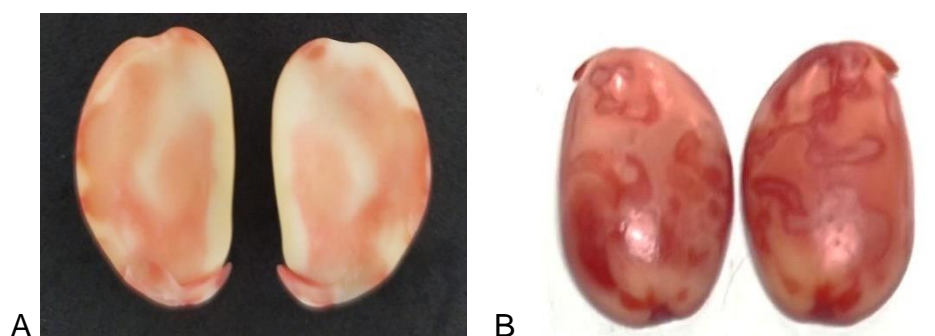


Figura 23. Sementes de feijão-de-porco após teste de tetrazólio apresentando coloração fraca (A) e coloração excessiva (B).

Quando observado a tabela 8, do número médio de sementes de cada classe de cada tratamento, é possível observar que, no lote 1, os tratamentos referentes a 3 horas de coloração conseguiram expressar um maior acúmulo de sementes viáveis (Classes I, II e III), assim como os tratamentos referentes a 5 horas de coloração apresentaram maiores médias das sementes inviáveis (classe IV), dados que corroboram com os apontamentos realizados sobre o tempo de coloração dos tecidos, tendo em vista que, em ambas as situações, os resultados podem ter sido mascarados devido a coloração insuficiente ou excessiva causada pelo solução de tetrazólio, que pode ter levado a analista a erros de interpretação. Resultados reforçados pelos dados da tabela 9, que, no lote 1, demonstram uma maior viabilidade de sementes nos tratamentos referentes a 3 horas de coloração e uma menor viabilidade nas sementes dos tratamentos referentes a 5 horas de coloração. Já o lote 2, que são sementes comerciais, obteve uma melhor distribuição das sementes pelas classes.

Tabela 8. Porcentagem de sementes de feijão-de-porco em cada classe, após a coloração pelo teste de tetrazólio. Classe I: viável, alto vigor, Classe II: viável, médio vigor, Classe III: viável, baixo vigor, Classe IV: inviável.

Lotes	Classes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	I	9,2	2,4	6	5,2	4	0	10,4	10	2
	II	6,4	1,2	0	6,4	0	0	5,2	2	0
	III	5,2	9,4	0	8	10,4	6	18,4	8	4
	IV	60	72	74	72	74,4	84	60	62	88
2	I	20	9,2	18	14	14,4	20	18	28	24
	II	8	10,4	10	8	10,4	4	4	6,4	6,4
	III	8	12	23	12	18,4	10,4	18	14,4	10,4
	IV	34	32	32	40	34,4	48	50	36	42,4

Tabela 9. Porcentagem de sementes viáveis (incluindo as sementes duras) de feijão-de-porco obtidas pelo teste de tetrazólio em diferentes tempos de pré-condicionamento e de coloração dos tecidos e porcentagem de germinação (G).

Lote	6 horas			9 horas			12 horas			%G
	3h	4h	5h	3h	4h	5h	3h	4h	5h	
1	39,2	27,2	18	27,6	24,8	14	39,2	26	12	35
2	66	67,6	68	58	64,4	48,8	48	60,8	51,2	75

Em relação ao lote 1, os tratamentos que mais se aproximam do resultado da germinação das sementes são os Tratamentos 1, com 6 horas de pré-condicionamento e 3 horas de coloração, e 7, com 12 horas de pré-condicionamento e, também, 3 horas de coloração. No lote 2, os resultados que mais se aproximam da germinação são os tratamentos 2 e 3, com 67,6 e 68% de viabilidade, respectivamente. É importante ressaltar que o teste de germinação pode superestimar o potencial fisiológico das sementes, uma vez que ele é conduzido sob condições favoráveis e em laboratório (INTERNACIONAL RULES FOR SEED TESTING - ISTA, 2007).

Um fator que chama a atenção é que o vigor das sementes do lote 1 está muito comprometido, possivelmente, as condições de armazenamento desse lote, no qual foi feita sobre condições ambientes e por período maior de tempo, pode ter resultado no baixo vigor destas sementes. Segundo, Rezende (2015), sementes armazenadas tem sua qualidade fisiológica comprometida, mesmo que seja em ambiente controlado.

4.4 CONCLUSÃO

Tendo em vista o que foi apresentado, conclui-se que:

Tempos de pré-condicionamentos de 6 e 9 horas proporcionaram alta porcentagem de sementes duras de feijão-de-porco.

Tempos de coloração de 3 horas são insuficientes para adquirir resultados satisfatórios no teste de tetrazólio da espécie feijão-de-porco. O tempo de 5 horas proporciona colorações excessivas em parte das sementes de feijão-de-porco.

Dentro das condições das sementes trabalhadas, os tempos ideais de pré-condicionamento e coloração são 12 horas e 4 horas, respectivamente.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. D.; MAEDA, J. A.; FALIVENE, S. MP. Efeitos de métodos de escarificação na germinação de sementes de cinco leguminosas forrageiras.

Bragantia, v. 38, p. 83-96, 1979.

BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; BARROS, D. I. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de melancia. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 176-182, 2005

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF. p.399, 2009.

Cervi, F., & Mendonça, E. A. F. Adequação do teste de tetrazólio para sementes de algodoeiro. **Revista Brasileira De Sementes**, 31(1), 177–186, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100020>

COSTA, N.P. **Metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de soja**. Piracicaba, 1992. 132f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo

COSTA, N.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PEREIRA, J.E. Avaliação de metodologia alternativa para o teste de tetrazólio para sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.2, p.302-312, 1998.

COSTA, N.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Teste de tetrazólio em sementes de soja com pré-condicionamento abreviado – Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 8p. 2008.

COSTA, N.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N. Procedimento alternativo no teste de tetrazólio em sementes de soja, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.869-877,1998.

COSTA, N. P.; MARCOS-FILHO, J. Alternative methodology for the tetrazolium test for soybean seed. **Seed Science and Technology**, v. 22, p. 9-17, 1994.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, N.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, p. 427-452, 1973.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente Brasília**: AGIPLAN, 1976. 103p.

DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de milho. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. ABRATES. p.8.4-1 - 8.4-10, 1999.

DUBOC, E.; SILVEIRA, M. C. A.; NASCENTES, T. F. Avaliação da Qualidade de Sementes de Farinha-Seca (*Albizia hasslerii*) pelo Teste de Tetrazólio. In: **AGROECOL 2018**, 4., Campo Grande – MS, 2018, Anais AGROECOL 2018. Associação Brasileira de Agroecologia, v. 13. p. 1-9., 2019.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. The tetrazolium test for seed vigor determination. In: BAALBAKI, R.; ELIAS, s.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M. B.

(Ed.) **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, NY. p.100-104, 2009.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja (Embrapa Soja, Documentos, 406), 94 p., 2018.

KryzanowskiFC, Vieira RD, FrançaNeto JB (1999) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES p. 218.

LIU, R., ZHOU, GP., CHANG, DN., GAO, SJ., HAN, M., ZHANG, JD, SOL, XF & CAO, WD.. Transfer characteristics of nitrogen fixed by leguminous green manure crops when intercropped with maize in northwestern China. *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 21, Issue 4, Pages 1177-1187, 2022. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63674-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63674-2).

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

MATRANGOLO, W. J. R., NETTO, D. A. M., FRANÇA, F. C. T., PURCINO, H. M. A. C., PEREIRA FILHO, I. A., MOREIRA, J. A. A., ... & ALBERNAZ, W. M. O Programa Bancos Comunitários de Sementes de Adubos Verdes em MG. **Revista Brasileira de Agroecologia**, vol. 4, n. 2, p. 2936-2939, 2009.

PERIN, A., SANTOS, R. H. S., URQUIAGA, S., GUERRA, J. G. M., & CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39(1), 35–40, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>

REZENDE, R. G., DE JESUS, L. L., NERY, M. C., DE SOUZA ROCHA, A., CRUZ, S. M., & DE RESENDE ANDRADE, P. C. Teste de tetrazólio em sementes de crame. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 4, p. 2539-2543, 2015.

SILVA, Clíssia Barboza da. **Potencial Fisiológico de sementes de Crotalaria juncea L.** viii, 48 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.

SOUZA, F. H. D. Sementes duras de leguminosas forrageiras. Disponível em: <https://progreseed.com.br/sementes-duras-de-leguminosas-forrageiras/> Acessado em 30/01/2023

TEODORO, Mauro Sergio; NEVES, Pedro Pereira. Banco de sementes de adubos verdes. – **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.5, n.1, p. 1279-1285, 2022.

TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, C. Oxidative processes in soybean and pea seeds. **Plant Physiology**, v. 84, p. 1038-1043, 1987.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o que foi apresentado, podemos considerar que os resultados levantados neste trabalho podem servir como base para futuras pesquisas relacionadas a produção e a qualidade de sementes de adubos verdes no Brasil, pensando em fomentar o mercado interno e estabelecer manejos específicos para as condições de cada região do nosso país.

