



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**TESTE RÁPIDO DE TINTURA DE IODO PARA
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE
GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)**

LUÍS CARLOS DE CARVALHO JÚNIOR

Brasília, DF

Mai de 2021

LUÍS CARLOS DE CARVALHO JÚNIOR

**TESTE RÁPIDO DE TINTURA DE IODO PARA
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE
GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. RICARDO
CARMONA

Coorientador: Me. JOSÉ DE OLIVEIRA
CRUZ

Brasília, DF

Mai de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

CARVALHO JÚNIOR, Luís Carlos

“TESTE RÁPIDO DE TINTURA DE IODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)” Orientação: Ricardo Carmona, Brasília, 2021. Coorientação: José de Oliveira Cruz, 2021, 63 páginas.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

1. Análise multivariada. 2. Coloração de sementes. 3. Danos mecânicos. 4. Qualidade de sementes.

I. Carmona, R. II. Drº.

III. Cruz, J.O. IV. Me.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO JÚNIOR, L. C. Teste rápido de tintura de iodo para identificação de danos em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 63 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: LUÍS CARLOS DE CARVALHO JÚNIOR

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Teste rápido de tintura de iodo para identificação de danos em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)

Grau: 3º **Ano:** 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

LUÍS CARLOS DE CARVALHO JÚNIOR - (61) 99949-0987 - **E-mail:** luiscarlosjr98v@gmail.com. **End.:** Jardins Mangueiral, Quadra 7, Rua E, Casa 44. (Jd. Mangueiral). CEP: 71 687 – 422, Jardim Botânico, Brasília, DF, Brasil.

LUÍS CARLOS DE CARVALHO JÚNIOR

**TESTE RÁPIDO DE TINTURA DE IODO PARA
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE
GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. RICARDO
CARMONA

Coorientador: Me. JOSÉ DE OLIVEIRA
CRUZ

BANCA EXAMINADORA:

Ricardo Carmona
Doutor, Universidade de Brasília – UnB
Orientador / e-mail: rcarmona@unb.br

José de Oliveira Cruz
Mestre, Universidade de Brasília – UnB
Examinador / e-mail: josecruz08@yahoo.com

Nara Oliveira Silva Souza
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Examinadora / e-mail: narasouza@unb.br

Brasília - DF, maio de 2021

Dedico este trabalho à minha mãe, Denise Witt Crestani, pelo apoio incondicional, amor, carinho e incentivo diário.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pelas bênçãos, pela proteção e por me guiar por esta longa estrada da vida.

A minha mãe, Denise Witt Crestani, por sempre estar ao meu lado; pelo amor, carinho, cuidado e criação; pelos ensinamentos e incentivos; e por ser um grande exemplo em todos os quesitos.

Aos meus avós José Jamir Sarturi Crestani e Lígia Maria Witt Crestani, pelo apoio, criação, ensinamentos, amor, carinho, e por serem exemplos a quem sigo com honra.

Ao meu pai Luís Carlos de Carvalho pelo apoio, criação, amor, e por ser um grande exemplo para mim.

As minhas tias Cristina Witt Crestani, Luciana Witt Crestani e Raquel Witt Crestani por todo incentivo, carinho e por fazerem parte da minha caminhada;

A minha avó Dilda Patriarca de Carvalho, pelo carinho, e que apesar da distância sempre me apoiou e me passou ensinamentos que sempre levarei comigo.

A minha família como um todo, por serem minha fonte de valores, meu alicerce e minha maior riqueza.

Ao professor Dr. Ricardo Carmona, pela orientação, pela experiência que me passou por meio de ensinamentos, por ser um grande exemplo de profissional e pessoa, e pela dedicação.

Ao Mestre José de Oliveira Cruz, pela orientação, comprometimento, auxílio e amizade.

A equipe de pesquisa orientada pelo professor Dr. Ricardo Carmona, em especial ao Thiago, Maiza, Antônio e Daniel, pela amizade e colaboração.

Aos meus amigos, que sempre proporcionaram bons momentos e me apoiaram.

A banca examinadora, por aceitar o convite e se dispor à avaliação.

Ao Sr. Osmar Artiaga, proprietário da Fazenda AgroGarbanzo, por sempre apoiar e incentivar a pesquisa científica e a cultura do grão-de-bico.

A Universidade de Brasília, pela grande oportunidade que foi me dada e pelos decorrentes e diversos ensinamentos que a mim foram fornecidos.

CARVALHO JÚNIOR, Luís Carlos. **Teste rápido de tintura de iodo para identificação de danos em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. 2021. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é cultivado e consumido em todo o mundo. A morfologia das sementes de grão-de-bico favorece a incidência de danos. Atualmente, o teste empregado para a análise de danos em sementes de grão-de-bico é o teste de tetrazólio, porém o período requerido para sua realização pode influenciar diversos estágios da cadeia produtiva. Tendo em vista a necessidade do desenvolvimento de um teste rápido para a avaliação e determinação de danos em suas sementes, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar a eficácia de diferentes concentrações e tempo de exposição ao iodo, em solução, na determinação de danos em sementes de grão-de-bico. Na primeira parte foi avaliado o efeito da concentração da tintura de iodo e do tempo de imersão das sementes de um lote de grão-de-bico, em sementes intactas (não danificadas) e em sementes artificialmente danificadas. Foram testadas as concentrações: 5, 10 e 15% (de produto comercial com 2% de iodo); e os tempos: 2,5; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 minutos. Na segunda parte, em dez lotes de sementes, após avaliar a qualidade fisiológica e física, aplicou-se o teste de iodo na concentração de 10% do produto comercial, por um período de 10 minutos. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em que os dados foram submetidos à ANOVA, teste de Scott-Knot (5%), análise de regressão, análise multivariada de agrupamento e componentes principais e correlação de *Pearson*. Concluiu-se que, para aferição do nível de danos em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), é recomendada a realização do teste de iodo com concentração igual a 10% (do produto comercial com concentração de iodo igual a 2%) durante 10 minutos. O teste rápido de tintura de iodo é eficiente na detecção de danos em sementes de grão-de-bico, visto que seus resultados apresentam alta correlação com as ferramentas empregadas previamente para a identificação e determinação desses danos.

Palavras-chave: Análise multivariada, Coloração de sementes, Danos mecânicos, Qualidade de sementes.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Grãos de grão-de-bico tipo Desi (A) e tipo Kabuli (B). Fonte: Nascimento et al. (2016). **22**
- Figura 2.** Sementes intactas de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo (classificadas como não danificadas visualmente)..... **29**
- Figura 3.** Danificação induzida artificialmente em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, na posição oposta à protuberância radicular, com o auxílio de lâmina de bisturi..... **29**
- Figura 4.** Danos induzidos artificialmente em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, na posição oposta à protuberância radicular, com o auxílio de lâmina de bisturi. Danos com formato circular e tamanho variando entre 2-3 milímetros de diâmetro..... **30**
- Figura 5.** Processo de coloração de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em solução de tintura de iodo. **30**
- Figura 6.** Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, atacadas por insetos. **34**
- Figura 7.** Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, apresentando ruptura no tegumento. **34**
- Figura 8.** Sementes quebradas (tamanho maior do que 50% em relação ao tamanho original) de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo. **35**
- Figura 9.** Porcentagem de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, artificialmente danificadas e não danificadas, coloridas em distintas concentrações de 5 (A), 10 (B) e 15% (C) nos tempos de embebição em solução de iodo lugol (concentração industrial: 2%) **38**
- Figura 10.** Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, apresentando danos induzidos na posição oposta à protuberância radicular, antes (A) e após (B) serem submetidas ao teste de tintura de iodo..... **40**
- Figura 11.** Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, danificadas por insetos, apresentando coloração em seus danos após a realização do teste de tintura de iodo..... **48**
- Figura 12.** Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, com ruptura do tegumento, apresentando coloração em seus danos após a realização do teste de tintura de iodo..... **48**
- Figura 13.** Sementes puras quebradas (tamanho maior do que 50% em relação ao tamanho original) de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, apresentando coloração em seus danos após a realização do teste de tintura de iodo. **49**
- Figura 14.** Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, não danificadas, apresentando ausência de coloração após a realização do teste de tintura de iodo..... **49**
- Figura 15.** Representação da variação expressiva da Distância Euclidiana entre as variáveis consideradas, que permitiu a separação de grupos (A); dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de

Ward baseado na Distância Euclidiana (B), em que as letras “L” são referentes aos lotes e suas respectivas denominações; e caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico de K-means (C), obtidos a partir da avaliação de 9 caracteres relacionados à qualidade fisiológica, física e do teste de tintura de iodo em 10 lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em que: PCG = primeira contagem de germinação; G = germinação; PA = plântulas anormais; SM = sementes mortas; Via = viabilidade, obtida via teste de tetrazólio; Vig = vigor, obtido via teste de tetrazólio; SC = sementes coloridas, obtidas pelo teste de tintura de iodo; DN = somatório dos danos analisados por número de sementes danificadas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas..... **50**

Figura 16. Gráfico biplot com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (1 e 2) obtidos a partir da avaliação de 9 caracteres relacionados a qualidade fisiológica e física de 10 lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em que: PCG = primeira contagem de germinação; G = germinação; PA = plântulas anormais; SM = sementes mortas; Via = viabilidade, obtida via teste de tetrazólio; Vig = vigor, obtido via teste de tetrazólio; SC = sementes coloridas, obtidas pelo teste de tintura de iodo; DN = somatório dos danos analisados por número de sementes danificadas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas. As letras “L” são referentes aos lotes e suas respectivas denominações. **54**

Figura 17. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre variáveis da qualidade fisiológica e física de 10 lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em que: PCG = primeira contagem de germinação; G = germinação; PA = plântulas anormais; SM = sementes mortas; Via = viabilidade, obtida via teste de tetrazólio; Vig = vigor, obtido via teste de tetrazólio; SC = sementes coloridas, obtidas pelo teste de tintura de iodo; DN = somatório dos danos analisados por número de sementes danificadas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas..... **55**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Origem dos lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, usados para a avaliação do nível de danos mecânicos mediante o teste de iodo a 10% durante 10 minutos em função do ano de colheita, mês de colheita, método de colheita (manual ou mecanizada), e velocidade do cilindro trilhador empregada na colhedora de trilha de fluxo axial (em rotações por minuto). **31**
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para porcentagem de Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, Danificadas Artificialmente (SDA) e Sementes Não Danificadas (SND) submetidas a Concentrações (C) e Tempos (T) da solução de tintura de iodo. **36**
- Tabela 3.** Média da porcentagem de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, danificadas artificialmente e não danificadas, em relação ao efeito do tempo de imersão na coloração (%) das sementes nas diferentes concentrações de solução de iodo e vice-versa..... **37**
- Tabela 4.** Valores médios da determinação do teor de água, qualidade fisiológica e dano mecânico em dez lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília – DF, 2021. **41**
- Tabela 5.** Valores médios da avaliação física das sementes danificadas em dez lotes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília – DF, 2021. **45**
- Tabela 6.** Valores médios do teste de danos com iodo em 10 (dez) lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília – DF, 2021. **47**
- Tabela 7.** Correlação das variáveis com cada componente principal e variabilidade dos dados de qualidade fisiológica, física e do teste de tintura de iodo de dez lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo. **52**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. O grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	16
2.1.1. Botânica	16
2.1.2. Origem e consumo	17
2.1.3. Aptidão climática e ambiental	17
2.1.4. Produção	18
2.1.5. Composição e uso.....	19
2.2. Tipos de grão-de-bico e características de suas sementes	20
2.2.1. Tipo Desi:	20
2.2.2. Tipo Kabuli:.....	21
2.2.3. Morfologia de sementes de grão-de-bico	22
2.3. Qualidade de sementes	22
2.3.1. Qualidade fisiológica	23
2.3.2. Qualidade física.....	24
2.3.3. Danos mecânicos	24
2.4. Teste de tintura de iodo.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Primeiro experimento	28
3.2. Segundo experimento	31
3.2.1. Teste de danos com iodo.....	31
3.2.2. Testes de qualidade fisiológica	32
3.2.2.1. Teste de germinação	32
3.2.2.2. Primeira contagem de germinação.....	32
3.2.2.3. Desenvolvimento de plântulas.....	32
3.2.2.4. Teste de vigor e viabilidade em Tetrazólio	33
3.2.3. Testes de qualidade física	33
3.2.3.1. Sementes danificadas (porcentagem em peso):	33
3.2.3.2. Sementes danificadas (porcentagem em número):.....	34

3.3. Delineamento experimental	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Experimento 1: Efeito da concentração da tintura de iodo e do tempo de imersão das sementes de um lote de grão-de-bico, cultivar Aleppo, em solução.	36
4.2. Determinação do teor de água e avaliação da qualidade fisiológica, física e danos com iodo em lotes de sementes de grão-de-bico cultivar Aleppo.....	40
5. CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma importante leguminosa cultivada, sendo a segunda mais consumida no mundo (NASCIMENTO et al., 2016). Esta espécie é cultivada em mais de 50 países; é rica em fibras, β -caroteno e minerais, como fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco (GAUR et al., 2010). Esta cultura é particularmente importante nas dietas vegetarianas, e vem crescendo ano após ano em razão de sua composição nutricional e da diversificação de seu uso.

A produção no mundo é, majoritariamente, oriunda da Índia, Paquistão, Rússia, Turquia, Iran, Myanmar e Austrália, e na América do Sul destaca-se a Argentina, país que detém a maior produção da região (FAOSTAT, 2018; 2019). A produção de grão-de-bico no Brasil ainda não foi consolidada no continente, porém vem crescendo em bons níveis ano após ano. No Brasil, a pequena produção de grão-de-bico tem sido insuficiente para atender ao consumo interno, havendo necessidade de importar quantidades crescentes (ARTIAGA et al., 2015).

Vários estudos têm sido realizados para investigar o potencial produtivo e selecionar genótipos com características superiores para o cultivo no Cerrado em condições de sequeiro e com irrigação e tem sido verificado que essa cultura pode constituir uma excelente opção de cultivo nessa região (ARTIAGA et al., 2015).

As sementes do grão-de-bico apresentam elevados níveis de sacarose e apresentam uma protuberância causada pelo crescimento do eixo embrionário (NASCIMENTO et al., 2016), apresentando variações de tamanho de acordo com o grupo. Existem dois tipos de grão-de-bico. O tipo Desi é também conhecido como microsperma por possuir sementes menores como característica, enquanto o tipo Kabuli pode ser denominado macrosperma por apresentar tamanhos maiores de sementes em comparação ao tipo Desi.

Em ambos os tipos é notada a presença de um tegumento protetor em suas sementes (NASCIMENTO et al., 2016). Apesar do tegumento das sementes do tipo Desi se equivaler a 14% da massa total da semente, sendo 9% maior do que o tipo Kabuli (WOOD et al., 2011), o tegumento é sensível e

frágil nos dois grupos, e com isso tornam-se mais vulneráveis a danos mecânicos nos processos desde a colheita, beneficiamento e armazenamento.

Os danos mecânicos afetam diretamente a qualidade fisiológica de sementes. Estes danos acontecem durante a produção de sementes e trata-se de danos físicos que podem ser causados na colheita, por impactos nos mecanismos de trilha ou com altas velocidades; no beneficiamento, com uso inadequado ou de equipamentos desregulados; no armazenamento, no transporte e no próprio manejo das sementes (LOPES et al., 2011).

Muitas vezes, ainda em campo, torna-se necessário conhecer os níveis de danos que estão ocorrendo, para que sejam realizados ajustes nas regulagens das colheitadeiras ou nas máquinas no processo de beneficiamento (LOPES et al., 2011).

Com isso, o uso de testes para identificar os danos mecânicos é de grande importância, desde que, estes sejam rápidos e precisos na identificação dos danos (MELO et al., 2012). Dentre estes testes, podem ser utilizados o teste de tetrazólio em sementes de grão-de-bico (PARÁISO et al., 2019), hipoclorito de sódio em análises de sementes de soja (ALBANEZE et al., 2018) e o teste de tintura de iodo em milho (CARVALHO et al., 2011). Estes dois últimos, são testes considerados rápidos, de fácil execução, econômicos e de fácil interpretação. Apesar disso, não há adequação de metodologias desse último teste para a cultura do grão-de-bico.

O teste de tintura de iodo surgiu como uma alternativa viável e prática para a cultura do milho. Este teste foi eficiente na identificação de danos mecânicos, separando lotes de sementes de milho de acordo com a presença, localização e intensidade dos danos (CARVALHO et al., 2011). O iodo é um elemento pouco solúvel em água, e sua solução aquosa possui coloração castanha (SANTOS & AFONSO, 2013). Ao encontrar-se com amido, ocorre uma reação que ocasiona uma mudança na coloração da solução, de modo a ficar azulada (SANTOS & AFONSO, 2013). Esta coloração caracteriza-se por ser um azul bem escuro. Este fato ocorre, devido à oclusão do iodo nas cadeias lineares da amilose (DENARDIN & SILVA, 2008).

Para analisar os danos em sementes de grão-de-bico, geralmente é feito o teste de tetrazólio, porém este teste leva horas para obtenção dos resultados (BRASIL, 2009). É relativamente caro e demanda mão-de-obra especializada,

o que pode prejudicar o andamento e eficiência do setor de comércio das sementes, além de impossibilitar uma análise que possa ser empregada na regulação das máquinas de colheita e de pós-colheita em caso de eventuais danos mecânicos excessivos. Assim, há a necessidade do desenvolvimento de um teste mais rápido, eficiente, e que possa ser confiável quanto à avaliação dos danos mecânicos existentes em sementes de grão-de-bico.

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar a eficácia de diferentes concentrações e tempos de exposição ao iodo, na determinação de danos em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)

2.1.1. Botânica

O grão-de-bico cultivado pertence à família Fabaceae (Leguminosae), e é abrangida pelo gênero *Cicer*, sendo pertencente à subfamília Papilionoideae e à tribo *Cicereae* Alef. (MILLÁN et al., 2015). Apresenta autopolinização frequente, porém pode apresentar uma pequena taxa de fecundação cruzada devido a abelhas (VIEIRA et al., 2001).

As linhagens cultivadas possuem um hábito de crescimento ereto, são diploides ($2n = 16$), e podem apresentar sementes com o tegumento liso, rugoso, granuloso ou tuberculado (LADIZINSKY & ADLER, 1976), variando entre os tipos Desi ou Kabuli.

É uma planta herbácea, anual, ereta, e toda a superfície externa da planta, com exceção da corola é coberta com pêlos (VIEIRA et al., 2001). Estes pêlos são denominados tricomas, em sua maioria glandulares, secretando substâncias ácidas que possuem a capacidade de proteger a planta contra insetos, sendo tal substância formada por ácidos málico, oxálico e cítrico (GAUR et al., 2010).

Sua altura varia de 30-70 centímetros, e seu sistema radicular geralmente é profundo e forte. Apresentam fixação biológica de nitrogênio em suas raízes laterais, de modo que desenvolvem nódulos, ligeiramente achatados em forma de leque, em simbiose com a bactéria *Rhizobium*, que promove a fixação de nitrogênio atmosférico em forma útil (GAUR et al., 2010). Estes autores afirmam que os nódulos são visíveis cerca de um mês após a emergência da plântula.

Ladizinsky & Adler (1976) buscando identificar a espécie selvagem progenitora do grão-de-bico cultivado (*Cicer arietinum* L.), realizaram hibridização entre as espécies de grão-de-bico selvagens *C. achinospermum*, *C. reticulatum*, e linhagens da espécie cultivada *Cicer arietinum*, de modo a analisarem os cruzamentos possíveis entre as mesmas, identificando que o único cruzamento que resultava em híbridos férteis era entre as linhagens

cultivadas e a espécie *Cicer reticulatum*, sendo assim possível considerar esta espécie como a progenitora selvagem da espécie cultivada *Cicer arietinum*.

2.1.2. Origem e consumo

O grão-de-bico é originário da região sudeste da Turquia, sendo seu consumo majoritariamente concentrado no Oeste da Ásia, Norte e Leste da África, Sudoeste Europeu e Centro Americano. É uma das leguminosas mais consumidas no mundo, ocupando o 2º lugar no ranking mundial, atrás apenas da soja (NASCIMENTO et al., 2016).

É cultivado em quase todas as partes do mundo, sendo denominado por vários nomes que variam com locais e países, como Hamas, Hommos, Humz, Nakhi e Melanch em Países árabes, Kekeer na Holanda, Kichererbse na Alemanha e Bélgica, Ceseror e Cicerolle na França, Ceci na Cidade do Vaticano e Suíça, Simbra na Etiópia; Lablabi na Turquia; Garbanzo ou Garbanzobean na Espanha; Gravanço em Portugal; e Ovetichie na Rússia. Por ser presente na dieta de variadas culturas e países, afirma-se que há bastante diversidade no seu cultivo e em seu uso (SINGH et al., 2014).

Para fins de alimentação humana, a produção de grão-de-bico alcança o primeiro lugar quando se refere ao sul da Ásia, sendo um grande recurso alimentar para milhões de pessoas na obtenção de proteínas (GAUR et al., 2010).

2.1.3. Aptidão climática e ambiental

Clima frio, seco e com alta taxa de luminosidade resultam em uma ótima resposta produtiva no cultivo do grão-de-bico. Assim, seu cultivo é realizado na safra de inverno em áreas tropicais e como safra de verão ou primavera em climas temperados (GAUR et al., 2010).

O grão-de-bico pode ser cultivado em uma ampla faixa climática, desde o sub-tropical até ao árido e semiárido das regiões Mediterrânicas (NASCIMENTO et al., 2016). Tal característica, aliada ao avanço tecnológico empregado no melhoramento genético de novas cultivares, favorece a produção em maiores áreas, visto que os países que detêm a maior produção estão situados nessas condições climáticas.

O florescimento desta espécie é afetado principalmente pelo fotoperíodo, pela disponibilidade hídrica e pela temperatura, sendo estes os principais fatores abióticos para o processo, que é atrasado quando há a incidência de baixas temperaturas e um menor fotoperíodo (GAUR et al., 2010).

A faixa de temperaturas que limita a capacidade produtiva da cultura corresponde a 15-35 °C, podendo, caso ultrapassada para cima ou para baixo, gerar abortamento das flores, indicando a grande sensibilidade desta espécie no período reprodutivo (GAUR et al., 2010).

2.1.4. Produção

A produção mundial de grão-de-bico em 2018 foi estimada em 16.135.405 toneladas, em uma área correspondente a 15.393.357 hectares, correspondendo a uma produtividade de 1.048 kg por hectare. Quando comparada ao ano de 2019, é notada uma queda de produção, visto que em 2019 foram produzidas cerca de 14.246.295 toneladas, em uma área em torno de 13.718.980 hectares, o que resulta em uma produtividade de 1.038 kg/ha (FAOSTAT, 2018; 2019).

Apesar da queda observada nos números, a perspectiva para o futuro próximo é de aumento produtivo, visto o crescimento populacional e a busca por alternativas proteicas para serem inseridas no lugar de outras fontes mais usuais. Desse modo, o grão-de-bico se posiciona como uma ótima alternativa alimentar devido à sua qualidade nutricional. Deve-se levar em consideração que a agricultura é uma atividade dinâmica e influenciada por diversos fatores, o que pode justificar a oscilação nos dados de produção, área cultivada, e produtividade.

Nascimento et al. (2016) mencionam que a diminuição da área ao longo dos anos pode ser justificada pelo desenvolvimento de novas cultivares, que garantem um maior rendimento, e também às novas tecnologias de produção.

O país que detém a maior área colhida e a maior produção é a Índia, com valores correspondentes a 9.547.030 hectares e 9.937.990 toneladas no ano de 2019, e na sequência, os países que detém as maiores áreas cultivadas (ha) são: Paquistão (943.058), Rússia (551.663), Turquia (517.785), Iran (456.404), Myanmar (379.607), e Austrália (263.000) (FAOSTAT, 2018; 2019).

Na América do Sul, em 2019, foram produzidas 138.871 toneladas em 70.327 ha, enquanto em 2018 foram colhidas 147.336 toneladas em 77.886 ha. Desprende-se desses números que a produção da cultura diminuiu, porém é observado o aumento na produtividade, ainda que pouco significativo, ao ter alcançado 1.975 kg/ha em 2019, 83 kg a mais por hectare do que 2018 (FAOSTAT, 2018; 2019). A produção é concentrada na Argentina, que se destaca como maior produtor da região, sendo o restante da produção proveniente da Bolívia, Chile, Colômbia e Peru.

A produção de grão-de-bico no Brasil ainda não foi consolidada, porém vem crescendo em bons níveis ano após ano. No Brasil, a pequena produção de grão-de-bico tem sido insuficiente para atender ao consumo interno, havendo necessidade de importar quantidades crescentes (ARTIAGA et al., 2015), provenientes da Argentina, México e Turquia, em sua maioria.

2.1.5. Composição e uso

O grão-de-bico é uma fonte econômica de proteína vegetal, aminoácidos essenciais e outros nutrientes (MANICKAVASAGAN & THIRUNATHAN, 2020). Os grãos apresentam 41-51% de carboidratos (ARTIAGA et al., 2015). A fração proteica do grão-de-bico cru e da farinha de grão-de-bico correspondem a cerca de 19,3% e 22,4%, respectivamente, sendo constituída por albuminas, globulinas, prolaminas, glutelinas e proteínas residuais (MANICKAVASAGAN & THIRUNATHAN, 2020).

O teor de lipídios das sementes de grão-de-bico e da farinha de sementes é de cerca de 6,04 e 6,69 g/100 g, respectivamente. Os principais constituintes dos lipídios neutros incluem triglicerídeos e a lecitina, principal fosfolípido constituinte dos lipídios polares (MANICKAVASAGAN & THIRUNATHAN, 2020).

Nutrientes como o cálcio, magnésio, fósforo e, especialmente, potássio também são constituintes do grão-de-bico, que apresenta também vitaminas importantes, como riboflavina, niacina, tiamina, folato e o precursor da vitamina A, o β -caroteno. Em geral, o grão-de-bico é uma leguminosa importante, com uma ampla gama de potenciais benéficos, nutricionais e de saúde (JUKANTI et al., 2012). Estes mesmo autores evidenciaram possíveis efeitos benéficos dos componentes do grão-de-bico na redução do risco de várias doenças crônicas,

ainda que haja limitação nos dados relativos no que tange ao mecanismo de ação para este fim.

Pelo seu valor nutricional, pode ser utilizado para o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado, e assim resultar em um produto mais econômico, acessível, com uma maior disponibilidade e riqueza nutricional, o que é buscado em estratégias alimentares (MANICKAVASAGAN & THIRUNATHAN, 2020). Essa é uma boa alternativa, visto que o grão-de-bico apresenta compostos antinutricionais, como ocorre em outras leguminosas, que podem ser reduzidos ou eliminados através de diversas técnicas de cozimento (JUKANTI et al., 2012).

Seu uso é diversificado, podendo ser consumido através de pães, biscoitos, *muffins*, massas, sobremesas lácteas, entre outros (MANICKAVASAGAN & THIRUNATHAN, 2020).

Grãos do tipo Kabuli geralmente são consumidos cozidos e inteiros, podendo, também, serem utilizados para outros fins, sendo amplamente empregados em diversas receitas, principalmente no Oriente Médio, onde muitas vezes são moídas para se obter o “*hommus*” (WOOD et al., 2011). Os grãos do tipo Desi também podem ser consumidos inteiros, dependendo do genótipo, porém a maior parte é destinada ao processamento, sendo nesse caso a semente cortada ao meio, para a posterior produção de farinha (WOOD et al., 2011).

Esta espécie se tornou um constituinte básico das dietas asiáticas (MILLÁN et al., 2015). Seus brotos também podem ser empregados na alimentação humana, sendo benéficos devido à potencialização do teor de isoflavonóides no processo de germinação das sementes (SCHLICHTING et al., 2020).

2.2. Tipos de grão-de-bico e características de suas sementes

2.2.1. Tipo Desi:

O grão-de-bico Desi é o tipo mais produzido no mundo, sendo a maioria de sua produção concentrada na Índia, que detém a maior área cultivada dessa cultura (WOOD et al., 2011). O que representa em torno de 80-85% da área cultivada com grão-de-bico no mundo. (GAUR et al., 2010).

As sementes do tipo Desi geralmente são pequenas, ásperas em sua superfície, apresentam um tegumento mais espesso, e sua coloração varia abrangendo vários tons e combinações de marrom, amarelo, verde e preto (GAUR et al., 2010).

Apresenta semente com forma angular, com um bico proeminente e característico que abriga o eixo embrionário (WOOD et al., 2011). O peso das sementes varia entre 0,1-0,3 g, dependendo do genótipo (WOOD et al., 2011).

As plantas apresentam vários graus de pigmentação, devido à antocianina presente, e as flores geralmente são de coloração rosa, porém alguns genótipos apresentam flores brancas e ausência de pigmentação no caule (GAUR et al., 2010).

2.2.2. Tipo Kabuli:

As características das sementes do tipo Kabuli incluem superfície lisa, coloração que varia de branco a bege, formato de cabeça de carneiro, tegumento fino, e maior porte em relação ao tipo Desi, garantindo, de acordo com o tamanho do grão, uma melhor remuneração para os produtores (GAUR et al., 2010).

As sementes são mais pesadas, variando entre 0,2-0,6 g. O bico das sementes é menos pronunciado, e o tegumento equivale a 5% do peso total da semente, 9% a menos quando comparado ao tipo Desi, em que o tegumento equivale a 14% da massa da semente (WOOD et al., 2011).

Apresentam níveis mais baixos de fibra em comparação ao tipo Desi, porém maiores concentrações de sacarose. Suas flores são brancas e não apresentam pigmentação por antocianina no caule (GAUR et al., 2010).



Figura 1. Grãos de grão-de-bico tipo Desi (A) e tipo Kabuli (B). Fonte: Nascimento et al. (2016).

2.2.3. Morfologia de sementes de grão-de-bico

A semente de grão-de-bico é composta pelo embrião, que corresponde à maior parte da mesma, sendo protegido pelo tegumento, compreendendo dois cotilédones unidos e localizados da faixa adaxial, o hipocótilo e a radícula, estando as últimas duas estruturas citadas localizadas no bico (WOOD et al., 2011).

Suas sementes são providas, em seu lado ventral, pelo hilo e pela micrópila, que são envoltos pelo anel de hilo (coroa). O hilo equipara-se a uma cicatriz, por onde a semente recebe os fotoassimilados provenientes da planta, ou seja, o ponto de ligação durante seu desenvolvimento. Já a micrópila é um pequeno poro por onde ocorre a entrada e saída de água na semente (WOOD et al., 2011).

A rafe situa-se abaixo da coroa, e abaixo, no mesmo sentido, encontra-se a base do óvulo, chamada de chalaza. Tais estruturas são presentes tanto nas sementes do tipo Kabuli quanto Desi, podendo se distinguir em sua cor, tamanho e destaque (WOOD et al., 2011).

2.3. Qualidade de sementes

Na agricultura o sucesso é dependente de vários fatores, e qualidade das sementes empregadas ocupa um alto cargo de importância na obtenção de resultados positivos (NASCIMENTO et al., 2016).

De acordo com França-Neto (2009), o intenso crescimento e a otimização da produção de grandes culturas são frutos do emprego de cultivares melhoradas geneticamente, assim como das técnicas aprimoradas de produção, se destacando o uso de sementes de boa qualidade.

A qualidade de sementes é determinada pela interação entre a qualidade física, fisiológica, sanitária e genética, sendo, cada um desses fatores, limitantes quanto ao potencial qualitativo, ou seja, o mau desempenho de um desses fatores compromete o resultado final (FRANÇA-NETO, 2009).

O emprego de sementes de baixa qualidade resulta em dificuldades na colheita, desuniformidade da lavoura, perda de produtividade e da qualidade do produto colhido (NASCIMENTO et al., 2016).

Com o surgimento de novas técnicas de produção e da evolução das análises de sementes, aliados à implementação do sistema de gestão da qualidade, assim como a adoção, por parte governamental, de novas legislações que promovam e regulam a qualidade na área de produção e análise laboratorial, pôde-se alcançar um maior patamar no tocante à qualidade de sementes (FRANÇA-NETO, 2009).

2.3.1. Qualidade fisiológica

A qualidade fisiológica de uma semente é caracterizada por uma alta porcentagem de germinação e alto vigor, sendo determinada em decorrência destes dois fatores (FARÍAS et al., 2018). Em laboratório, sob condições ideais, a germinação de um lote de sementes é quantificada em decorrência da porcentagem de sementes germinadas em função do total de uma amostra (FARÍAS et al., 2018). As condições do teste de germinação são padronizadas e permitem uma germinação mais regular, rápida e completa das amostras (BRASIL, 2009).

A germinação é definida em testes laboratoriais como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal em campo. A porcentagem de germinação é resultante da quantidade de sementes que produziu plântulas classificadas como normais (BRASIL, 2009).

Já o vigor é visto como a força ou a capacidade de desenvolvimento de uma planta, de modo a garantir resistência frente à eventuais condições

adversas (FARÍAS et al., 2018). Se posiciona como um dos principais atributos a ser considerado na implantação de uma lavoura (SCHEEREN et al., 2010).

Scheeren et al. (2010), pesquisando acerca da qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja, destacam a importância do emprego de um teste de vigor anteriormente à semeadura, visto que somente o teste de germinação pode resultar em resultados imprecisos na determinação da densidade de semeadura para que se possa ter um estande adequado. Também concluíram que sementes de soja que apresentam alto vigor proporcionam maior produtividade e um maior porte até os 75 dias após a semeadura (SCHEEREN et al., 2010).

2.3.2. Qualidade física

Os atributos mais importantes relativos à qualidade física de sementes são a pureza física, o teor de umidade, os danos mecânicos, o peso de 1000 sementes, a aparência, e o peso volumétrico (PESKE et al., 2006).

A qualidade física está relacionada com a integridade da semente, ausência de impurezas como terra, pedras, partes da planta ou animais, sendo também determinada pela ausência de sinais de ataque por pragas (FARÍAS et al., 2018).

2.3.3. Danos mecânicos

Os danos mecânicos afetam diretamente a qualidade de sementes. Estes danos acontecem durante a produção de sementes e trata-se de danos físicos que podem ser causados na colheita, por impactos nos mecanismos de trilha ou com altas velocidades; no beneficiamento, com uso inadequado ou de equipamentos desregulados; no armazenamento, no transporte e no próprio manejo das sementes (LOPES et al., 2011).

As sementes de grão-de-bico, principalmente das cultivares do tipo kabuli, são mais suscetíveis a danos mecânicos durante a semeadura (NASCIMENTO et al., 2016).

Alguns autores verificaram que lotes de sementes de soja com elevado índice de danos, seja de quebras ou ruptura do tegumento, afetaram diretamente sua qualidade fisiológica (LOPES et al., 2011).

Assim, a regulagem da semeadeira é um fator determinante na porcentagem de sementes danificadas mecanicamente. Este fator, aliado à germinação hipógea destas sementes, poderá afetar o estabelecimento de plantas em campo (NASCIMENTO et al., 2016).

Shahbazi (2010) observou em suas pesquisas acerca da susceptibilidade de variedades de grão-de-bico frente a danos mecânicos, que os danos constatados em suas amostras foram intensificados em função da variedade das sementes e da velocidade de impacto que tais sementes foram expostas, resultando em redução de germinação em todos os casos. Isto expõe o cuidado que se deve ter na regulagem das máquinas agrícolas utilizadas para o cultivo, plantadeiras e colheitadeiras, para minimizar potenciais danos em sementes, que pode variar, também, de acordo com as características da cultura.

Shahbazi et al. (2017) também relatam diferença significativa relacionada a danos mecânicos, os quais resultaram em quebras de sementes, entre as classes de lentilha verde e vermelha, ocorrendo variações, também, de acordo com o teor de umidade das sementes.

Segundo Shahbazi et al. (2017), a interação física entre a massa das sementes ou grãos e as máquinas utilizadas nas operações de colheita e pós-colheita influenciam negativamente em sua qualidade, o que pode resultar na ruptura do tegumento e na fragmentação da semente, demonstrando ser essa uma área interessante e importante para a pesquisa científica.

Na colheita, Nascimento et al. (2016) sugerem o uso de colheitadeiras de cilindro axial ou de duplo batedor para minimizar os danos mecânicos e preservar a qualidade do grão ou semente. Shahbazi et al. (2014) identificaram menores porcentagens de sementes quebradas quando a colheita é realizada em sementes que apresentam uma taxa 20% de umidade.

Porém a identificação visual de danos mecânicos pode ser comprometida em sementes com um maior teor de umidade, podendo até ser mais intensos, visto que o teor de água mais elevado pode provocar o amassamento (PESKE et al., 2006). Isso se deve à “elasticidade” garantida pela maior concentração hídrica, que pode, sob influência mecânica, resultar em amassamento da massa biológica das sementes. Do contrário, sob umidade mais baixa, ocorre o trincamento das sementes (PESKE et al., 2006).

Boeing et al. (2014), em suas pesquisas acerca de danos em soja, afirmam que a realização da colheita com elevados teores de umidade promove danos por amassamento de grãos, assim como a decorrente aceleração do metabolismo da semente.

A susceptibilidade das sementes em razão de danos mecânicos depende da morfologia, de acordo com a forma, tamanho e a localização das estruturas essenciais (PESKE et al., 2006).

As sementes de leguminosas, em geral, são sensíveis ao dano mecânico em função de sua morfologia e fragilidade. O grão-de-bico requer uma atenção especial devido à exposição de seu eixo hipocótilo-radícula, que morfologicamente fica em posição muito vulnerável à incidência de danos (FARÍAS et al., 2018). Peske et al. (2006) ressaltaram que ocorre dano mais comprometedor quando incidido no eixo embrionário.

Com isso, o uso de testes rápidos para identificar os danos mecânicos é de grande importância, desde que estes sejam rápidos e precisos na identificação dos danos (MELO et al., 2012).

Vários testes rápidos para análise da qualidade de sementes podem ser realizados, como os testes de tetrazólio, condutividade elétrica, pH do exsudato (fenolftaleína), verde rápido, tintura de iodo, entre outros (DODE et al., 2013).

Para identificação de danos mecânicos, podem ser utilizados o teste de tetrazólio (PARAÍSO et al., 2019), hipoclorito de sódio em análises de sementes de soja (ALBANEZE et al., 2018) e o teste de tintura de iodo em milho (CARVALHO et al., 2011).

Em relação ao teste de tetrazólio, há a limitação pelo tempo requerido, visto que necessita que as sementes estejam embebidas para que possa ocorrer a coloração das células vivas (BRASIL, 2009). O período necessário para a realização do teste, que é o mais utilizado para o grão-de-bico, pode dificultar o processo de comercialização de sementes e alguma eventual prevenção de danos em campo, partindo de uma análise no momento da colheita.

2.4. Teste de tintura de iodo

O teste de tintura de iodo é realizado com base em uma solução com determinada concentração do elemento, de modo a imergir sementes nessa

solução por determinado tempo, se caracterizando por ser um teste bastante utilizado para a avaliação rápida de danos mecânicos em milho (MELO et al., 2012; NASCIMENTO, 2013; CARVALHO et al., 2011).

O iodo é um elemento pouco solúvel em água e sua solução aquosa possui coloração castanha (SANTOS & AFONSO, 2013). Ao encontrar-se com amido, ocorre uma reação que ocasiona uma mudança na coloração da solução, de modo a ficar azulada (SANTOS & AFONSO, 2013). Esta coloração caracteriza-se por ser um azul bem escuro.

Huang et al. (2007) analisando as propriedades físico-químicas de amido, constataram que o amido foi, em suas amostras de sementes de grão-de-bico, o componente mais abundante, representando 50,4% da semente, sendo essa quantidade de amido composta por 20,7%-42,2% de amilose. A amilose é um tipo de amido e, em soluções aquosas neutras, sua estrutura possui a capacidade de interagir com o iodo (DENARDIN & SILVA, 2008).

Oliveira et al. (2009) também verificaram uma alta taxa de concentração de amido relativa ao teor total de carboidratos em sementes de grão-de-bico, de cerca de 95,82%.

Visto a composição das sementes de grão-de-bico em relação ao teor de amido, assim como a carência de estudos acerca de testes rápidos para identificação de danos mecânicos em grãos e sementes da cultura, têm-se o teste de tintura de iodo como um método promissor para ser realizado em campo, facilitando análises na colheita, beneficiamento e comercialização.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de grão-de-bico da cultivar Aleppo foram colhidas em 2019 e 2020, na Fazenda AgroGarbanzo, localizada em Cristalina - GO. Após a colheita, os lotes de sementes foram acondicionados em embalagens de papel Kraft e encaminhadas para o laboratório. No Laboratório de Análise de Sementes da Universidade de Brasília os lotes de sementes foram armazenados à temperatura de 5 °C e cerca de 10% de umidade (base úmida).

Foram selecionados dez lotes de sementes, com características variadas, para fins de avaliação quanto à capacidade de identificação de danos do teste de tintura de iodo em situações distintas. Os lotes que foram colhidos em 2019 permaneceram durante um ano e os lotes que foram colhidos em 2020 foram armazenadas por quatro meses. Em seguida, as sementes foram submetidas às análises.

Este trabalho foi dividido em dois experimentos. O primeiro foi realizado buscando identificar a metodologia adequada para o emprego do teste de tintura de iodo, enquanto no segundo experimento buscou-se avaliar diferentes lotes de sementes de grão-de-bico, colhidos de diferentes modos, quanto aos danos com iodo, qualidade fisiológica e física.

3.1. Primeiro experimento

Avaliou-se o efeito da concentração da tintura de iodo e do tempo de imersão no processo de coloração de danos nas sementes de um lote de grão-de-bico cultivar Aleppo.

Para determinação da metodologia do teste, as sementes de um lote foram avaliadas visualmente e separadas em danificadas e não danificadas. Sementes consideradas não danificadas foram selecionadas com base em sua integridade, sendo classificadas dessa maneira quando da ausência de rachaduras, quebras, ruptura do tegumento, e ataque por insetos em sua estrutura. Por outro lado, quando algum desses danos se fazia presente na semente, essa era classificada como semente danificada. Nesta etapa foram utilizadas apenas sementes visualmente intactas (sementes não danificadas) (Figura 2).



Figura 2. Sementes intactas de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo (classificadas como não danificadas visualmente).

Parte das sementes intactas foram submetidas ao dano induzido a partir de um corte com lâmina de bisturi na posição oposta à protuberância radicular, gerando dano com formato aproximadamente circular e com tamanho de cerca de 2-3 milímetros de diâmetro (Figuras 3 e 4).



Figura 3. Danificação induzida artificialmente em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, na posição oposta à protuberância radicular, com o auxílio de lâmina de bisturi.



Figura 4. Danos induzidos artificialmente em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, na posição oposta à protuberância radicular, com o auxílio de lâmina de bisturi. Danos com formato circular e tamanho variando entre 2-3 milímetros de diâmetro.

Quatro repetições de 50 sementes danificadas e não danificadas foram mergulhadas em solução de tintura de iodo (concentração de iodo da tintura igual a 2%) nas concentrações de 5, 10 e 15% em água, em copo de plástico, e mantidas em ambiente natural de laboratório durante 2,5; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 minutos (Figura 5). Após cada período, as sementes foram retiradas da solução, lavadas em água corrente e dispostas sobre 1 folha de papel toalha, para fins de avaliação. As sementes que apresentaram pelo menos uma mancha colorida, foram consideradas como danificadas. O resultado foi expresso em porcentagem de sementes coloridas e não coloridas.



Figura 5. Processo de coloração de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em solução de tintura de iodo.

3.2. Segundo experimento

Nesse experimento foram utilizados dez lotes de sementes de grão-de-bico obtidas de diferentes modos de colheita, conforme descrito na tabela 1.

Os lotes foram obtidos de diferentes safras, colheitas, métodos de colheita (manual ou mecanizada), e diferentes regulagens quanto à rotação do rotor em colhedoras (trilha axial).

Tabela 1. Origem dos lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, usados para a avaliação do nível de danos mecânicos mediante o teste de iodo a 10% durante 10 minutos em função do ano de colheita, mês de colheita, método de colheita (manual ou mecanizada), e velocidade do cilindro trilhador empregada na colhedora de trilha de fluxo axial (em rotações por minuto).

Lote	Ano de colheita	Mês de colheita	Método de colheita	Velocidade do cilindro trilhador (RPM)
1	2020	Agosto (1ª semana)	Mecanizada	700
2	2020	Agosto (4ª semana)	Mecanizada	700
3	2019	Agosto (3ª semana)	Mecanizada	600
4	2019	Agosto (3ª semana)	Manual	-
5	2019	Agosto (3ª semana)	Mecanizada	700
6	2020	Agosto (1ª semana)	Mecanizada	700
7	2020	Agosto (1ª semana)	Manual	-
8	2020	Agosto (1ª semana)	Mecanizada	600
9	2020	Agosto (4ª semana)	Mecanizada	800
10	2020	Agosto (1ª semana)	Mecanizada	800

Os lotes foram avaliados quanto aos danos pela coloração com iodo, e também quanto à qualidade fisiológica e física. Além disso, foi determinado o teor de água das sementes.

A determinação do teor de água foi feita pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, utilizando quatro subamostras de 10 sementes por lote. Os resultados foram expressos em porcentagem de base umidade (BRASIL, 2009).

3.2.1. Teste de danos com iodo

Quatro subamostras de 50 sementes de cada lote foram submetidos à solução de iodo. A metodologia considerada foi a identificada no experimento 1 como a mais adequada para a realização do teste rápido de tintura de iodo, que consistiu na concentração de 10% e tempo de exposição de 10 minutos. Após esse período, a solução foi drenada, as sementes avaliadas e o resultado foi expresso em porcentagem de sementes danificadas (coloridas) e sementes não danificadas (não coloridas).

3.2.2. Testes de qualidade fisiológica

A qualidade fisiológica das sementes dos dez lotes foi avaliada mediante os testes de germinação e de vigor a seguir especificados.

3.2.2.1. Teste de germinação

Conduzido com quatro subamostras com 50 sementes. Essas sementes foram submetidas à germinação em substrato rolo de papel Germitest umedecido com água destilada, na quantidade de 2 vezes do seu peso seco, e acondicionados em sacos plásticos transparentes. O material foi mantido em câmara de germinação a 20 °C e fotoperíodo de oito horas de luz a cada 24 horas, realizando a contagem de plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas ao oitavo dia (BRASIL, 2009). As plântulas consideradas normais apresentavam parte aérea, com a presença de cotilédones, e radícula, com desenvolvimento pleno dessas estruturas e de forma proporcional. O resultado foi expresso em porcentagem.

3.2.2.2. Primeira contagem de germinação

Realizado conjuntamente com teste de germinação, efetuou-se a contagem das plântulas normais ao quinto dia (BRASIL, 2009).

3.2.2.3. Desenvolvimento de plântulas

Ao final do teste de germinação, as plântulas consideradas normais foram medidas com auxílio de uma régua graduada em centímetros, determinando-se o comprimento da radícula principal e da parte aérea, sem cotilédones, e o resultado foi expresso em cm plântula⁻¹. Tanto a parte aérea como o sistema radicular das plântulas foram acondicionados separadamente em sacos de papel tipo Kraft, que foram colocados em estufa a 65 °C, durante 72 horas (NAKAGAWA, 1999). As amostras foram então colocadas em dessecadores com a finalidade de estabilizar a sua temperatura, e em seguida foram pesadas em balança analítica, sendo o resultado expresso em g plântula⁻¹.

3.2.2.4. Teste de vigor e viabilidade em Tetrazólio

Foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes de cada lote, as quais foram pré-acondicionadas com tegumento em rolo de papel Germitest, previamente umedecido com 2 vezes do seu peso seco, com água destilada e colocados dentro de saco plástico transparente e mantidos por quatro horas em câmara a 41 °C. Em seguida as sementes foram expostas a solução de cloreto de 2,3,5-trifenil tetrazólio na concentração de 0,1%, e acondicionadas em câmara com temperatura de 30 °C durante seis horas no escuro (PARAÍSO et al., 2019).

As sementes foram então lavadas em água corrente, removendo-se o tegumento com auxílio de bisturi, para fins de avaliação. As sementes foram cortadas transversalmente e classificadas de acordo com os níveis de vigor e viabilidade pelo teste de tetrazólio, nas seguintes classes (PARAÍSO et al., 2019):

- 1: viáveis e vigorosas (sem lesões);
- 2: viáveis e vigorosas (com lesões superficiais);
- 3: viáveis e não vigorosas (com lesões profundas);
- 4: não viáveis.

Foi determinada também a porcentagem de sementes danificadas mecanicamente nas classes 2, 3 e 4, e o resultado expresso em porcentagem.

3.2.3. Testes de qualidade física

3.2.3.1. Sementes danificadas (porcentagem em peso):

Foi realizada a caracterização física visual de cada lote, selecionando e avaliando quatro repetições de 100 gramas para cada um. Foram separadas e pesadas as sementes íntegras (não danificadas), danificadas por insetos, com ruptura de tegumento, e quebradas (danificadas) com tamanho maior do que 50% em relação ao tamanho original. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes danificadas por peso.

3.2.3.2. Sementes danificadas (porcentagem em número):

Teste realizado em quatro subamostras de 50 sementes, para cada lote, em que foram contabilizadas as sementes não danificadas e aquelas que apresentaram danos, seja por insetos (Figura 6), por ruptura do tegumento (Figura 7), ou por quebraimento (tamanho maior do que 50% em relação ao tamanho original) (Figura 8). Ao final do teste, o resultado foi expresso em porcentagem de sementes danificadas por número.



Figura 6. Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, atacadas por insetos.



Figura 7. Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, apresentando ruptura no tegumento.



Figura 8. Sementes quebradas (tamanho maior do que 50% em relação ao tamanho original) de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo.

3.3. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado. No experimento 1 os dados foram submetidos à ANOVA, ao teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade, e análise de regressão para cada concentração.

No experimento 2 os dados foram submetidos à ANOVA, ao teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade, análise multivariada de agrupamento e componentes principais e correlação de *Pearson*.

Os resultados das variáveis de sementes mortas, sementes atacadas por insetos e sementes com ruptura no tegumento, quando determinadas pelo número de sementes, foram transformados pela seguinte fórmula: $\sqrt{(x + 0,5)}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1: Efeito da concentração da tintura de iodo e do tempo de imersão das sementes de um lote de grão-de-bico, cultivar Aleppo, em solução.

A concentração da solução e o tempo de imersão influenciaram no resultado do teste de tintura de iodo, visto que foram resultados significativos a 1% de probabilidade, tanto para sementes danificadas quanto para não danificadas. Tais fatores, em interação, também influenciaram significativamente o resultado do teste em ambas as sementes (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para porcentagem de Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, Danificadas Artificialmente (SDA) e Sementes Não Danificadas (SND) submetidas a Concentrações (C) e Tempos (T) da solução de tintura de iodo.

Causas de variação	GL	SDA	SND
		Quadrado médio	
C	2	9116,46**	77,56**
T	4	9833,23**	52,05**
C x T	8	292,13**	12,01**
Erro	45	12,20	0,14
Média %	-	64,63	11,50
CV %	-	5,40	19,55

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. CV: Coeficiente de variação.

Considerando-se a interação significativa entre concentração (C) e tempo (T) de exposição ao iodo, foi avaliado o efeito do tempo em cada concentração e vice-versa (Tabela 3).

Tabela 3. Média da porcentagem de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, danificadas artificialmente e não danificadas, em relação ao efeito do tempo de imersão na coloração (%) das sementes nas diferentes concentrações de solução de iodo e vice-versa.

Concentração (%)	Tempo (minutos)				
	Sementes danificadas artificialmente				
	2,5	5	10	15	20
5	0 Ce	11 Bd	42 Cc	63 Bb	85 Ba
10	33 Bd	61 Ac	85 Bb	97 Aa	99 Aa
15	43 Ad	66 Ac	91 Ab	98 Aa	99 Aa
	Sementes não danificadas				
	2,5	5	10	15	20
	5	0 Ab	0 Bb	0 Bb	0 Cb
10	0 Ac	0 Bc	0 Bc	5 Bb	35 Ba
15	0 Ae	5 Ad	15 Ac	26 Ab	87 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na figura 9 são dispostos os gráficos decorrentes dos resultados encontrados e dispostos na tabela 3, que indicam as porcentagens de sementes que coloriram sob embebição em solução de iodo a 5% (Figura 9A), 10% (Figura 9B) e 15% (Figura 9C) em função do tempo (minutos).

Um aspecto importante na concentração de 5% foi que em todos os tempos de embebição na solução, a porcentagem de sementes danificadas coloridas sempre foi inferior a 90%, ao contrário das outras concentrações em que, em pelo menos dois tempos de imersão, mais de 90% das sementes danificadas artificialmente coloriram (Tabela 3; Figura 9A). Isso indica que a concentração de 5% do produto comercial (Tintura de Iodo Fraca 2%) é inadequada para o teste de iodo em sementes de grão-de-bico (Tabela 3).

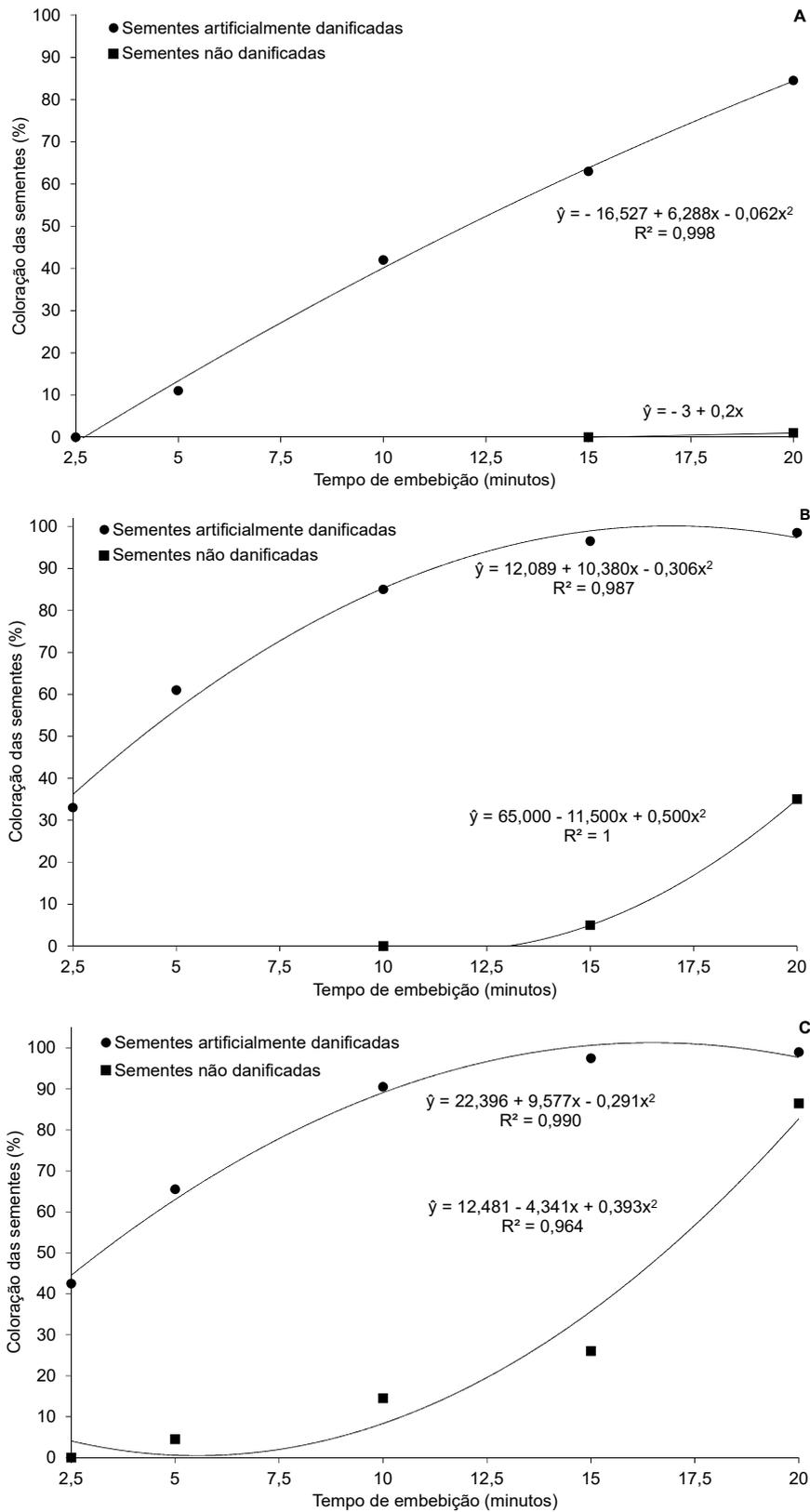


Figura 9. Porcentagem de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, artificialmente danificadas e não danificadas, coloridas em distintas concentrações de 5 (A), 10 (B) e 15% (C) nos tempos de embebição em solução de iodo lugol (concentração industrial: 2%)

Nas concentrações de 10 e 15% de solução de tintura de iodo, quase a totalidade das sementes danificadas artificialmente coloriram no tempo de pelo menos 15 minutos de exposição (Tabela 3; Figura 9B e C). As concentrações de 10% e 15% por períodos de 15 e 20 minutos foram classificados estatisticamente de forma semelhante ao alcançarem os maiores valores de coloração nas sementes danificadas, sendo seus valores superiores a 96% (Tabela 3).

Mais especificamente, nas concentrações de 10 e 15%, ao igualar a equação de 2ª ordem a zero, encontrou-se máximo de 100% das sementes coloridas aos 17 minutos para as sementes artificialmente danificadas, enquanto que, para sementes não danificadas, nenhuma apresentou coloração (0%) ao serem imersas à solução por 11,4 e por 5,5 minutos, respectivamente (Figura 9B e C).

Por outro lado, no tocante às sementes não danificadas, na concentração de 5% praticamente não houve coloração das sementes nos tempos testados. Na concentração de 10%, nenhuma semente coloriu no tempo de exposição de até 10 minutos e apenas 5% das sementes coloriram na exposição por 15 minutos (Tabela 3). Na concentração de 10% por 15 minutos, 35% das sementes não danificadas se coloriram, indicando ser esse tempo excessivo para o teste de iodo nessa concentração.

Assim, considerando a coloração máxima das sementes danificadas e a mínima das sementes não danificadas, os resultados indicam que o teste de iodo se mostrou mais eficaz para avaliar danos em sementes de grão-de-bico na concentração de 10%, por um período de 10 a 15 minutos. Desse modo, adotou-se diante dos resultados das metodologias testadas a concentração de 10% sob período de embebição igual a 10 minutos, fatores que alcançaram, numericamente, 85% das sementes danificadas e 0,0% das sementes não danificadas (Figura 10A e B).



Figura 10. Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, apresentando danos induzidos na posição oposta à protuberância radicular, antes (A) e após (B) serem submetidas ao teste de tintura de iodo.

4.2. Determinação do teor de água e avaliação da qualidade fisiológica, física e danos com iodo em lotes de sementes de grão-de-bico cultivar Aleppo

Diante dos resultados da tabela 4, constata-se uniformidade nos dez lotes quanto ao teor de água, visto que todos apresentaram em média 10% de umidade em suas sementes. Visto que o teor de água tem papel significativo na qualidade fisiológica de sementes, é relevante o emprego desse teste para a análise de qualidade de lotes (SARMENTO et al., 2015). A semelhança entre os lotes quanto ao teor de água foi descrita por Rodrigues et al. (2016) como um resultado relevante, visto que fornece ao trabalho uma maior precisão e confiabilidade.

Tabela 4. Valores médios da determinação do teor de água, qualidade fisiológica e dano mecânico em dez lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília – DF, 2021.

Lote	Colheita			Teste de Germinação				Desenvolvimento de plântulas			Teste de tetrazólio			
	Ano	Sem.	Mét. (Veloc. em RPM)	TA - % -	PCG ----- % -----	G ----- % -----	PA ----- % -----	SM ¹ ----- % -----	CRP cm plântula ⁻¹	CPA cm plântula ⁻¹	MSP -- g --	Via ----- % -----	Vig ----- % -----	DM ----- % -----
1	2020	1 ^a	700	9,9	80 b	85 a	13 a	2 a	7,9 b	3,1 b	1,4 a	88 a	51 b	59 b
2	2020	4 ^a	700	9,6	66 c	76 c	14 a	11 c	7,3 b	2,7 b	1,6 a	74 b	47 b	70 c
3	2019	3 ^a	600	10,1	76 b	83 b	13 a	4 b	9,1 a	4,4 a	1,5 a	82 a	58 a	66 c
4	2019	3 ^a	MANUAL	10,1	70 c	81 b	14 a	6 c	9,2 a	3,9 a	1,6 a	80 a	49 b	68 c
5	2019	3 ^a	700	10,1	32 d	79 b	18 b	4 b	8,3 b	3,2 b	0,9 b	79 a	51 b	63 c
6	2020	1 ^a	700	10,1	64 c	83 b	13 a	4 b	8,0 b	3,7 a	1,4 a	83 a	60 a	52 a
7	2020	1 ^a	MANUAL	10	89 a	89 a	10 a	1 a	7,7 b	3,2 b	1,4 a	90 a	74 a	50 a
8	2020	1 ^a	600	10,1	86 a	89 a	9 a	3 b	7,1 b	2,9 b	1,3 a	86 a	65 a	49 a
9	2020	4 ^a	800	10,1	64 c	68 d	24 c	8 c	8,9 a	3,2 b	0,7 b	66 b	33 b	68 c
10	2020	1 ^a	800	10,1	68 c	68 d	23 c	9 c	8,0 b	3,8 a	1 b	74 b	44 b	76 c
F				-	22,3**	17,5**	11,9**	8,1**	5,9**	4,0**	5,7**	5,9**	6,1**	13,9**
CV (%)				-	9,8	4,5	19,7	26,7	7,2	15,4	20,9	7,6	17,7	8,1
MÉDIA GERAL				10,02	69,2	80,1	14,9	5	8,2	3,4	1,3	79,9	53	61,7

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹ Dados transformados pela fórmula $\sqrt{(x + 0,5)}$.

Colheita especificada dispendo: ano de colheita; semana (Sem.) de colheita no mês de agosto (realizada na 1^a, 3^a ou 4^a semana); método de colheita, sendo manual ou mecanizada (velocidade do cilindro trilhador da colhedora, em RPM).

TA = teor de água (%); PCG = primeira contagem de germinação (%); G = germinação (%); PA = plântulas anormais (%); SM = sementes mortas (%); CRP = comprimento de radícula principal de plântulas (cm plântula⁻¹); CPA = comprimento de parte aérea de plântulas (cm plântula⁻¹); MSP = massa seca de plântulas (g plântula⁻¹); pelo teste de tetrazólio: Via = viabilidade (%) (sementes enquadradas nas classes 1, 2 e 3), Vig = vigor (%) (sementes enquadradas nas classes 1 e 2), e DM = danos mecânicos (%) (avaliação de sementes nas classes 2, 3 e 4).

Observa-se, na tabela 4, a existência de quatro classificações quanto à qualidade das sementes dos lotes em relação aos dados da primeira contagem de germinação (PCG) e da germinação (G), três quanto a plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), e duas nas ferramentas relativas ao desenvolvimento de plântulas (comprimento de radícula principal, parte aérea e massa seca). Em relação à qualidade fisiológica demonstrada via teste de tetrazólio, verifica-se duas classes de diferentes qualidades perante as

ferramentas de viabilidade (Via) e vigor (Vig), e em três classes quanto à ferramenta danos mecânicos (DM) (Tabela 4).

Conforme Nakagawa (1999), a primeira contagem de germinação é uma avaliação que demonstra o potencial de vigor das sementes. Assim, extrai-se da tabela 4 que os lotes 7 e 8 foram os mais vigorosos nesse quesito, e o lote 5 o menos vigoroso, não diferindo estatisticamente. A discriminação de lotes por meio da primeira contagem de germinação, de modo a indicar um maior ou menor vigor, está em conformidade com o disposto por Rosa (2020). Observando o percentual de germinação, destacam-se os lotes 1, 7 e 8, que não apresentaram diferença estatística entre eles, demonstrando deter a melhor capacidade germinativa frente aos demais lotes. Por outro lado, os lotes 9 e 10 foram os que demonstraram os piores desempenhos quanto a germinação.

Ainda que não especifique a espécie *Cicer arietinum* L., Brasil (2013), ao se referir de forma geral aos padrões para a produção e comercialização de sementes de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), não contempladas com padrão específico, indica que o percentual mínimo para a comercialização de sementes é de 60%. Assim, têm-se todos os lotes com potencial germinativo maior que o percentual mínimo indicado, ainda que o mínimo descrito seja um percentual baixo frente a outras leguminosas como a soja, e de gramíneas como milho e arroz.

Em geral, observa-se que os lotes que atingiram os melhores desempenhos no teste de germinação não apresentaram resultados positivos quando da análise acerca de comprimento de radícula principal e parte aérea, o que demonstra uma ausência de ligação entre os resultados encontrados. Essas divergências também são constatadas quando os resultados são comparados com os do teste de tetrazólio. Isso pode ser explicado por ter sido notada a presença de microrganismos em algumas sementes de determinados lotes, situação esperada pois não foi realizado o tratamento dessas sementes.

Resultados parecidos foram constatados por Araújo et al. (2010), que explicaram que uma considerável parte das doenças, de culturas, se torna nociva após o início do desenvolvimento de plântulas. Souza (2019) indicou a possível influência, entre diversos outros fatores, da sanidade das sementes nas porcentagens de germinação e primeira contagem de germinação, ao

passo que notou um aumento maior que 10% na germinação quando se emprega o tratamento de sementes de grão-de-bico com fungicidas. Coutinho et al. (2018) também indicaram o benefício oriundo do tratamento de sementes no desempenho relativo à emissão de raiz primária em sementes de grão-de-bico.

Ainda que o resultado do teste de tetrazólio não seja, em muitos casos, confirmado pelos testes de germinação, devido a sua maior precisão ao indicar atividade metabólica nos tecidos das sementes, demonstrando por coloração a intensidade respiratória de tecidos (DA COSTA et al., 2018), os resultados observados nesses testes foram pouco discrepantes. Isso demonstra que ambos os resultados estão relacionados e condizendo com as reais qualidades expressadas pelos lotes, tendo em vista que, do ponto de vista geral, apontaram os lotes 7 e 8 como os melhores e os lotes 9 e 10 como os piores. Com isso, pode-se concluir que o teste de germinação e de tetrazólio foram determinantes para aferir a qualidade fisiológica dos lotes, assim como a ferramenta de massa seca de plântulas, pois seus resultados corresponderam aos indicados pelos testes citados.

Ao observar de forma ampla os lotes que se destacaram nas análises da tabela 4, nota-se que a origem dos lotes foi determinante para a qualidade fisiológica dos mesmos, visto que foram provenientes de safras diferentes, além de haver diferença no tipo de colheita (mecanizada e manual), e na velocidade do cilindro trilhador da colhedora quando esta foi empregada.

Nascimento et al. (2016) sugerem o emprego de colhedoras de cilindro axial ou de duplo batedor para minimizar os danos mecânicos e preservar a qualidade do grão ou semente. Do mesmo modo, Aguila et al. (2011) indicam que a rotação do cilindro trilhador é um dos fatores que são associados às perdas na cultura da soja, ainda que se dê em pequenas taxas. Porém, também aponta que tal regulagem deve ser levada em conta com mais seriedade no tocante à produção de sementes, visto que uma regulagem incorreta pode gerar maiores quantidades de sementes danificadas mecanicamente.

O lote 7, cuja qualidade foi destaque no presente experimento, atingiu esse desempenho por conta do método de colheita empregado, visto que o processo de colheita se deu de forma manual, o que possibilita, desse modo,

indicar que tal método, em geral, propicia uma menor taxa de danos. Ao observar o lote 8, que junto ao lote 7 apresentaram melhores níveis de qualidade em suas sementes, é possível, também, atestar a influência da regulagem no que tange à velocidade do cilindro trilhador em colhedoras com mecanismo de trilha de fluxo axial, em função de ter sido feita a 600 RPM, ao passo em que se observa que tal atributo nos piores lotes das análises, 9 e 10, cuja velocidade empregada para a colheita dos mesmos foi igual a 800 RPM, resultou em maiores níveis de danos mecânicos e menores níveis de viabilidade e vigor.

Na tabela 5 são dispostos os resultados encontrados acerca dos danos, obtidos por meio da caracterização física visual dos dez lotes de sementes, de modo em que as sementes que os apresentaram foram avaliadas e contabilizadas a partir do seu peso e pela quantidade (número de sementes danificadas). Cabe ressaltar que as amostras empregadas nas duas análises foram compostas de sementes diferentes, não sendo utilizadas as mesmas sementes para as duas análises.

Tabela 5. Valores médios da avaliação física das sementes danificadas em dez lotes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília – DF, 2021.

Lote	Colheita			Danos por peso (g)				Danos por número de sementes			
	Ano	Sem.	Mét. (Veloc. Em RPM)	AI	RT	Q	DP	AI ¹	RT ¹	Q	DN
1	2020	1 ^a	700	0,83 d	4,39 d	0,51 b	5,73 c	1,3 b	1,5 b	2,0 b	4,8 a
2	2020	4 ^a	700	0,58 c	5,16 e	1,65 d	7,38 d	1,0 b	2,0 b	7,0 d	10,0 b
3	2019	3 ^a	600	0,00 a	5,29 e	0,55 b	5,84 c	0,3 a	7,3 d	5,0 c	12,5 c
4	2019	3 ^a	MANUAL	0,00 a	2,59 b	0,80 b	3,39 b	0,0 a	2,0 b	1,0 a	3,0 a
5	2019	3 ^a	700	0,00 a	1,68 a	0,97 c	2,66 b	0,0 a	1,0 a	4,5 c	5,5 a
6	2020	1 ^a	700	0,17 b	2,46 b	0,73 b	3,36 b	0,5 b	1,5 b	3,5 c	5,5 a
7	2020	1 ^a	MANUAL	1,09 e	2,01 a	0,32 a	3,43 b	0,5 b	2,3 b	5,5 c	8,3 b
8	2020	1 ^a	600	0,00 a	1,56 a	0,00 a	1,56 a	0,0 a	4,0 c	0,0 a	4,0 a
9	2020	4 ^a	800	0,00 a	3,83 c	6,12 e	9,95 e	0,0 a	3,5 c	21,0 e	24,5 d
10	2020	1 ^a	800	0,00 a	1,71 a	1,31 d	3,02 b	0,0 a	3,0 a	2,0 b	5,0 a
F				156,9**	74,1**	157,5**	119,8**	4,9**	9,12**	129,9**	47,4**
CV (%)				24,7	11,1	21,6	10,1	113,7	23,1	20,4	17,5
MÉDIA GERAL				0,27	3,07	1,30	4,63	0,35	2,80	5,15	8,30

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹ Dados transformados pela fórmula $\sqrt{(x + 0,5)}$.

Colheita especificada dispendo: ano de colheita; semana (Sem.) de colheita no mês de agosto (realizada na 1^a, 3^a ou 4^a semana); método de colheita, sendo manual ou mecanizada (velocidade do cilindro trilhador da colhedora, em RPM).

Danos identificados por peso (g) e por número, em que: AI = sementes atacadas por insetos; RT = sementes com ruptura do tegumento; Q = sementes quebradas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas; e DN = somatório dos danos analisados por número de sementes danificadas.

É possível distinguir os lotes, quando se observa a análise de danos por peso (g), em cinco classes distintas em todas as avaliações. Diante da classificação empregada quanto aos danos, observa-se uma acentuada variação da presença destes em cada lote. Já quanto aos resultados referentes aos somatórios de danos por número, nota-se a divisão em quatro classes (Tabela 5).

Desse modo, destaca-se o lote 8 como o que mais se posicionou nas classes qualitativas mais altas, sendo o lote com menores taxas de danos e, conseqüentemente, com o maior valor médio em relação à quantidade de sementes intactas. Afirma-se, também, que o lote 9 apresentou-se como sendo o de pior qualidade, visto que foi enquadrado na pior classe na avaliação de danos por peso e por número, tendo a maior proporção de danos em suas sementes quando essas são comparadas aos demais lotes (Tabela 5).

Apesar do lote 10 ter alcançado baixos níveis de qualidade fisiológica, o mesmo apresentou uma menor incidência de danos, indicando deter uma boa qualidade física, assim como os lotes 4, 5 e 6 (Tabela 5).

É correto afirmar que, em geral, os lotes colhidos sob velocidade do cilindro trilhador igual a 600 RPM demonstram menores taxas de sementes quebradas mecanicamente. Observa-se, porém, que nos lotes em que essa regulagem foi empregada, houve maior incidência de danos por ruptura do tegumento. Este fato influenciou os números acerca do somatório de danos demonstrados pelo lote 3.

Apesar da colheita manual teoricamente resultar em menores taxas (ou mesmo a ausência) de danos mecânicos, observa-se que esse dano se fez presente nos lotes em que tal método de colheita foi empregado. Isso se deve à debulha das vagens, que foi realizada com o auxílio de um recipiente metálico, de forma que as vagens foram agitadas dentro desse recipiente. Assim, ocorreram variados danos mecânicos nas sementes durante o processo.

Porém, é correto afirmar, a partir da quantificação de danos por meio do teste de tintura de iodo, que a colheita manual é o método que menos proporciona danos em sementes (Tabela 6), visto que os lotes 4, 6 e 7 apresentaram menores taxas de sementes coloridas. Observa-se que há a divisão dos dez lotes em três classes qualitativas.

Tabela 6. Valores médios do teste de danos com iodo em 10 (dez) lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Brasília – DF, 2021.

Lote	Colheita			Teste de tintura de iodo	
	Ano	Sem.	Mét. (Veloc. Em RPM)	SC ----- % -----	SNC
1	2020	1 ^a	700	18 c	82 c
2	2020	4 ^a	700	11 b	89 b
3	2019	3 ^a	600	13 b	87 b
4	2019	3 ^a	MANUAL	7 a	93 a
5	2019	3 ^a	700	10 b	90 b
6	2020	1 ^a	700	7 a	93 a
7	2020	1 ^a	MANUAL	7 a	93 a
8	2020	1 ^a	600	10 b	90 b
9	2020	4 ^a	800	21 c	79 c
10	2020	1 ^a	800	11 b	89 b
F				16,7**	14,7**
CV (%)				21,7	2,7
MÉDIA GERAL				11,3	88,7

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Colheita especificada dispendo: ano de colheita; semana (Sem.) de colheita no mês de agosto (realizada na 1^a, 3^a ou 4^a semana); método de colheita, sendo manual ou mecanizada (velocidade do cilindro trilhador da colhedora, em RPM).

Danos expressos pela coloração promovida pelo do teste de tintura de iodo, em que: SC = sementes coloridas (%) (danificadas); e SNC = sementes não coloridas (%) (não danificadas).

Observa-se que os lotes 1 e 9 foram os que apresentaram maior incidência de danos (Tabela 6). Os resultados encontrados foram quantificados a partir da contagem de sementes que apresentavam, em alguma parte de sua estrutura, a coloração resultante da interação entre o iodo e o amido da semente exposto pelo dano. A coloração promovida pela solução de iodo nos danos das sementes é demonstrada nas figuras 11, 12 e 13, que representam, respectivamente, sementes categorizadas como com a presença de ataque por insetos, ruptura do tegumento, e sementes quebradas. A ausência de coloração em sementes intactas submetidas ao mesmo teste pode ser observada na figura 14.



Figura 11. Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, danificadas por insetos, apresentando coloração em seus danos após a realização do teste de tintura de iodo.



Figura 12. Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, com ruptura do tegumento, apresentando coloração em seus danos após a realização do teste de tintura de iodo.



Figura 13. Sementes puras quebradas (tamanho maior do que 50% em relação ao tamanho original) de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, apresentando coloração em seus danos após a realização do teste de tintura de iodo.



Figura 14. Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, não danificadas, apresentando ausência de coloração após a realização do teste de tintura de iodo.

Diante da quantidade de variáveis estudadas, a análise multivariada foi necessária para viabilizar a visualização da influência das avaliações de qualidades fisiológica e física na representatividade de danos expressos pelo teste de tintura de iodo. Com o auxílio dessa ferramenta, buscou-se minimizar a influência de certos fatores não muito representativos que poderiam comprometer a análise da eficiência do teste rápido. A análise multivariada resultou em uma generalização maior das variáveis mais relevantes e um agrupamento por lotes que apresentaram características qualitativas semelhantes.

Para condução da análise multivariada, baseado na representação e importância, foram selecionadas nove variáveis representativas no tocante à

qualidade geral dos lotes de sementes. Acerca da qualidade fisiológica dos lotes, foram selecionadas: Primeira Contagem de Germinação; Germinação; Plântulas Anormais; Sementes Mortas; Viabilidade via teste de tetrazólio; e Vigor, também via teste de tetrazólio. Quanto à caracterização de danos e qualidade física, foram selecionadas as variáveis Danos por Peso e Danos por Número. O teste de iodo foi representado na análise pela variável Sementes Coloridas (Figura 15).

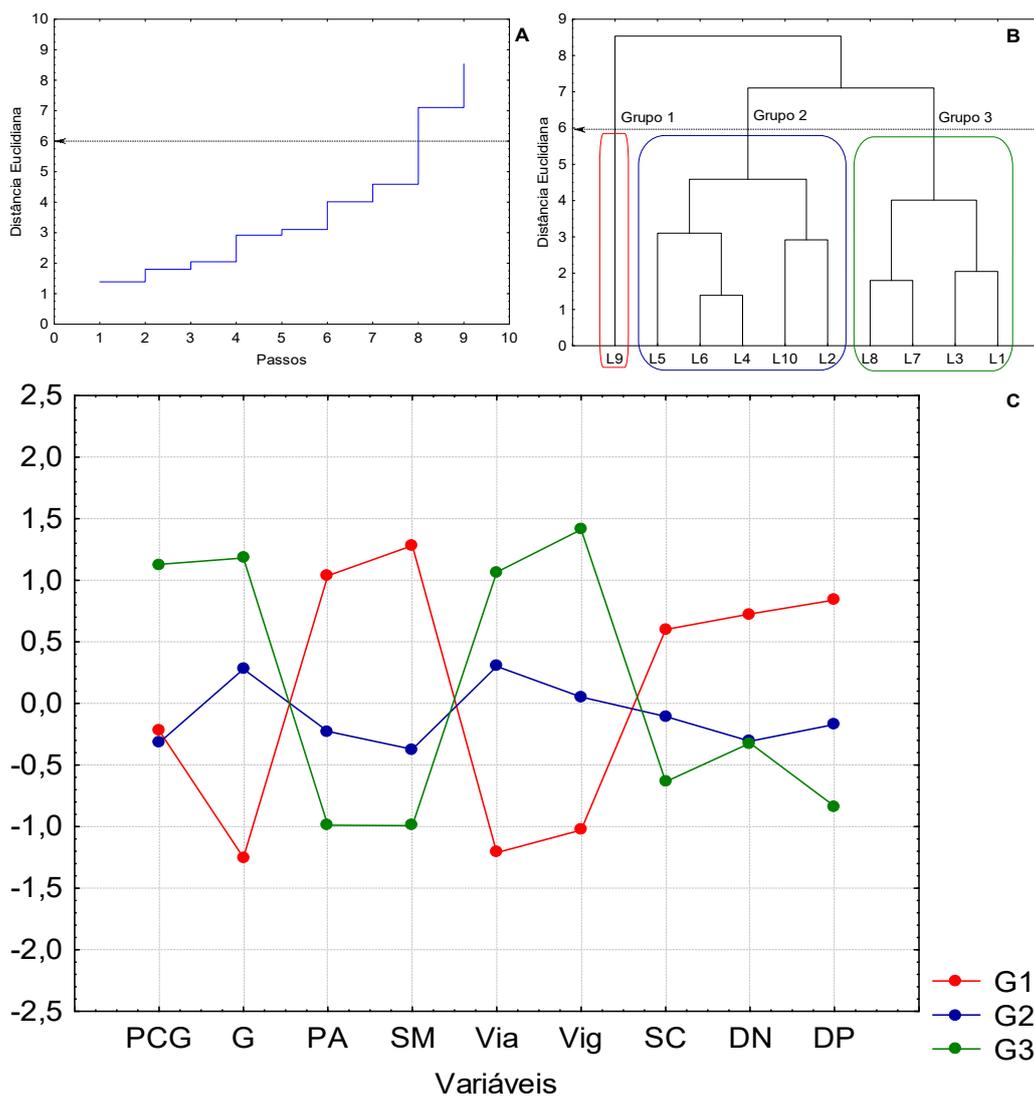


Figura 15. Representação da variação expressiva da Distância Euclidiana entre as variáveis consideradas, que permitiu a separação de grupos (A); dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward baseado na Distância Euclidiana (B), em que as letras “L” são referentes aos lotes e suas respectivas denominações; e caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico de K-means (C), obtidos a partir da avaliação de 9 caracteres relacionados à qualidade fisiológica, física e do teste de tintura de iodo em 10 lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em que: PCG = primeira contagem de germinação; G = germinação; PA = plântulas anormais; SM = sementes mortas; Via = viabilidade, obtida via teste de tetrazólio; Vig = vigor, obtido via teste de tetrazólio; SC = sementes coloridas, obtidas pelo teste de tintura de iodo; DN = somatório dos

danos analisados por número de sementes danificadas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas.

De acordo com Freddi et al. (2008), ao se obter uma variação expressiva nos valores de distância euclidiana, que representa a distância de ligação entre lotes em função das suas características demonstradas pelas variáveis empregadas, é possível determinar o ponto de corte ideal para se obter grupos de lotes com características parecidas, mas que apresentem diferenças significativas em relação aos lotes alocados nos demais grupos, de forma a alcançar uma uniformidade no agrupamento. Diante da figura 15A, a faixa em que os grupos mais se diferenciaram foi entre a distância de 4,6 e 7, aproximadamente. Esta faixa é demarcada pela maior linha vertical da figura. Com isso, adotou-se o corte dentro dessa faixa e de forma intermediária, na distância exata de 6,0 (Figura 15A). Dessa forma, foram encontrados 3 grupos distintos de lotes de sementes, conforme linha tracejada, na distância Euclidiana (Figura 15B).

Cada grupo abrange lotes que apresentam semelhanças frente à qualidade fisiológica, física, e dos resultados obtidos via teste de tintura de iodo (Figura 15B e C). De acordo com o dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico de Ward, baseado na Distância Euclidiana, e diante da caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico de K-means, observa-se que somente o lote 9 foi alocado no grupo 1 (Figura 15B), visto que foi o lote que apresentou as menores taxas de germinação, viabilidade e vigor, assim como foi o que apresentou os maiores valores frente à análise de plântulas anormais, sementes mortas, sementes coloridas, danos por peso, e danos por número, sendo o lote mais discrepante frente à essas variáveis (Figura 15C).

O grupo 2 abrangeu os lotes 2, 4, 5, 6 e 10 (Figura 15B), e apresentou valores intermediários, dentre os grupos, entre as variáveis selecionadas (Figura 15C). Todavia, o grupo 2 apresentou o valor mais baixo referente à primeira contagem de germinação, ainda que ligeiramente menor em comparação ao grupo 1 (Figura 15C).

Já o grupo 3 foi composto dos lotes 1, 3, 7 e 8 (Figura 15B), sendo o grupo considerado o de maior qualidade, visto que seus resultados foram os melhores em relação a todas as variáveis selecionadas, ainda que em relação

aos danos por número o grupo tenha apresentado valores semelhantes aos do grupo 2 (Figura 15C).

Visando analisar as variáveis selecionadas de modo conjunto, a análise de componentes principais foi empregada buscando reduzi-las por meio da correlação. O número de componentes é determinado pela correlação das variáveis com os mesmos e devem ser suficientes para expressar a importância de todas as variáveis. Ou seja, se uma das variáveis selecionadas demonstrar correlação maior com um componente do que com outro, este deverá ser empregado para fins de avaliação. Observa-se que a análise de correlação da análise multivariada gerou dois componentes principais para melhor interpretação da variabilidade das variáveis descritas, que representaram uma variância acumulada igual a 81,55%, sendo 63,01% oriundos do componente principal 1, e 18,54% do componente principal 2 (Tabela 7). Ou seja, 81,55% das análises realizadas neste trabalho foram representadas por esses componentes.

Tabela 7. Correlação das variáveis com cada componente principal e variabilidade dos dados de qualidade fisiológica, física e do teste de tintura de iodo de dez lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo.

	Variável	Componente principal	
		1	2
Qualidade fisiológica	Primeira contagem de germinação	0,46	-0,62*
	Germinação	0,94	-0,26
	Plântulas anormais	-0,87	0,21
	Sementes mortas	-0,77	0,32
	Viabilidade (TZ)	0,96	-0,17
	Vigor (TZ)	0,93	-0,11
Qualidade física	Danos por peso	-0,74	-0,58
	Danos por número	-0,69	-0,57
Teste de iodo	Sementes coloridas	-0,65	-0,61
Autovalores		5,67	1,67
Variância total (%)		63,01	18,54
Variância acumulada		81,55	

*Valores em negrito correspondem as variáveis que apresentaram comportamento significativo em pelo menos um componente.

Tobar-Tosse et al. (2015), utilizando a análise de componentes principais em suas pesquisas acerca de caracterização de genótipos de soja-hortaliça, fizeram uso de dois componentes principais, com variância acumulada de 59%, sendo suficientes para expressarem as variáveis relevantes para a conclusão do trabalho. Hongyu et al. (2016), estudando a aplicabilidade e a interpretação

da análise de componentes principais, com utilização do gráfico biplot, também fizeram uso de dois componentes principais, obtendo uma variância acumulada representativa igual a 68,13%, o que possibilitou a afirmação pelos autores de que a análise foi efetiva, sem perda significativa de informação. Com isso, é correto afirmar que a taxa de variância alcançada no presente trabalho foi fortemente significativa e representativa (Tabela 7).

Diante dos resultados encontrados na análise de correlação, foram identificados os valores mais representativos para cada componente principal. Tais valores foram considerados discriminatórios quando maiores de 0,6, positivos ou negativos. Tal premissa também foi empregada nas pesquisas de Lorentz & Nunes (2013), acerca de relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz, e também por Silva (2017) acerca de análises de qualidade física, fisiológica e sanitária em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã.

Assim, somente a variável primeira contagem de germinação representou uma correlação, negativa, mais forte com o componente principal 2, de modo a expressar o coeficiente de -0,62 (Tabela 7). As demais variáveis tiveram uma correlação maior com componente principal 1 (Tabela 7). As correlações encontradas em cada uma das variáveis selecionadas foram consideradas discriminatórias, isto devido aos valores que, quando enquadrados com os respectivos componentes principais, alcançaram níveis maiores de 0,6, positivamente ou negativamente (Tabela 7).

Diante da figura 16, pode-se verificar diferença considerável entre o grupo 1 frente aos demais grupos, visto que o lote 9 apresenta-se distante das variáveis que agregam qualidade às sementes, tais quais representadas pela primeira contagem de germinação, germinação, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio, demonstrando estar mais próximo dos danos por peso, danos por número, e da variável sementes coloridas pelo teste rápido de tintura de iodo.

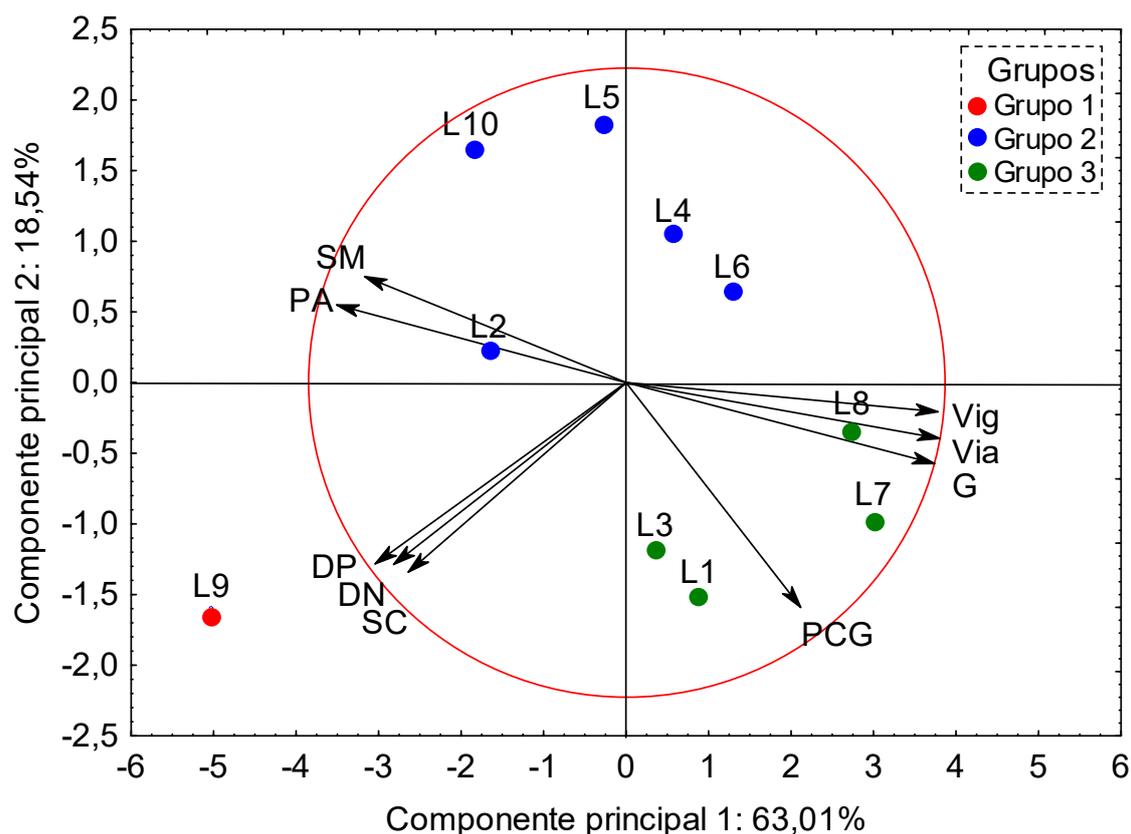


Figura 16. Gráfico biplot com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (1 e 2) obtidos a partir da avaliação de 9 caracteres relacionados a qualidade fisiológica e física de 10 lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em que: PCG = primeira contagem de germinação; G = germinação; PA = plântulas anormais; SM = sementes mortas; Via = viabilidade, obtida via teste de tetrazólio; Vig = vigor, obtido via teste de tetrazólio; SC = sementes coloridas, obtidas pelo teste de tintura de iodo; DN = somatório dos danos analisados por número de sementes danificadas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas. As letras “L” são referentes aos lotes e suas respectivas denominações.

O tamanho dos vetores indica sua respectiva representatividade frente aos componentes principais. Com isso, destacam-se as variáveis de plântulas anormais, sementes mortas, vigor (TZ), viabilidade (TZ) e germinação, que estão mais fortemente atreladas ao componente principal 1, além de danos por peso, danos por número e sementes coloridas, que também estão mais associadas a esse componente, todavia de forma ligeiramente menos correlacionada ainda que apresentem resultados discriminatórios (Figura 16 e Tabela 7).

Quanto ao grupo 2, constata-se que seus lotes são dispostos, em geral, de forma medianamente próximas de quase todas as variáveis, demonstrando qualidade intermediária (Figura 16). O lote 6 foi o que mais se aproximou das variáveis que garantem positivamente a qualidade, enquanto os demais,

principalmente os lotes 2 e 10, foram posicionados mais distantes dessas variáveis (Figura 16).

Observa-se que o grupo 3 posiciona-se de forma inversamente proporcional às variáveis Plântulas Anormais, Sementes Mortas, Danos por Peso, Danos por Número e Sementes Coloridas, demonstrando forte relação com o vigor, viabilidade, germinação e primeira contagem de germinação, em que o lote 8 se destaca por apresentar-se de forma mais próxima frente os vetores relativos ao teste de tetrazólio (Figura 16).

Assim, conforme análise multivariada, os lotes 7 e 8 foram os que demonstraram melhor qualidade fisiológica, além de apresentarem as menores taxas de danos em suas sementes, seguidos dos lotes 1 e 3 (Figura 16).

Na figura 17 observa-se os coeficientes de correlação de *Pearson* entre as nove variáveis destacadas. As elipses coloridas representam os mesmos resultados numéricos descritos, porém de forma que quanto mais escura a tonalidade azul, e maior a circunferência, maior é o coeficiente de correlação, representando uma correlação positiva. No caso da tonalidade vermelha, quanto maior a circunferência e mais forte o tom, mais a correlação é representativa e, do mesmo modo, negativa.

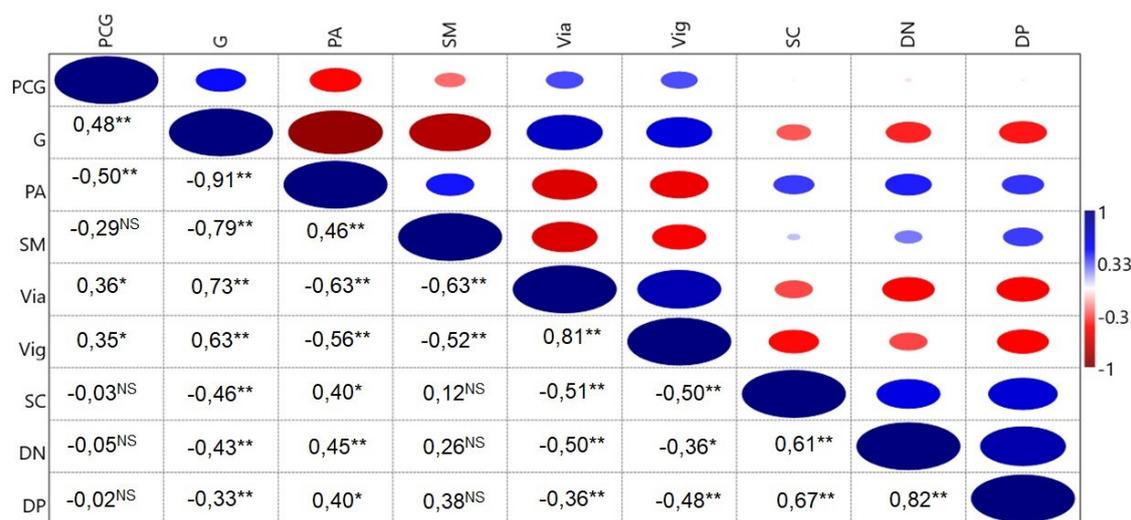


Figura 17. Coeficientes de correlação de *Pearson* (r) entre variáveis da qualidade fisiológica e física de 10 lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar Aleppo, em que: PCG = primeira contagem de germinação; G = germinação; PA = plântulas anormais; SM = sementes mortas; Via = viabilidade, obtida via teste de tetrazólio; Vig = vigor, obtido via teste de tetrazólio; SC = sementes coloridas, obtidas pelo teste de tintura de iodo; DN = somatório dos danos analisados por número de sementes danificadas; DP = somatório dos danos analisados por peso de sementes danificadas.

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; NS não significativo.

Coefficientes de correlação de *Pearson* acima de 0,6 ou abaixo de -0,6 foram considerados como discriminatórios. Critério empregado por Lorentz & Nunes (2013) e Silva (2017).

Observa-se que as sementes coloridas pelo teste de tintura de iodo (SC) somente tiveram correlações positivas e discriminatórias com os danos por peso e danos por número, de forma que seus coeficientes foram significativos a 1% de probabilidade (Figura 17).

Com isso, pode-se afirmar que a eficiência do teste rápido de tintura de iodo está mais positivamente correlacionada com a qualidade física das sementes do que com a qualidade fisiológica. Tendo em vista que a premissa do teste é a identificação de danos em sementes, de forma a exigir um período curto para tal identificação, isso tudo por meio do contato da solução de iodo com o amido exposto pelo dano, tem-se uma correspondência dos princípios do teste com os resultados obtidos neste trabalho. Ainda que não discriminatória, nota-se correlação negativa significativa a nível de 1% de probabilidade entre os danos identificados pelo teste de iodo e as ferramentas germinação, viabilidade e vigor, que são relativas à qualidade fisiológica das sementes.

Do ponto de vista da qualidade fisiológica, sementes com baixa germinação e vigor podem não apresentar danificação externa e ao mesmo tempo estar comprometida em função de danos internos, como amassamentos e deterioração. Todavia, mesmo que o teste de iodo não possua uma capacidade precisa de identificação de danos internos, por conta de sua baixa requisição temporal para obter seus resultados, o mesmo se coloca como de grande importância em vários estágios do processo produtivo, pois atua na identificação de danos estruturais externos, se tornando relevante quando se objetiva auxiliar e agilizar o processo de comercialização de grãos e sementes, assim como na determinação de regulagens eficientes de máquinas empregadas no processo de colheita, e também nas análises em processos de beneficiamento de sementes.

5. CONCLUSÕES

- 1) Para aferição do nível de danos em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), recomenda-se a realização do teste de iodo, com a concentração de 10% (do produto comercial com concentração de iodo igual a 2%) durante 10 minutos.
- 2) O teste rápido de tintura de iodo é eficiente na detecção de danos em sementes de grão-de-bico, visto que seus resultados apresentam alta correlação com as ferramentas empregadas previamente para a identificação e determinação desses danos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILA, L.S.H.D.; AGUILA, J.S.D.; THEISEN, G. Perdas na colheita na cultura da soja. **Embrapa Clima Temperado** - Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2011.
- ALBANEZE, R.; VILLELA, F.A; POSSENTI, J.C.; GUOLLO, K.; RIEDO, I.C. Danos mecânicos causados pelo uso de carrinhos de grãos para transporte durante a colheita de sementes de soja. **Journal Seed Science**, v.40, n.4, p.422-427, 2018.
- ARAÚJO, A.V.; FERREIRA, I.C.P.V.; JUNIOR, D.S.B.; BRANDÃO, A.A.; ALMEIDA, M.N.F.; SALES, N.L.P.; AQUINO, C.F.; COSTA, C.A. Qualidade das sementes de diferentes genótipos de grão-de-bico produzidas no Norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p.1031-1036, 2010.
- ARTIAGA, O. P; SPEHAR, C. R.; BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M. Avaliação de genótipos de grão-de-bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.1, p.102-109, 2015.
- BOEING, E.; BORELLI, R.P.; RUFFATO, S. Estudo do efeito latente dos danos na soja colhida sob diferentes condições climáticas na região médio-norte de Mato Grosso. **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA**, Campo Grande – MS, [s.v.], [s.n.], [s.p.], 2014.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 45/2013. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2013.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. **Ministério da Agricultura**, Brasília: MAPA/ACS. 395p, 2009.
- CARVALHO, D.C.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; CANEPPELE, M.A.B.; BRITO, J.; COSTA, J. Avaliação da resistência mecânica de grãos de milho via teste de impacto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.724-730, 2011.
- COUTINHO, W.B.G.; GONÇALVES, D.J.; MACHADO, E.C.; LIMA, M.L.P. Eficácia da mistura de ingredientes ativos no tratamento químico de sementes

de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e o impacto na atividade fisiológica e sanitária. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.44, [s.n.], [s.p.], 2018.

DA COSTA, C. A.; MENEZES, J. B. C.; DE SOUZA, J. T. A.; JUNIOR, D. D. S. B.; PARAÍSO, H. A.; DE PAULA, L. S. Adequação do teste tetrazólio para concentração, temperatura e tempo de embebição, e sua influência na qualidade fisiológica de sementes de grão-de-bico. **I Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura. 29 Actas Portuguesas de Horticultura – 1ª Edição**, v.29, n.1, p.408-414, 2018.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físicos-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, n.1, [s.p.], 2008.

DODE, J.S.; MENEGHELLO, G.E.; TIMM, F.C.; MORAES, D.M.; PESKE, S.T.; Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p.193-198, 2013.

FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de grão-de-bico. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 26 de março de 2021.

FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de grão-de-bico. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 26 de março de 2021.

FARÍAS, R.; FIANT, S.E.; AGUSTO, G.; MERIGGIOLA, P.N.; RIVARA, L.A.C.; ALDALUR, A.L.; ALONSO, C.A.; SPINAZZÉ, C.D.; PEREZ, M.C.; TROCCOLI, J.L.R. La cadena de valor del garbanzo em Córdoba. **Bolsa y Cámara de Cereales de Córdoba**, v. 1, n.1, 104 p., 2018.

FRANÇA-NETO, J.B. Evolução do conceito de qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v.19, n.2, p.76-80, 2009.

FREDDI, O.S.; FERRAUDO, A.S.; CENTURION, J.F. Análise multivariada na compactação de um latossolo vermelho cultivado com milho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p.953-961, 2008.

GAUR, P.M.; TRIPATHI, S.; GOWDA C.L.L.; RANGA RAO, G.V.; SHARMA, H.C.; PANDE, S.; SHARMA, M. Chickpea Seed Production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**, [s.v.], [s.n.], 28 p., 2010.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V.L.M.; JUNIOR, G.J.O. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**, v.5, n.1, p.83-90, 2016.

HUANG, J.; SCHOLS, H.A.; VAN SOEST, J.J.G.; JIN, Z.; SULMANN, E.; VORAGEN, A.G.J. Physicochemical properties and amylopectin chain profiles of cowpea, chickpea and yellow pea starches. **Food Chemistry**, v.101, n.4, p.1338-1345, 2007.

JUKANTI, A.K.; GAUR, P.M.; GOWDA, C.L.L.; CHIBBAR, R.N. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. **British Journal of Nutrition**, v.108, n.1, p.S11-S26, 2012.

LADIZINSKY, G.; ADLER, A. The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. The Hebrew University Faculty of Agriculture, Rehovot, Israel. **Euphytica**, v.25, n.1, p.211-217, 1976.

LOPES, M.M.; PRADO, M.O.D.; SADER, R.; BARBOSA, R.M. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p.230-238, 2011.

LORENTZ, L.H.; NUNES, U.R. Relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.798-804, 2013.

MANICKAVASAGAN, A.; THIRUNATHAN, P. Pulses Processing and Product Development. **Springer Nature Switzerland AG**, v. 1, n.1, 342p., 2020.

MELO, L.F.; SÁ, M.E.; FAGIOLI, M.; LEAL, S.T.; MARTINS, I. Testes Rápidos para Identificação de Danos Mecânicos em Sementes de Milho Doce. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. Anais [...]. **Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, [s.n.] p.3467-3474, 2012.

MILLÁN, T.; MADRID, E.; CUBERO, J.I.; AMRI, M.; CASTRO, P.; RUBIO, J. Chickpea. De Ron A. (eds) Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding. **Springer Science+Business Media New York**, v. 10, [s.n] p.85-109, 2015.

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**, p.2.1-2.24, 1999.

NASCIMENTO, A.F. **Método e umidade de colheita na qualidade de sementes de milho variedade**. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2013.

NASCIMENTO, W.M; SILVA, P.P.; ARTIAGA, O.P.; SUINAGA, F.A. Grão-de-bico. In NASCIMENTO, W.M. (Ed.) Hortaliças leguminosas, Brasília: **Embrapa**, v.1, n.1, p.89-118, 2016.

OLIVEIRA, T.M.; PIROZI, M.R.; BORGES, J.T.S.; GERMANI, R.; FONTES, M.P.F. Caracterização do amido do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **B. CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 1, p.27-42, 2009

PARAÍSO, H.A.; BRANDÃO-JUNIOR, D.S.; AVELAR, R.I.S.; COSTA, C.A; GOMES, L.S.P.; NASCIMENTO, W.M. Ajustes na metodologia do teste de tetrazólio para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de grão-de-bico. **Journal Seed Science**, v.41, n.1, p.7-12, 2019.

PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R.M. Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. **Editora e Gráfica Universitária**, v.2, [s.n], 472 p., 2006.

RODRIGUES, D.B.; RADKE, A.K.; ROSA, T.D.; TUNES, C.D.; GULARTE, J.A.; TUNES, L.M. Adequação metodológica da determinação do teor de água em sementes de cenoura. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.10, n.4, p.40-43, 2016.

ROSA, M.R. **Metodologia padronizada para o teste de germinação em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2020.

SANTOS, V.M.; AFONSO, J.C. Elemento químico – Iodo. **Quím. Nova esc.** – São Paulo-SP, v. 35, n.4, p.297-298, 2013.

SARMENTO, H.G.S.; DAVID, A.M.S.S.; BARBOSA, M.G.; NOBRE, D.A.C.; AMARO, H.T.R. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-mansão por métodos alternativos. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 30, n.3, p.249-256, 2015.

SCHEEREN, B.R.; PESKE S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, L.O.B.; Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n.3, p.035-041, 2010.

SCHLICHTING, M.; PETRY, C.; DUTRA, C.B. Qualidade de sementes de *Cicer arietinum* L. para produção de brotos germinados. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 - **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe, v.15, n.2, [s.p.], 2020.

SHAHBAZI, F. A. Study of the Susceptibility of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Seed Varieties to Mechanical Damage. **Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences)**, v.41, n.2, p.105-216, 2010.

SHAHBAZI, F.; FALAH, S.; EISVAND, F.R.; Mechanical Damage to Chickpea Seeds as Affected by NPK Fertilization. **Cercetări Agronomice în Moldova**, v.47, n.3, p.159, 2014.

SHAHBAZI, F.; VALIZADE, S.; DOWLATSHAH, A. Mechanical damage to green and red lentil seeds. **Food Science & Nutrition**, v.5, [s.n.], p.943–947, 2017.

SILVA, G.Z. **Regiões De produção na qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017.

SINGH, S.; SINGH, I.; KAPOOR, K.; GAUR, P.M.; CHATURVEDI, S.K.; SINGH, N.P.; SANDHU, J.S. Chickpea. Broadening the genetic base of grain legumes. **Springer, New Delhi**, [s.v.], [s.n.], p.51-73, 2014.

SOUZA, C.V.A. **Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de grão-de-bico em função da densidade de plantas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2019.

TOBAR-TOSSE, D.E.; CASTOLDI, R.; CANDIDO, W.S.; FERRAUDO, A.S.; CHARLO, H.C.O.; BRAZ, L.T. Caracterização de genótipos de soja-hortaliça por análise de componentes principais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.7, p.1214-1219, 2015.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C. & VIEIRA R.F. Leguminosas graníferas. **Viçosa, Editora UFV**, [s.v.], [s.n.], p.141-150, 2001.

WOOD, J.A.; KNIGHTS, E.J.; CHOCT, M. Morphology of Chickpea Seeds (*Cicer arietinum* L.): Comparison of desi and kabuli. **International Journal of Plant Sciences**, v.172, n.5, p.632-643, 2011.