

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**ANA CAROLINA PINGUELLI RISTAU**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E QUALIDADE NUTRICIONAL DE  
GRÃOS DE GENÓTIPOS DE CHIA (*Salvia hispanica* L.) E QUINOA (*Chenopodium  
quinoa* WILLD.)**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2024**

**ANA CAROLINA PINGUELLI RISTAU**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E QUALIDADE NUTRICIONAL DE  
GRÃOS DE GENÓTIPOS DE CHIA (*Salvia hispanica* L.) E QUINOA (*Chenopodium  
quinoa* WILLD.)**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.  
Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos  
Coorientador: Prof. Dr. Gilberto Costa Braga

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ**

**2024**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ristau, Ana Carolina Pinguelli

Potencial fisiológico de sementes e qualidade nutricional de grãos de genótipos de chia (*Salvia hispanica* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD.) / Ana Carolina Pinguelli Ristau; orientador Edmar Soares de Vasconcelos; coorientador Gilberto Costa Braga. -- Marechal Cândido Rondon, 2024.

80 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.

1. Potencial fisiológico de sementes. 2. Alimento funcional. 3. Lamiaceas. 4. Chenopodiaceae. I. Soares de Vasconcelos, Edmar, orient. II. Costa Braga, Gilberto, coorient. III. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



## ANA CAROLINA PINGUELLI RISTAU

Potencial fisiológico de sementes e qualidade nutricional de grãos de genótipos de chia (*Salvia hispanica* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Tese apresentada à distância, de forma síncrona e por videoconferência, conforme Resolução nº 052/2020 – CEPE e Instrução de Serviços 001/2023 – PRPPG, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Orientador - Edmar Soares de Vasconcelos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Daniele Guarienti Rorato

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Eloisa Mattei

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Maria Eunice Lima Rocha

Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI)

Janaina de Oliveira Melo

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Vandeir Francisco Guimarães  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Marechal Cândido Rondon, 26 de maio de 2023

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo apoio espiritual e por todas as conquistas.

Aos meus pais, minha base, Neli e Juzemar, por toda dedicação, pelo apoio incondicional e toda confiança.

Aos meus irmãos, Fábio e Luís Henrique, e à minha cunhada Inaê, que muito me auxiliaram, e aos meus pequenos sobrinhos, Caio e Augusto, por todo o carinho quando mais precisava.

Ao meu noivo Guilherme, por todo o amor e paciência, obrigada por ter me apoiado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos, por todo apoio durante este período, disponibilidade, por toda a confiança, correções e o conhecimento compartilhado.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Gilberto Costa Braga, por todo apoio necessário, no uso do laboratório, análises laboratoriais e equipamentos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia ao seu corpo docente, por todo ensinamento. Agradeço também a Leila por todo auxílio prestado nesses seis anos.

A Maria Soraia, Maria Eunice, Fernanda e Noélla, por todos os momentos de auxílio no laboratório, pelas sugestões. Além de todas as conversas e risadas que ajudaram o caminho a ficar mais fácil.

Ao Grupo de Estudos em Melhoramento de Plantas pelos momentos de troca de aprendizado.

Ao Lucas por todo o apoio e disponibilidade de repassar as técnicas utilizadas na realização das análises laboratoriais, assim como ao Prof. Dr. Ériton Egidio Lisboa Valente coordenador do Laboratório de Nutrição Animal.

“O mundo tem muitas coisas boas a oferecer para quem tem a ousadia de buscar”

Zíbia Gasparetto

## RESUMO

RISTAU, Ana Carolina Pinguelli, D. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, maio de 2024. **Potencial fisiológico de sementes e qualidade nutricional de grãos de genótipos de chia** (*Salvia hispanica* L.) e **quinoa** (*Chenopodium quinoa* Willd.). Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos. Coorientador: Prof. Dr. Gilberto Costa Braga.

A quinoa e a chia são duas espécies muito nutritivas, com alta quantidade de proteína, além de serem sem glúten. Mesmo com toda a importância destas espécies, ainda não existem muitas cultivares no Brasil, tal como, poucas informações acerca da qualidade fisiológica e nutricional das sementes produzidas aqui. Sendo assim, objetivou-se estabelecer metodologias para a condução de testes de viabilidade e vigor de sementes, além de determinar a composição nutricional dos genótipos de quinoa e chia. A caracterização dos lotes e avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada por: massa de mil sementes, teor de água, germinação, índice de velocidade de emergência de plântulas, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, com 20 genótipos e delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados de teor de água e massa de mil sementes foram submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey, e os oriundos do índice de velocidade de emergência ao teste de agrupamento de Scott-Knott, dividindo os genótipos em quatro grupos de vigor, estes submetidos a padronização do teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, para ambas as espécies. Porém, para quinoa os dados de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica foram submetidos a análise de regressão. E para chia os dados envelhecimento acelerado e condutividade elétrica foram submetidos a análise de regressão, e os de germinação a análise de superfície de resposta. Para a caracterização nutricional os grãos foram avaliados quanto à matéria seca dos grãos, porcentagem de cinzas, proteína bruta, teor de lipídeos, carboidratos, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Neste experimento o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 20 genótipos e três repetições, e os dados comparados por meio do teste de Tukey, para ambas as espécies. As médias de matéria seca de grãos e teor de água, variaram de 2,08 até 2,83 g e 12,64 até 13,91%, respectivamente para quinoa e para chia, as médias de matéria seca e teor de água, variaram de 0,25 até 1,40 g e 10,12 até 12,97%, respectivamente. As médias das variáveis estudadas neste trabalho foram de 90,69 e 96,23% de matéria seca, 3,71 e 6,55% de cinzas, 15,15 e 24,27% de proteínas, 6,24 e 28,41% de lipídeos, 3,57 e 29,49% de fibras, 62,02 e 7,26% de carboidratos, 0,97 e 0,98 mg EqTrolox/g amostra seca e 1,01 e 1,03 mg EqAG/g amostra seca de compostos Fenólicos para quinoa e chia, respectivamente. Concluiu-se que o teste de germinação de quinoa e chia deve ser realizado a 20°C. Devem ser utilizadas 48 horas para o teste de envelhecimento

acelerado. A leitura da condutividade elétrica pode ser feita após 6 h e 40 min de embebição para a quinoa e 15 h e 30 min de embebição para a chia, ambas com 75 mL de água e 100 sementes. Os genótipos de quinoa e chia estudados são tão nutritivos quanto os estudados ao redor do mundo.

**Palavras-Chave:** Alimento funcional. Chenopodiaceae. Lamiáceas. Potencial fisiológico de sementes.

## ABSTRACT

RISTAU, Ana Carolina Pinguelli, D. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, maio de 2023. **Potencial fisiológico de sementes e qualidade nutricional de grãos de genótipos de chia** (*Salvia hispanica* L.) e **quinoa** (*Chenopodium quinoa* Willd.). Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos. Coorientador: Prof. Dr. Gilberto Costa Braga.

Quinoa and chia are two very nutritious species, with a high amount of protein, in addition to being gluten-free. Even with all the importance of these species, there are still not many cultivars in Brazil, as well as little information about the physiological and nutritional quality of the seeds produced here. Therefore, the objective was to establish methodologies for conducting seed viability and vigor tests, in addition to determining the nutritional composition of quinoa and chia genotypes. The characterization of the lots and evaluation of the physiological quality of the seeds was carried out by: mass of one thousand seeds, water content, germination, seedling emergence speed index, accelerated aging and electrical conductivity, with 20 genotypes and a completely randomized design with four replications. Data on water content and mass of a thousand seeds were subjected to comparison of means using the Tukey test, and data from the emergence speed index were subjected to the Scott-Knott cluster test, dividing the genotypes into four vigor groups, these subjected to standardized accelerated aging and electrical conductivity testing, for both species. However, for quinoa, data on germination, accelerated aging and electrical conductivity were subjected to regression analysis. And for chia, the accelerated aging and electrical conductivity data were subjected to regression analysis, and the germination data to response surface analysis. For nutritional characterization, the grains were evaluated for grain dry matter, ash percentage, crude protein, lipid content, carbohydrates, total phenolic compounds, and antioxidant activity. In this experiment, the design used was completely randomized with 20 genotypes and three replications, and the data were compared using the Tukey test, for both species. The average grain dry matter and water content varied from 2.08 to 2.83 g and 12.64 to 13.91%, respectively for quinoa and chia, the average dry matter and water content varied from 0.25 to 1.40 g and 10.12 to 12.97%, respectively. The averages of the variables studied in this work were 90.69 and 96.23% of dry matter, 3.71 and 6.55% of ash, 15.15 and 24.27% of proteins, 6.24 and 28.41 % lipids, 3.57 and 29.49% fibers, 62.02 and 7.26% carbohydrates, 0.97 and 0.98 mg EqTrolox/g dry sample and 1.01 and 1.03 mg EqAG/ g dry sample of Phenolic compounds for quinoa and chia, respectively. It was concluded that the quinoa and chia germination test should be carried out at 20°C. 48 hours must be used for the accelerated aging test. The electrical conductivity

reading can be taken after 6 hours and 40 minutes of soaking for quinoa and 15 hours and 30 minutes of soaking for chia, both with 75 mL of water and 100 seeds. The quinoa and chia genotypes studied are as nutritious as those studied around the world.

**Keywords:** Functional food. Chenopodiaceae. Lamiaceae. Physiological potential of seeds.

**LISTA DE FIGURAS****ARTIGO I**

- Figura 1- Porcentagem de germinação e as diferentes temperaturas em que as sementes de *C. quinoa* foram submetidas ..... 14
- Figura 2- Relação entre porcentagem de germinação e os diferentes períodos de horas em que as sementes de *C. quinoa* foram submetidas ao envelhecimento acelerado..... 18
- Figura 3- Condutividade elétrica de sementes de *C. quinoa* com leitura de 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h nos volumes de 50 (A) e 75 mL (B) de água ..... 20

**ARTIGO II**

- Figura 1- Germinação cumulativa de sementes de *S. hispanica* sob as temperaturas constantes de 17, 21, 25, 28 e 30°C e o número de dias de contagem da germinação ..... 32
- Figura 2- A relação entre porcentagem de germinação e diferentes períodos de tempo (0, 24, 48, 72 horas) de envelhecimento acelerado de sementes de *S. hispanica* ..... 36
- Figura 3- Condutividade elétrica de sementes de *S. hispanica* com leitura após 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h de embebição, nos volumes de 50 (A) e 75 mL (B) de água..... 37

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

Tabela 1 - Massa de Mil Sementes (MMS) e Teor de Água (TA) de sementes dos 20 genótipos de <i>C. quinoa</i> .....	12
Tabela 2-2- Análise de Variância (ANAVA) para o teste de condutividade elétrica em sementes de <i>C. quinoa</i> .....	19

### ARTIGO II

Tabela 1- Os níveis de vigor de <i>S. hispanica</i> foram classificados de acordo com o Índice de Velocidade de Emergência (IVE).....	34
Tabela 3-2- Análise de Variância (ANAVA) para o teste de condutividade elétrica em sementes de <i>S. hispanica</i> .....	37

### ARTIGO III

Tabela 1- Matéria Seca, Cinzas e Proteínas de grãos dos 20 genótipos de <i>C. quinoa</i> , expressos em porcentagem (%).....	46
Tabela 2- Lipídeos, Fibras e Carboidratos de grãos dos 20 genótipos de <i>C. quinoa</i> , expressos em porcentagem (%).....	48
Tabela 3- Atividade Antioxidante (mg EqTrolox/g amostra seca) e Compostos Fenólicos (mg EqAG/g amostra seca) de grãos dos 20 genótipos de <i>C. quinoa</i> .....	49

### ARTIGO IV

Tabela 1- Matéria Seca, Cinzas e Proteínas de grãos dos 20 genótipos de <i>S. hispanica</i> , expressos em porcentagem (%).....	59
Tabela 2- Lipídeos, Fibras e Carboidratos de grãos dos 20 genótipos de <i>S. hispanica</i> , expressos em porcentagem (%).....	61
Tabela 3- Atividade Antioxidante (mg EqTrolox/g amostra seca) e Compostos Fenólicos (mg EqAG/g amostra seca) de grãos dos 20 genótipos de <i>S. hispanica</i> .....	63

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGO I - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE QUINOA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> WILLD.).....</b>	<b>7</b>
2.1	INTRODUÇÃO.....	8
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
2.4	CONCLUSÃO.....	21
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
<b>3</b>	<b>ARTIGO II - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CHIA (<i>SALVIA HISPANICA</i> L.).....</b>	<b>24</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	25
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
3.4	CONCLUSÃO.....	38
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
<b>4</b>	<b>ARTIGO III - CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE GRÃOS DE QUINOA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> WILLD.).....</b>	<b>41</b>
4.1	INTRODUÇÃO.....	42
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
4.4	CONCLUSÃO.....	50
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
<b>5</b>	<b>ARTIGO IV - CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE GRÃOS DE CHIA (<i>SALVIA HISPANICA</i> L.) .....</b>	<b>54</b>
5.1	INTRODUÇÃO.....	55
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	56
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
5.4	CONCLUSÃO.....	64
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Cada dia mais a população vem se preocupando em ter uma alimentação mais saudável, seja pela saúde ou estética. Uma nutrição equilibrada com as quantidades de minerais, vitaminas, carboidratos, lipídeos, proteínas e fibras que o corpo precisa, vem sendo levadas em consideração, principalmente para praticantes de atividades físicas de alta intensidade, estes geram a energia necessária para as funções metabólicas do corpo (ABREU et al., 2021).

Alimentos funcionais são definidos como qualquer substância ou componente de um alimento que proporcione benefícios à saúde, até mesmo a prevenção e o tratamento de doenças. Esses alimentos podem variar de nutrientes isolados, produtos de biotecnologia, suplementos dietéticos e alimentos geneticamente modificados até alimentos processados e derivados de plantas (LOBO; VELASQUE, 2016).

Nessa perspectiva, há um nicho de mercado economicamente atrativo e em expansão, que as indústrias alimentícias e farmacêuticas têm procurado atender. Em decorrência disto, tem sido observado diferentes produtos alimentícios com potencial funcional no mercado, isto é, que além de atender as demandas nutricionais do organismo possam gerar benefícios a saúde, colaborando para o bom funcionamento do organismo e na prevenção de doenças.

A quinoa e a chia são muito mais nutritivas que a maioria dos grãos consumidos diariamente, como é possível constatar pela TBCA (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos), a quinoa e a chia tem 14,1 e 16,5 g de proteínas, 4,57 e 7,72 mg de ferro, 47 e 631 mg de cálcio, 197 e 335 mg de magnésio em 100g, respectivamente, enquanto o trigo, milho e arroz tem respectivamente 10,7, 10 e 7,43 g de proteínas, 5,37, 2,62 e 0,62 mg de ferro, 34, 7,09 e 6,98 mg de cálcio, 90, 132 e 49,8 mg de magnésio em 100g (TBCA, 2022).

Devido as pessoas estarem mais preocupadas com a alimentação, é necessário a busca de alimentos que satisfaçam isto, e seja de valor acessível para toda a população, ainda mais hoje com o aumento de pessoas vegetarianas e veganas que buscam alimentos de origem não animal e que tem a capacidade de suprir os nutrientes necessários. E o melhoramento genético de plantas tem a capacidade de auxiliar nisto, seja para aumentar a produtividade ou na inserção de genes para o aumento nutricional.

Com o também crescimento populacional é necessário aumentar a produtividade, e o melhoramento genético é a melhor maneira de se alcançar isto. Além de aumentar a produtividade, essa tecnologia tem a capacidade de adaptar a planta para as características edafoclimáticas da região, além de inserir caracteres que possam deixar as plantas mais resistentes ou tolerantes à pragas e doenças, assim como aumentar as características

nutricionais. O posterior sucesso de uma cultivar vai depender também do correto posicionamento desta (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

Atualmente no Brasil só existe uma cultivar registrada de quinoa, a BRS Piabiru da EMPRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa e Pecuária) e esta foi registrada no ano de 2000, ou seja, passaram 24 anos e nenhuma outra cultivar foi registrada no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). A chia também só tem uma cultivar registrada, a Essencial, e esta foi realizada recentemente, (em maio de 2022) (MAPA, 2023).

Sendo assim, é possível observar a importância do melhoramento genético dessas espécies, pois no Brasil ainda tem poucas cultivares lançadas e limitadas informações técnico-científicas sobre suas especificidades. Neste caso, detecta-se um grande nincho de mercado e falha no sistema de lançamento de novas tecnologias e cultivares no setor agrícola, visto que, essas espécies apresentam grande potencial produtivo no país e alto valor agregado ao seu consumo e, conseqüentemente a sua comercialização.

Um esforço interdisciplinar é necessário para integrar o conhecimento gerado por pesquisadores de chia e quinoa em todo o mundo para alcançar mais conhecimentos. À medida que a cultura se expande para novas áreas, os efeitos genótipos  $\times$  ambientes sobre a produtividade e as propriedades nutricionais devem ser um dos principais focos das pesquisas.

Assim como, ter sementes com alto potencial fisiológico é de vital importância para se ter sucesso no melhoramento genético e também na produtividade. O potencial fisiológico de sementes envolve tanto a germinação das sementes como o vigor. O vigor avalia a capacidade das sementes se desenvolverem em condições estressantes ou não, além de prever, mesmo que, indiretamente as respostas destas ao serem levadas a campo. Os testes de vigor avaliam a situação metabólica das sementes ou até mesmo, a tolerância que estas terão em condições diversas de armazenamento (BEWLEY et al., 2013; MARCOS FILHO, 2015).

Diferentes testes podem ser empregados para avaliar e determinar o vigor de sementes, como o teste de emergência, que considera a capacidade que a planta tem de se estabelecer e desenvolver uniformemente, em diversos substratos, já que, plantas mais vigorosas tendem a ter maior poder de competição por recursos e isto posteriormente interfere na produtividade (MARCOS FILHO, 2015).

O teste de condutividade elétrica, por exemplo, avalia a capacidade que as membranas das sementes têm de se reorganizarem após determinado período de embebição, onde os resultados podem ser obtidos rapidamente e facilmente. Já o teste de envelhecimento acelerado é baseado em submeter as sementes a altas temperaturas e umidade relativa, e posteriormente, avaliar a germinação destas sementes (KRZYŻANOWSKI et al., 2020).

Ainda não existem nas Regras para Análise de Sementes (RAS) ou na Associação Internacional de Testes de Sementes (ISTA) testes de germinação padronizados para ambas as espécies deste estudo, como tem para a maioria das espécies comerciais. Além do que, pesquisas sobre o vigor das sementes dessas espécies são muito restritos. Estes são atributos muito importantes em sementes, que são necessários quando o produtor for adquirir estas sementes, pois para se ter sucesso na produção, sementes de qualidade são essenciais.

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é um pseudocereal pertencente à família Amaranthaceae e a subfamília Chenopodiaceae, esta espécie tem centro de diversidade andino, mas pode ser cultivado em diversos lugares do mundo, devido a sua alta adaptabilidade (ROMERO; HEREDIA; CHAPARRO-ZAMBRANO, et al., 2018; VASCONCELOS et al., 2016). A capacidade de adaptação da quinoa é enorme, podendo-se encontrar variedades desenvolvidas a partir do nível do mar até 4.000 m acima e de 40 °S a 2 °N de latitude (ZURITA-SILVA et al., 2014).

A altura de planta é variável, dependendo da variedade, ambiente e densidade de plantio podendo chegar de 1,00 a 2,30 m. A coloração da planta é variável durante o ciclo, onde da germinação até a floração a planta pode apresentar tons de verde, roxo, misto de verde e roxo, e vermelho. Quando alcança a maturidade fisiológica, a cor pode alternar entre creme, amarelo, alaranjado, rosa, roxo, marrom, cinza e tons de verde (ROJAS; PINTO; SOTO, 2010). Já as sementes, são pequenas, com cores e formas variadas, indo do amarelo ao roxo (RODRIGUES et al., 2020).

Os grãos de quinoa são ricos em termos nutricionais, pois seu teor de proteína é superior à maioria dos cereais, além de possuir minerais, vitaminas, qualidade de óleos e antioxidantes, 20 aminoácidos essenciais, dos 22 necessários para humanos. Portanto, a quinoa tem alto conteúdo nutricional e funcional, pois não contém glúten, o que o torna um alimento muito completo e de fácil digestão. Além disso, o caule, as folhas e os grãos têm outros usos dentro da indústria, como cosméticos, produtos farmacêuticos e até mesmo pesticidas (BASANTES-MORALES; ALCONADA; PANTOJA, 2019).

Outra característica importante é o conteúdo de saponina, pois ela apresenta um sabor amargo, e quando é indicada para o consumo, quanto menos saponina apresentar melhor, porém quando voltada para a indústria (sabão, sabonetes, shampoo), o maior teor de saponina é preferível (ZURITA-SILVA et al., 2014). Outra característica, é que a saponina está relacionada ao sistema de defesa vegetal e apresenta atividade microbiana e repelente, defendendo as plantas do ataque de fungos e insetos no período de desenvolvimento no campo (QUIROGA et al., 2014).

No Brasil, a quinoa foi introduzida na década de 1990, como parte de projeto de pesquisa para diversificar os sistemas produtivos. As primeiras tentativas de adaptá-la ao cultivo se deram por seleção em populações híbridas, provenientes de Cambridge, Inglaterra, em 1988 (SPEHAR; SOUZA, 1993).

A *Salvia hispanica* L., popularmente conhecida como chia, pertence à família das Lamiáceas, com centro de distribuição nas áreas montanhosas do Oeste e Centro do México. No período Pré-Colombiano, era um dos principais alimentos básicos utilizados pelas civilizações que habitavam a América Central, ficando atrás apenas do milho e do feijão (AYERZA e COATES, 2011; BUSILACCHI et al., 2013). Ela é cultivada comercialmente na Austrália, Bolívia, Colômbia, Guatemala, México, Peru e Argentina (JAMBOONSRI et al., 2012; BUSILACCHI et al., 2013; KARTZOW, 2013).

Por se tratar de uma espécie sensível ao fotoperíodo, é classificada como planta de dias curtos, além de não tolerar geadas (JAMBOONSRI et al., 2012), o ciclo da chia varia de 140 a 180 dias entre a semeadura e a colheita, dependendo da latitude, sendo a cultura muito resistente a doenças e pragas, pois seus óleos são repelentes naturais de insetos (KARTZOW, 2013).

As flores dessa planta são produzidas em espigas terminais ou axilares, podendo ser roxas ou brancas e crescem em forma de um ramo que produz uma cápsula, com 20 a 30 flores por planta (ALI et al., 2012). Cada fruto possui quatro sementes pequenas de forma oval, lisas, brilhantes, com cerca de 2 mm de comprimento e 1 mm de largura. O tegumento é brilhante com diferentes tonalidades de cores como preto e cinza, com manchas irregulares, marrons e alguns brancos (KARTZOW, 2013).

Cada vez mais as sementes de chia vem sendo consumidas, contribuindo para a saúde e nutrição humana devido ao seu alto teor de ácido  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3) e linoleico ( $\omega$ -6), antioxidantes naturais, tais como compostos fenólicos, quercetina, fibra dietética e proteína, entre outros. Ela atua na proteção contra algumas doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (AYERZA e COATES 2011; ALI et al., 2012). Além de não conter glúten, sendo muito utilizada por pessoas celíacas (BUSILACCHI et al., 2013).

Diante das importâncias das espécies supracitadas, o objetivo desta pesquisa foi estabelecer metodologias para a condução de testes de viabilidade e vigor de sementes, além de determinar a composição nutricional dos genótipos de quinoa e chia provenientes do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. G.; LOPES, R. S. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, J. S. A importância da alimentação na hipertrofia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. 1-15, 2021.

ALI, N. M.; YEAP, S. K.; HO, W. Y.; BEH, B. K.; TAN, S. W.; TAN, S. G. The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2012, p. 1–9, 2012.

AYERZA, R.; COATES, W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 2, p. 1366–1371, 2011.

BASANTES-MORALES, E. R.; ALCONADA, M. M.; PANTOJA, J. L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Production in the Andean Region: Challenges and Potentials. **Journal of Experimental Agriculture International**. v. 36, n. 6, p.1-18, 2019.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, KJ; HILHORST, HWM; NONOGAKI, H. Seeds: Physiology of Development, **Germination and Dormancy**. 3rd ed. Nova York: Springer, 2013. 392p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 8. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2021. 384p.

BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M.; BUENO, M.; DI SAPIO, O.; FLORES, V.; SEVERIN, C. Evaluacion de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). **Cultivos Tropicales**, v. 34, n. 4, p. 55–59, 2013.

JAMBOONSRI, W; PHILLIPS, T. D.; GENEVE, R. L.; CAHILL, J. P.; HILDEBRAND, D.F. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.-a new  $\omega$ 3 source. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 59, n. 2, p. 171–178, 2012.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B.; MARCOS FILHO, J. **Vigor de sementes: Conceitos e testes**, 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 2020. 601p.

KARTZOW, A. C. **Estudio de pre factibilidad técnico-económica del cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.) en Chile**. Informe final, Santiago, Chile: FIA, 2013, 102 p.

LOBO, A. C. M.; VELASQUE, L. F. L. Revisão de literatura sobre os efeitos terapêuticos do açaí e sua importância na alimentação. **Biosaúde**. v. 18, n. 2, p. 97-106, 2016.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660p.

QUIROGA, C.; ESCALERA, R.; ARONI, G.; BONIFACIO, A.; ANTONIO, J.A.G.; VILLCA, M.; SARAVIA, R.; RUIZ, A. In: BAZILE, D. et al. (Eds.). **Estado de la arte de la quinua en el mundo en 2013**. FAO: Santiago, Chile e CIRAD: Montpellier, Francia, 2014. p. 258-296.

Registro Nacional de Cultivares (RNC). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em:<

[https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>. Acesso em: 24 abr. 2023.

RODRIGUES, D. B.; CAVALCANTE, J. A.; ALMEIDA, A. S.; NUNES, C. A.; SERRÃO, A. F. A.; KONZEN, L. H.; SUÑE, A. S.; TUNES, L. V. M. Seed morphobiometry, morphology of germination and emergence of quinoa seeds 'BRS Piabiru'. Agrarian Sciences, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, (Suppl. 1): e20181313, p. 1-10, 2020.

ROJAS, W.; PINTO, M.; SOTO, J. L. **Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos**. In: ROJAS, W., SOTO, J. L.; PINTO, M.; JAGER, M. and PADULOSI. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia, p. 11- 23, 2010.

ROMERO, G.; HEREDIA, A.; CHAPARRO-ZAMBRANO, H. N. Potencial germinativo en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) almacenadas bajo condiciones de frío. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 21, n. 2, p. 341–350, 2018.

VASCONCELOS, E. S.; HOERPERS, L. M. L.; AMARAL, R. G.; EGEWARTH, V. A.; STRENSKE, A. Genetic parameters and productivity of quinoa in western Paraná State, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 185-191, 2016.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. de M. de. Adaptação da quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 635-639, maio 1993.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 20 abr. 2023.

ZURITA-SILVA, A.; FUENTES, F.; ZAMORA, P.; JACOBSEN, S.; SCHWEMBER, A. Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. **Mol. Breed. Molecular Breeding**. v.34, n.1, p.13–30, 2014.

## 2 ARTIGO I - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

### RESUMO

A quinoa é considerada um superalimento, com grande importância no combate à desnutrição. Porém, não existem recomendações para análise da qualidade fisiológica de sementes. Assim, objetivou-se nesta pesquisa estabelecer metodologias para a condução de testes de viabilidade e vigor de sementes de quinoa. A caracterização dos lotes e avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada por: massa de mil sementes, teor de água, germinação, índice de velocidade de emergência de plântulas, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, composto de 20 genótipos com quatro repetições. Os dados de teor de água e massa de mil sementes foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey, e os oriundos do índice de velocidade de emergência ao teste de agrupamento de Scott-Knott, dividindo os genótipos em quatro grupos de vigor, estes submetidos a padronização do teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Os dados de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica foram submetidos a análise de regressão. As médias de massa de mil sementes e teor de água, variaram de 2,08 até 2,83 g e 12,64 até 13,91%, respectivamente. Concluiu-se que o teste de germinação de quinoa deve ser realizado com 20°C. Devem ser utilizadas 48 horas para o teste de envelhecimento acelerado. A leitura da condutividade pode ser feita após 6 h e 40 min de embebição, com 75 mL de água e 100 sementes.

**Palavras-chave:** Amaranthaceae. Genótipos. Vigor de sementes

## DETERMINATION OF THE PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF QUINOA SEEDS (*Chenopodium quinoa* Willd.)

### ABSTRACT

Quinoa is considered a superfood, with great importance in combating malnutrition. However, there are no recommendations for analyzing the physiological quality of seeds. Thus, the objective of this research was to establish methodologies for conducting tests of viability and vigor of quinoa seeds. The characterization of the lots and the evaluation of the physiological

quality of the seeds was carried out by: Thousand Seeds Mass (MMS), Water Content (TA), Germination (G), Seedling Emergence Speed Index (IVE), Accelerated Aging (EA) and Electrical Conductivity (CE), with 20 genotypes and a completely randomized design with four replications. The TA and MMS data were submitted to a comparison of means by the Tukey test, and those from the IVE to the Scott-Knott cluster test, dividing the genotypes into four vigor groups, which were submitted to the standardization of the EA and EC test. . Data from G, EA and CE were subjected to regression analysis. The averages of MMS and TA ranged from 2.08 to 2.83 g and 12.64 to 13.91%, respectively. It was concluded that the quinoa G test should be performed at 20 °C. 48 h must be used for the EA test. The EC reading can be done after 6 h and 40 min of imbibition, with 75 mL of water and 100 seeds.

**Keywords:** Amaranthaceae. Genotypes. Seed vigor

## 2.1 INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) pertence à família botânica Amaranthaceae e apresenta centro de diversidade andino, mas por apresentar ampla variabilidade genética e alta capacidade de adaptação ao clima, é cultivada mundialmente, principalmente na América do Sul (ROMERO; HEREDIA; CHAPARRO-ZAMBRANO, et al., 2018; VASCONCELOS et al., 2016). As sementes são pequenas, redondas e planas, apresentam diâmetro e largura aproximados de 2,05 e 1,07 mm, respectivamente (RODRIGUES et al., 2020).

Esta espécie é reconhecida como um dos alimentos vegetais mais nutritivos utilizados na dieta humana, com elevada quantidade de proteína e equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais. Além disso, os grãos são livres de glúten (RODRIGUES et al., 2020). A FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) destaca a quinoa como um superalimento, sendo este de grande importância no combate à desnutrição, por ser uma fonte de proteína de baixo custo, importante principalmente em países em desenvolvimento (MARTÍNEZ, 2015). A quinoa também apresenta elevada quantidade de biomassa produzida, podendo ser usada como alternativa para proteção do solo em sistema de plantio direto (VASCONCELOS et al., 2016).

Assim como existe interesse na comercialização dos grãos da quinoa para subsidiar a alimentação humana de melhor qualidade. Para que seja possível expansão de áreas cultivadas com a cultura, estudo na área de tecnologia de sementes dessas sementes, precisam ser desenvolvidos para respaldar a comercialização do material, atentando a legislação vigente.

Atualmente, não existem recomendações oficiais para a condução do teste de germinação em sementes de quinoa, nas Regras para Análise de Sementes – RAS, bem como

nas regras internacionais - ISTA, como ocorre para a maioria das sementes de espécies cultivadas. Da mesma forma que não existem testes padrões para germinação, poucos estudos também têm sido realizados acerca do vigor das mesmas, atributo esse muito ressaltado atualmente na qualidade fisiológica de sementes de interesse agrícola.

A semente tem o poder de difundir o melhoramento genético, tendo a sua performance influenciada pelas propriedades fisiológicas, físicas, sanitárias e genéticas. O uso de sementes de elevada qualidade fisiológica influencia na uniformidade da emergência, estande e desenvolvimento de plantas no campo, tudo isto tendo grande efeito na produtividade, sendo indispensável para se ter sucesso no campo (ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA-NETO, 2017).

O potencial fisiológico de sementes engloba a germinação e o vigor de sementes, ou seja, expressa a competência da semente em ambientes favoráveis ou não. O vigor de sementes compreende distintas propriedades para se obter emergência uniforme e rápida, além de plântulas normais sob ampla variação de condições ambientais (BEWLEY et al., 2013).

Um teste de vigor para ser considerado eficaz precisa ser capaz de diferenciar lotes de sementes de acordo com a sua performance, identificando diferenças que muitas vezes o teste de viabilidade não tem o potencial de detectar. Na determinação do vigor de sementes diversos métodos podem ser utilizados, podendo estes avaliar direta ou indiretamente a situação metabólica, como os testes de emergência de plântulas e condutividade elétrica. Além desses, o envelhecimento acelerado pode ser utilizado para verificar a tolerância ao estresse da semente, porém para todos estes testes não existe uma metodologia padronizada para todas as espécies (MARCOS FILHO, 2015).

No teste de emergência de plântulas é levado em consideração a capacidade que a plântula tem de se estabelecer e desenvolver uniformemente, devido a sua habilidade de competir por água, luz e nutrientes, especialmente com plantas daninhas (MARCOS FILHO, 2015). O teste de condutividade elétrica avalia as alterações bioquímicas nas sementes, ele é baseado na capacidade de reorganização das membranas celulares, é um teste de fácil execução e com resultados disponíveis rapidamente. Enquanto o teste de envelhecimento acelerado se baseia na deterioração das sementes submetidas a altas temperaturas e umidade relativa, e a sua capacidade de germinar depois deste período em que foram estressadas (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Dentro deste contexto, o objetivo desta pesquisa foi estabelecer metodologias para a condução de testes de viabilidade e vigor em sementes de quinoa.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus de Marechal Cândido Rondon. Para o desenvolvimento das metodologias, foram utilizadas sementes de 20 genótipos de quinoa, sendo: Q1301, Q1302, Q1304, Q1310, Q1317, Q1318, Q1320, Q1323, Q1324, Q1331, Q1502, Q1503, Q1506, Q1601, QSEL1, QMCR1, QMCR2, QMCR10, QGUARA, QGUARA10, estes oriundos do Programa de Melhoramento de Plantas da UNIOESTE, colhidos nos experimentos de competição de genótipos entre os anos agrícolas de 2018 e 2019.

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes e a caracterização dos lotes, foram realizadas por meio dos seguintes testes:

Massa de mil sementes, determinada de acordo com a Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), com a pesagem de oito repetições de 100 sementes.

Grau de umidade, determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de 100 sementes inteiras para cada genótipo.

O teste de germinação foi realizado com quatro subamostras de 100 sementes para cada lote, dispostas em caixas do tipo “gerbox”, com 2 folhas de papel germitest umedecidos, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, com água destilada. Posteriormente, os gerbox foram alocados em câmaras de incubação do tipo BOD, reguladas em regimes de temperaturas constantes de 17, 21, 25, 28 e 30 °C, sem fotoperíodo. A escolha de somente este tipo de substrato ocorreu pela praticidade e tamanho das sementes, que por serem muito pequenas, poderiam se perder facilmente em outros substratos. A contagem das sementes foi realizada após 7 dias (STRENSKE et al., 2017) e foi calculada a porcentagem de germinação de plântulas normais de acordo com a RAS (BRASIL, 2009).

Para a padronização dos testes de vigor foram utilizados os 20 genótipos de sementes de quinoa já apresentados, onde, com o uso dos resultados do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), foram divididos em grupos com diferentes níveis de vigor (mais alto vigor, alto vigor, baixo vigor, mais baixo vigor).

O IVE foi realizado em casa de vegetação, com quatro repetições de 100 sementes, em ambiente não controlado (luz, temperatura e umidade relativa). As sementes foram dispostas em bandejas de polietileno (29 cm (C) x 21 cm (L) x 5 cm (A)), contendo  $\frac{3}{4}$  de substrato comercial Humusfertil® a base de casca de pinus, areia como fonte de substrato e vermiculita, com às respectivas garantias: condutividade elétrica de  $1,5 \text{ mS.cm}^{-1}$ ; densidade de  $480 \text{ kg.m}^{-3}$ ; potencial hidrogeniônico (pH) de 6,5; umidade máxima e capacidade de retenção de (CRA) em

peso/peso igual a 60%. O substrato foi umedecido até a capacidade de campo na semeadura, e irrigado quando necessário. O teste foi conduzido durante 10 dias. O número de plântulas emergidas (parte aérea formada) foi computado diariamente até a estabilização. Com esses dados, foi calculado o Índice de Velocidade de Emergência conforme Maguire (1962).

Os resultados do IVE foram submetidos ao teste de agrupamento de Scott- Knott, permitindo dividir os genótipos em quatro grupos de vigor, dentro de cada grupo foram sorteados genótipos (dois para o maior grupo e um para os demais), estes genótipos foram submetidos à padronização do teste de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica, de maneira a garantir que cada grupo de sementes estivesse representado nessa padronização.

Para o teste de envelhecimento acelerado, conforme metodologia proposta por Krzyzanowski et al. (2020), foram utilizadas caixas plásticas tipo “gerbox”, possuindo em seu interior uma tela, entre as sementes e a tela foram dispostas em uma camada de tule, devido ao tamanho das sementes. Dentro de cada gerbox foram adicionados 40 mL de água destilada, proporcionando ambiente com 100 % UR (Umidade Relativa). Em cima de cada tela foram distribuídas de maneira uniforme aproximadamente 800 sementes. As caixas tampadas foram mantidas em câmara de envelhecimento acelerado, a 41°C, por períodos de 0, 24, 48 e 72 h.

Decorrido cada período de envelhecimento, quatro amostras de 100 sementes por tratamento foram submetidas ao teste de germinação (20 °C), esta temperatura foi escolhida de acordo com a análise de germinação e baseado em padrões técnicos e comerciais. O grau de umidade das sementes foi determinado antes e após os períodos de envelhecimento, visando avaliação da uniformidade das condições do teste, seguindo a metodologia descrita anteriormente.

Para o teste de Condutividade Elétrica (CE) utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes por lote, depois de pesadas as repetições foram acondicionadas em copo plástico (200 mL), onde foram estudados dois volumes (50 e 75 mL) de água deionizada, e posteriormente realizou-se as leituras de CE com o auxílio de um condutivímetro de bancada (Modelo Bel W12D) após submetidas a 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h de embebição a 20 °C, adaptado de Krzyzanowski et al. (2020).

As variáveis avaliadas seguiram o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de normalidade de Shapiro-wilk e homogeneidade de Bartlett e quando possível o conjunto de dados experimentais foi submetido à análise de variância. Posteriormente, os dados de teor de água e massa de mil sementes foram submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0, 05$ ). Os dados do teste de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, por envolverem variáveis

quantitativas foram submetidos a análise de regressão. Os dados foram submetidos aos diferentes testes estatísticos com auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados apresentaram normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias, permitindo as análises paramétricas que seguem.

As médias de massa de mil sementes (MMS) variaram de 2,08 a 2,83 g (Tabela 1). Estes valores estão próximos do encontrado por outros autores com a mesma espécie, utilizando a linhagem BRS Syetetuba (2,5-3,3 g) (SPEHAR; ROCHA; BARROS, 2011) e com a cultivar BRS Piabiru (2,68 g) (RODRIGUES et al., 2020).

Tabela 1- Massa de Mil Sementes (MMS) e Teor de Água (TA) de sementes dos 20 genótipos de *C. quinoa*

Genótipo	MMS (g)	TA (%)
Q1301	2,52 efgh	13,43 abcd
Q1302	2,25 jk	13,34 abcdef
Q1304	2,83 a	12,79 defg
Q1310	2,63 bcdef	12,77 defg
Q1317	2,65 bcde	12,64 g
Q1318	2,72 abcd	13,33 abcdef
Q1320	2,63 bcdef	12,74 efg
Q1323	2,59 defg	13,36 abcde
Q1324	2,81 ab	12,9 cdefg
Q1331	2,37 hij	12,70 fg
Q1502	2,77 abc	13,67 ab
Q1503	2,43 ghij	12,82 defg
Q1506	2,46 fghi	12,8 defg
Q1601	2,58 defg	12,72 efg
QSEL1	2,52 efgh	13,50 abc
QMCR1	2,08 k	13,41 abcd
QMCR2	2,59 cdefg	12,78 defg
QMCR10	2,33 ij	13,91 a
QGUARA	2,63 cdef	12,97 cdefg
QGUARA10	2,38 hij	13,19 abcdefg
CV	3,9	1,92

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O genótipo Q1304 apresentou média de 2,83 g de MMS, sendo maior que o obtido dos genótipos Q1301, Q1302, Q1310, Q1317, Q1320, Q1323, Q1331, Q1503, Q1506, Q1601, QSEL1, QMCR1, QMCR2, QMCR10, QGUARA e QGUARA10, ou seja, a maioria dos genótipos estudados. Já o genótipo QMCR1 teve a menor média de massa de mil sementes (2,08 g), sendo um valor igual apenas ao obtido para o genótipo Q1302, com 2,25 g. Sementes

maiores são atreladas aos embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas, podendo gerar plântulas com melhor desempenho no campo.

O teor de água das sementes (TA) apresentou médias de 12,64 a 13,91% (Tabela 1). Romero, Heredia e Chaparro-Zambrano, (2018) constataram teor de água de 10,66 até 12,47% para os quatro genótipos de quinoa estudados. Já Rodrigues et al. (2020) encontraram 11% com a cultivar BRS Piabiru, valores estes próximos do verificado no presente trabalho.

Marcos Filho (2015) ressaltou a importância da uniformização do teor de água na realização dos testes de vigor, para se alcançar resultados uniformes, pois diferentes teores de água podem beneficiar ou prejudicar o desempenho destas sementes. No presente trabalho, os valores estão bem próximos, enfatizando assim que as diferenças nos demais testes não são por esta razão. Este autor também ressaltou a importância de o teor de água não ser inferior a 11%, pois estas sementes ao entrarem em contato com um volume maior de água na hora da germinação, podem sofrer injúrias por umidade, principalmente durante o teste de germinação.

O genótipo QMCR10 expressou média de TA maior que o dos genótipos Q1304, Q1310, Q1317, Q1320, Q1324, Q1331, Q1503, Q1506, Q1601, QMCR2, QGUARA e QGUARA10. Enquanto, o genótipo Q1317 teve menor média de teor de água, quando comparado com os genótipos Q1301, Q1302, Q1318, Q1323, Q1502, QSEL1, QMCR1 e QMCR10.

Um dos fatores mais importantes para germinação de sementes é a água, visto que esta reidrata os tecidos intensificando a atividade metabólica, além de a semente hidratada se expandir ocasionando a ruptura do tegumento, contribuindo para a expansão da radícula e do hipocótilo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Diversos fatores envolvem a permeabilidade da semente, como sua estrutura, composição, morfologia, umidade inicial e temperatura, ou seja, a absorção da água pela semente está associada tanto com as propriedades da semente, como do ambiente em que está inserida (BEWLEY et al., 2013).

Depois da água, a temperatura é a causa ambiental mais importante para a germinação de sementes, sendo assim, estudar diferentes temperaturas em culturas onde não existe um teste padrão de germinação é essencial, pois esta tem a capacidade de alterar a uniformidade e a capacidade de germinar, alterando as reações químicas do processo germinativo, como exemplo a velocidade da embebição das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

Na Figura 1 estão os gráficos de análise de regressão entre porcentagem de germinação e as diferentes temperaturas em que as sementes foram submetidas, para os 20 genótipos de quinoa estudados, estes foram divididos em cinco gráficos para melhor visualização.

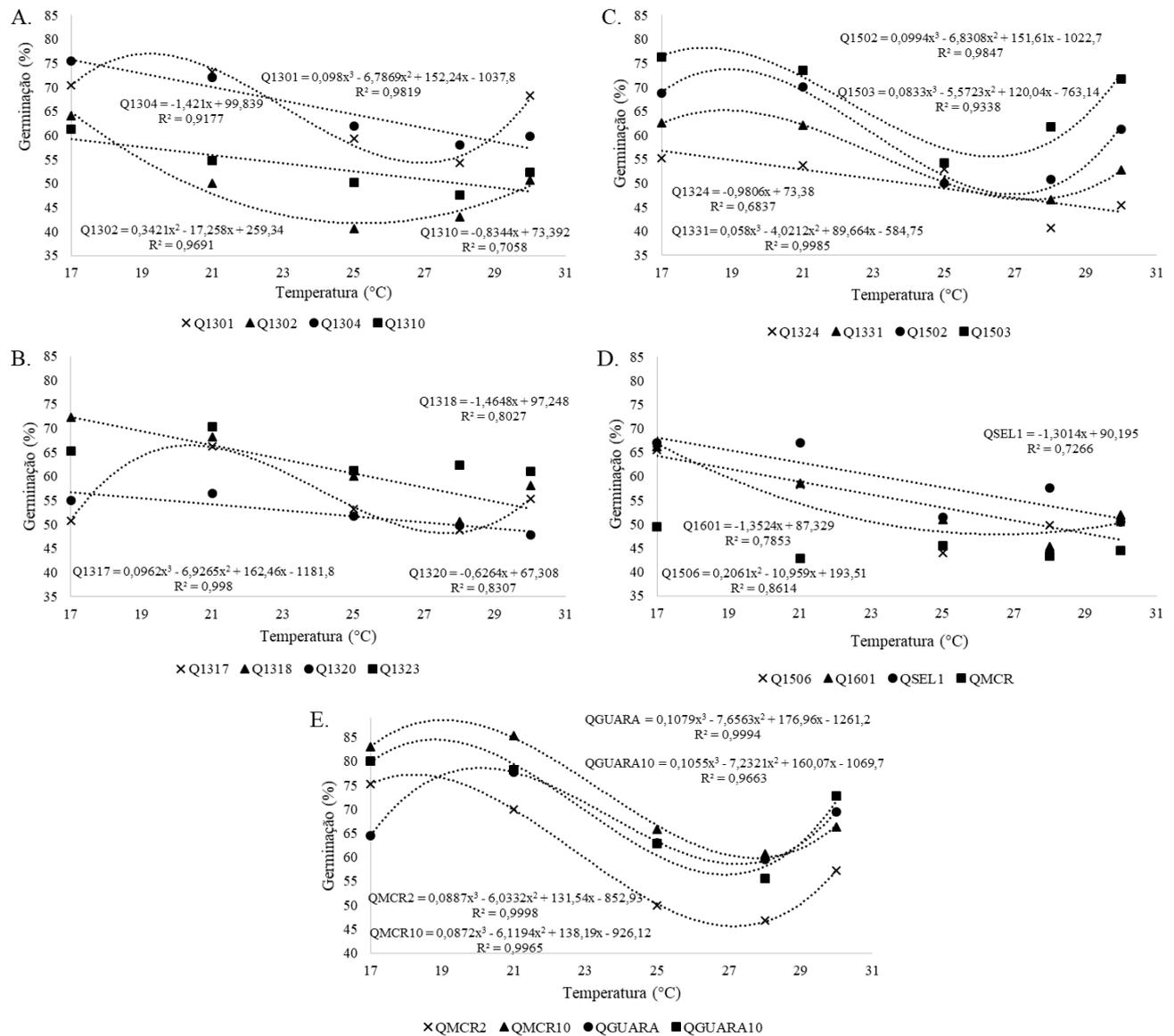


Figura 1- Porcentagem de germinação e as diferentes temperaturas em que as sementes de *C. quinoa* foram submetidas. (A) Genótipos Q1301, Q1302, Q1304, Q1310; (B) Genótipos Q1317, Q1318, Q1320, Q1323; (C) Genótipos Q1324, Q1331, Q1502, Q1503; (D) Genótipos Q1506, Q1601, QSEL1, QMCR; (E) Genótipos QMCR2, QMCR10, QGUARA, QGUARA10

A porcentagem de germinação variou de 41 até 85%, sendo 41% do genótipo Q1302 a 25°C e do Q1324 a 28°C, e o genótipo QMCR10 que apresentou 85% de germinação de sementes submetidas à temperatura de 21°C (Figura 1).

A maioria dos genótipos apresentou seu melhor desempenho entre as temperaturas de 20-21°C, então optou-se por utilizar 20°C nos demais testes (envelhecimento acelerado e condutividade elétrica), além de sugerir esta como a melhor temperatura para o teste de germinação. Ademais, a temperatura foi sugerida pensando nos laboratórios de sementes comerciais, onde na maioria das vezes se trabalham com várias espécies, podendo assim utilizar

um mesmo germinador/câmara de germinação, como por exemplo, as grandes culturas como o trigo (*Triticum* spp. L.), aveia (*Avena sativa* L.), canola (*Brassica napus* L.) etc., de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009)

Nos genótipos Q1304, Q1310, Q1318, Q1320, Q1324, Q1601 e QSEL1 a germinação diminuiu linearmente conforme a temperatura foi aumentando. Como a quinoa tem centro de diversidade andino, espera-se o melhor desempenho em temperatura mais amena. Em condições de temperaturas elevadas, as plantas podem demorar mais para germinar devido à espera de condições favoráveis para seu desenvolvimento, sendo uma vantagem adaptativa.

Outro ponto a se destacar é o início rápido da germinação de sementes de quinoa, que pode estar relacionada ao seu centro de diversidade, onde a umidade é reduzida, assim a espécie aperfeiçoou o uso da água, podendo ser outra vantagem adaptativa da espécie (SOUZA et al., 2017a).

Abd El-Hakim et al. (2022) avaliaram quatro diferentes genótipos de quinoa colhidos em diferentes locais, e verificaram porcentagem de germinação entre 64,67 e 78,67%. D'ambrosio et al. (2017) encontraram germinação de 50 e 72% para variedades selvagens de quinoa chilena e boliviana, respectivamente. Souza et al. (2017a) obtiveram de 60 até 86,5% de porcentagem de germinação com a linhagem BRS Syetetuba, com diferentes substratos e temperaturas. Em suma, a germinação constatada no presente trabalho (41-85%) está de acordo com a literatura.

O teste de Scott-Knott possibilitou dividir os 20 genótipos de quinoa em quatro grupos quanto aos níveis de vigor de sementes (Tabela 2). Sendo estes classificados em grupos: 1 – mais alto vigor; 2 – alto vigor; 3 – baixo vigor; 4 - mais baixo vigor, como pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2- Classificação dos genótipos de *C. quinoa* em níveis de vigor, de acordo com o Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Genótipo	Média	Grupo
QMCR10	25,3700	1
QGUARA	22,4750	2
Q1301	21,7400	2
QMCR2	20,8675	2
Q1318	20,8650	2
Q1502	20,8525	2
QGUARA10	20,6000	2
Q1503	20,4225	2
Q1304	20,1800	2
Q1331	19,1600	2
Q1323	18,1500	3
Q1302	16,5825	3
SEL1	16,4600	3
Q1310	16,2300	3
Q1317	16,1525	3
Q1506	15,8200	3
Q1601	14,7300	4
Q1320	14,3900	4
Q1324	13,7400	4
QMCR1	11,8025	4

Médias seguidas de mesmo número na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento do teste de Scott- Knott ( $p \leq 0,05$ ), sendo grupos: 1 – mais alto vigor; 2 – alto vigor; 3 – baixo vigor; 4 - mais baixo vigor

O genótipo QMCR10 foi o que apresentou média de teor de água (13,92%) maior que a maioria dos demais genótipos, também teve média de germinação (85%) melhor que os demais avaliados, sendo este o genótipo que está no grupo 1 que são as sementes com o mais alto vigor.

As médias do Índice de Velocidade de Emergência variaram de 25,37 até 11,80. Sendo o grupo 1- mais alto vigor apresentou média de 25,37. O grupo 2, que tem os genótipos classificados em alto vigor, as médias variaram de 22,48 até 19,16, este foi o maior grupo, no qual tem nove genótipos. No grupo 3 (baixo vigor) as médias ficaram entre 18,15 e 15,82, no grupo 4 – mais baixo vigor, as médias alternaram de 14,73 a 11,80.

As plântulas que têm a capacidade de emergir rapidamente utilizam melhor os recursos disponíveis no ambiente, como água, luz e nutrientes, enquanto as plantas que emergem tardiamente acabam perdendo a capacidade competitiva por estes recursos, principalmente com

plantas daninhas. Além de interferir na qualidade de grãos e nas características da planta relacionadas a colheita (FRANÇA NETO et al., 2012).

A eficácia do Índice de Velocidade de Emergência para estratificar lotes de sementes em diferentes classes de vigor foi utilizada por Souza et al. (2016) com quinoa, por Sponchiado, Souza e Coelho (2014) com aveia branca (*A. sativa*), por Wendt et al. (2017) com soja (*Glycine max* L.), por Ponce et al. (2019) com trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e entre outros. Sendo evidenciado as potencialidades do método na distinção de graus de emergência de plântulas, garantindo assim uma separação de qualidade entre as sementes de quinoa.

Um teste de vigor precisa antes de tudo estar relacionado com o estabelecimento das plântulas a campo, pois este é o objetivo final das sementes vigorosas; formar estande uniforme, além de garantir o número de plantas por metro, pois estes fatores irão influenciar na produtividade e no Índice de Velocidade de Emergência, sendo possível se ter uma percepção de como determinado lote de sementes irá se portar no campo, assim como os demais testes de vigor (ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA-NETO, 2017).

Seguidamente foi realizado um sorteio dentro de cada grupo de vigor para a determinação de quais genótipos seriam utilizados para realizar os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Do grupo 2 foram sorteados dois genótipos devido ao maior número de genótipos dentro do grupo (9 genótipos), dos demais somente um genótipo. Os seguintes genótipos que foram selecionados: Grupo 1 - QMCR10; Grupo 2 – QGUARA10 e Q1301; Grupo 3 – Q1506; Grupo 4 – Q1324.

Na Figura 2 estão apresentadas a relação entre a porcentagem de germinação das sementes expostas a diferentes tempos de exposição ao envelhecimento acelerado.

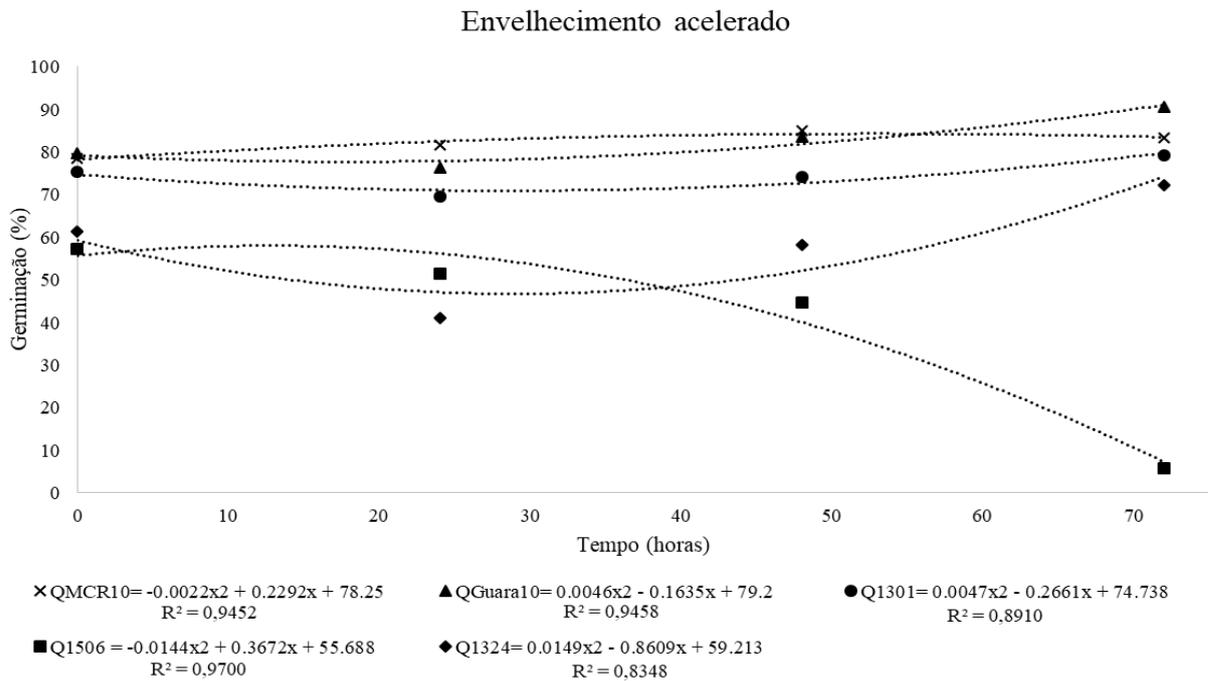


Figura 2- Relação entre porcentagem de germinação e os diferentes períodos de horas em que as sementes de *C. quinoa* foram submetidas ao envelhecimento acelerado, sendo 0, 24, 48, 72 h

Alguns genótipos de quinoa podem ser mais suscetíveis a perder a capacidade de germinar quando submetidos ao estresse térmico e hídrico, explicando assim a menor germinação em alguns dos lotes de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (JOJOA et al., 2021). Como pode ser observado no presente estudo, alguns genótipos tiveram alta taxa de germinação quando ficaram mais tempo expostos a estas condições extremas de temperatura e umidade, outras apresentaram uma redução drástica na germinação nessa condição, por exemplo, o genótipo Q1506 quando as sementes foram expostas por um período de 72 h.

Souza et al. (2017b) verificaram que a 41°C por 48 h foi eficiente para separar lotes de sementes de quinoa em diferentes níveis de vigor no teste de envelhecimento acelerado. Corroborando com o presente trabalho em que no período de 48 horas verificou-se que os pontos se encontravam mais afastados, ou seja, tem maior distinção na porcentagem de germinação, o que é o objetivo do teste, classificar lotes de sementes conforme o seu nível de vigor.

Quando as sementes foram submetidas ao envelhecimento por 48 horas as médias de germinação foram: 85, 83,5, 74,25, 44,75 e 58,25% para os genótipos QMCR10, QGUARA10, Q1301, Q1506 e Q1324 respectivamente.

Sponchiado, Souza e Coelho (2014) conseguiram estratificar lotes de sementes de aveia branca (*A. sativa*) em diferentes níveis de vigor com o teste de envelhecimento acelerado a

41 °C por 48 h, assim como, Rocha et al. (2018) com milho pipoca (*Zea mays* L.) a 42 °C por 48 h.

É possível observar que cada genótipo apresentou um desempenho diferente no teste de envelhecimento acelerado, ou seja, o teste foi eficiente para diferenciar os níveis de vigor. Os genótipos que apresentaram a melhor porcentagem de germinação são os do grupo 1 (mais alto vigor) e 2 (alto vigor), sendo os genótipos QMCR10, QGUARA e Q1301. Ou seja, as informações obtidas neste teste coincidiram com as informações do IVE. Em contrapartida, o genótipo que apresentou o menor desempenho neste teste fazia parte do grupo de baixo vigor e não do grupo de mais baixo vigor.

Na Tabela 2 está disponível a análise de variância (ANAVA) para o teste de condutividade elétrica.

Tabela 2- Análise de Variância (ANAVA) para o teste de condutividade elétrica em sementes de *C. quinoa*

FV	GL	SQ	QM	F	
(B/V)/G	30	93436,59	3114,55		
Tempo (T)	8	448368,40	56046,05	966,59	0,0 **
Genótipo (G)	4	108883,2	27220,79	8,74	0,0084 **
Volumes (V)	1	2503909	2503909	803,94	0,0 **
T x G	32	5673,66	177,30	3,06	0,0 **
T x V	8	21031,67	2628,96	45,34	0,0 **
G x V	4	24115,13	6028,78	1,94	13,0218 <sup>ns</sup>
T x G x V	32	1604,27	50,13	0,86	100,0 <sup>ns</sup>
Resíduo	240	13916,01	57,98337		
Média		432,354013			
CV(%)		1,761214			

<sup>ns</sup> não significativo, \*\* significativo a 1%, \*Significativo a 5% e de probabilidade pelo teste F.

Como é possível observar na Tabela 3 a interação tripla não foi significativa, nem a interação entre genótipo e volume (significando que o volume não foi influenciado pelo genótipo), assim optou-se por realizar a regressão tempo x volume, pois é a de interesse, para fins de padronização de metodologia para a espécie trabalhada (Figura 3).

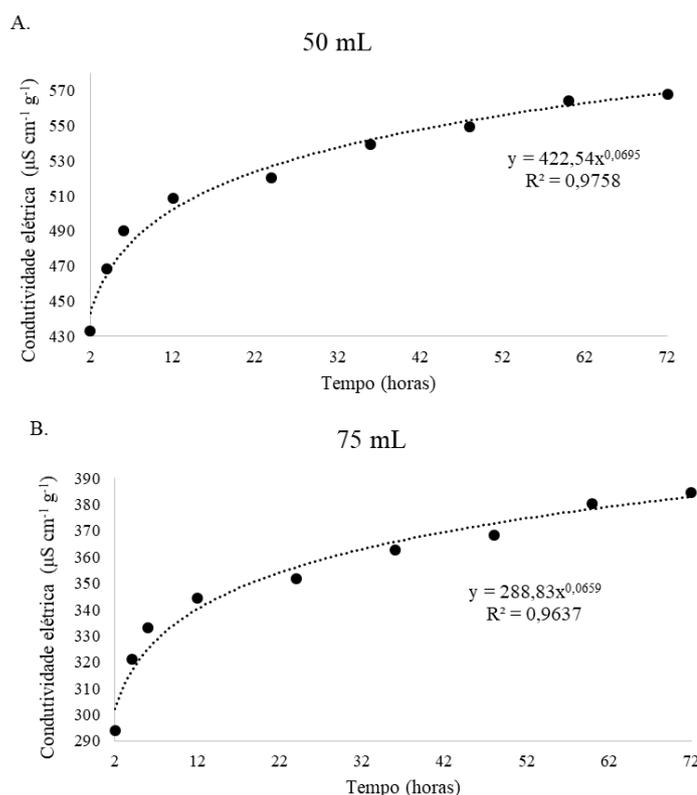


Figura 1- Condutividade elétrica de sementes de *C. quinoa* com leitura de 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h nos volumes de 50 (A) e 75 mL (B) de água

Na Figura 3 é possível observar que as médias da condutividade elétrica para o volume de 50 mL ficaram entre 433,10 e 567,98  $\mu\text{S.cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ , enquanto para 75 mL de água destilada foram de 293,89 até 384,74  $\mu\text{S.cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ . A concentração de lixiviados foi aumentando com o passar das horas para os dois volumes. Foi possível perceber também que para 50 mL as médias foram maiores, isto devido aos solutos estarem mais concentrados, tendo a mesma quantidade de sementes e o menor volume de água presente no recipiente.

Com a utilização da equação  $y = 422,54x^{0,0695}$  para o volume de 50 mL e da equação  $y = 288,83x^{0,0659}$  para 75 mL e o DMS de Tukey (55,6219) foi possível determinar que com 75 mL a leitura da condutividade elétrica é viável ser feita a partir das 6 h e 40 min de embebição, ao mesmo tempo que com o volume de 50 mL a leitura pode ser realizada depois de 16 h e 20 min após a embebição. Sendo assim, devido ao menor tempo necessário (menos da metade), uma vez que os laboratórios de análises de sementes prezam por uma resposta rápida, recomenda-se a utilização de 75 mL de água para o teste de condutividade elétrica de sementes de quinoa.

O período de embebição das sementes no teste de condutividade elétrica é de grande importância na padronização do teste, pois possibilita uma tomada de decisão e obtenção de

resultados mais rápidos. Segundo Bewley et al. (2013) neste teste, quanto maior o vigor da semente, mais baixo é o seu valor de lixiviados liberados, pois em sementes deterioradas a velocidade de reorganização das membranas está danificada e assim, um maior número de eletrólitos são lixiviados.

Sponchiado, Souza e Coelho (2014) constataram que o teste de condutividade elétrica foi eficiente para separar lotes de sementes de aveia branca, utilizando o período de duas a quatro horas de embebição. Castilho et al. (2019) também constataram que este teste foi eficiente com sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), por um período de quatro horas de embebição.

A cultura da quinoa é muito recente na produção comercial no Brasil e o reconhecimento de fontes genéticas de sementes de qualidade contribuem para identificar progênes de sucesso para compor um programa de melhoramento genético. Sendo assim, é de grande importância que sementes com alto potencial fisiológico sejam utilizadas, o que torna necessário possuir testes de vigor confiáveis e de fácil replicação para estas sementes que tem grande potencial produtivo no Brasil.

## 2.4 CONCLUSÃO

O teste de germinação de sementes de quinoa deve ser realizado em temperatura de 20 °C.

Devem ser utilizadas 48 h para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de quinoa.

A leitura da condutividade elétrica pode ser realizada depois de 6 h e 40 min de embebição, com o volume de 75 mL de água e 100 sementes de quinoa.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-HAKIM, A. F.; MADY, E. M.; ABOU TAHOUN, A. S. A.; GHALY, M. A.; EISSA, M. Seed Quality and Protein Classification of Some Quinoa Varieties. *Journal of Ecological Engineering*, v. 23, n. 1, p. 24-33, 2022.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, KJ; HILHORST, HWM; NONOGAKI, H. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3rd ed. Nova York: Springer, 2013. 392p.

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

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CASTILHO, I. M.; CATÃO, H. C. R.; CAIXETA, F.; MARINKE, L. S.; MARTINS, G. Z.; MENEZES, J. B. C. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 691-697, 2019.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

D'AMBROSIO, T.; AMODIO, M. L.; PASTORE, D.; DE SANTIS, G.; COLELLI, G. Chemical, physical, and sensorial characterization of fresh quinoa sprouts (*Chenopodium quinoa* Willd.) and effects of modified atmosphere packaging on quality during cold storage. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 14, n. 1, p. 52-58, 2017.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Plantas de alto desempenho e a produtividade da soja. **Seed News**, Pelotas, v. 16, n. 6, p. 8-11, 2012. <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/940086>>. 05 Ago. 2022.

JOJOA, W. A.; PEIXOTO, J. R.; SPEHAR, C. R.; VILELA, M. S.; FAGIOLI, M.; NOBREGA, D.; CRUZ, J.; OLIVEIRA, A. Evaluation of the physiological quality of quinoa seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 5, p. 802-808, 2021.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B.; MARCOS FILHO, J. **Vigor de sementes: Conceitos e testes**, 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 2020. 601p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660p.

MARTÍNEZ, E. A. Quinoa: Nutritional Aspects of the Rice of the Incas. Chapter 3.4. In FAO & CIRAD. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013, Rome, p. 278-285, 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/3638200e-1fbb-4d7e-a359-d8f582b1d082/>. Acesso em: 05 ago. 2022.

PONCE, R. M.; LIMA, L. H. S.; COSTA, D. S.; ZUCARELI, C.; TAKAHASHI, L. S. A. Potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno avaliado por diferentes testes de vigor. **Revista De Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 676-683, 2019.

ROCHA, C. S.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; KAVAN, H. K.; CLAUDINO, T. M.; CAIXETA, D. G. Physiological quality of popcorn seeds assessed by the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 4, p. 428-434, 2018.

RODRIGUES, D. B.; CAVALCANTE, J. A.; ALMEIDA, A. S.; NUNES, C. A.; SERRÃO, A. F. A.; KONZEN, L. H.; SUÑE, A. S.; TUNES, L. V. M. Seed morphobiometry, morphology of germination and emergence of quinoa seeds 'BRS Piabiru'. Agrarian Sciences, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, (Suppl. 1): e20181313, p. 1-10, 2020.

ROMERO, G.; HEREDIA, A.; CHAPARRO-ZAMBRANO, H. N. Potencial germinativo en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) almacenadas bajo condiciones de frío. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 21, n. 2, p. 341–350, 2018.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C., FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônomo de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

SOUZA, F. F. J.; DEVILLA, I. A.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, I. R. SPEHAR, C. R. Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. **African Journal of Agriculture Research**, v. 11, n. 15, p. 1299-1308, 2016.

SOUZA, F. F. J.; DE SOUZA, J. E. A.; SOUZA, N. O. S.; SPEHAR, C. R.; DE JESUS, T. F. Standardizing germination tests for quinoa seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 3, p. 155-160, 2017a.

SOUZA, F. F. J.; SPEHAR, C. R.; SOUZA, N. O. S.; FAGIOLI, M.; SOUZA, R. T. G.; BORGES, S. R. S.; Accelerated ageing test for the evaluation of quinoa seed vigour. **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 212-221, 2017b.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S.; BARROS R. L. S. Desempenho agrônomo e recomendações para cultivo de quinua (BRS Syetetuba) no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 145-147, 2011.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2405-2414, 2014.

STRENSKE, A.; VASCONCELOS, E. S.; EGEWARTH, V. A.; HERZOG, N. F.; MALAVASI, M. M. Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 1, p. 83-88, 2017.

VASCONCELOS, E. S.; HOERPERS, L. M. L.; AMARAL, R. G.; EGEWARTH, V. A.; STRENSKE, A. Genetic parameters and productivity of quinoa in western Paraná State, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 185-191, 2016.

WENDT, L.; MALAVASI, M. M.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; GOMES JUNIOR, F. G. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 166-171, 2017.

### **3 ARTIGO II - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CHIA (*Salvia hispanica* L.)**

#### **RESUMO**

A chia é uma espécie de destaque na alimentação de pessoas que procuram emagrecer ou mesmo manter a forma do corpo. Mesmo sendo uma espécie agrícola, ainda não existem recomendações para análise da qualidade fisiológica de suas sementes. Assim, o objetivo desta pesquisa foi estabelecer metodologias para a condução de testes de viabilidade e vigor de sementes de chia. A caracterização dos lotes e avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi feito por Massa de Mil Sementes (MMS), Teor de Água (TA), Germinação (G), Índice de Velocidade de Emergência de plântulas (IVE), Envelhecimento Acelerado (EA) e Condutividade Elétrica (CE). Para isto, foram utilizados 20 genótipos, seguindo o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados de TA e MMS foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey e os oriundos do IVE ao teste de agrupamento de Scott-Knott, dividindo os genótipos em quatro grupos de vigor, estes submetidos a padronização do teste de EA e CE. Os dados EA e CE foram submetidos a análise de regressão e os de G a análise de superfície de resposta. As médias de MMS e TA variaram de 0,25 até 1,40 g e 10,12 até 12,97%, respectivamente. Concluiu-se que o teste de G de sementes de chia deve ser realizado em temperatura de 20°C e devem ser utilizadas 48 horas para o teste de EA. A leitura da CE pode ser feita após 15 h e 30 min de embebição, com 75 mL de água e 100 sementes.

**Palavras-chave:** Genótipos. Lamiacea. Vigor de sementes

### **DETERMINATION OF THE PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF CHIA SEEDS (*Salvia hispanica* L.)**

#### **ABSTRACT**

Chia is a kind of highlight in the diet of people looking to lose weight or even maintain their body shape. Even though it is an agricultural species, there are still no recommendations for analyzing the physiological quality of its seeds. Thus, the objective of this research was to establish methodologies for conducting viability and vigor tests on chia seeds. The characterization of the lots and evaluation of the physiological quality of the seeds was done by Mass of a Thousand Seeds (MMS), Water Content (TA), Germination (G), Seedling Emergence

Speed Index (IVE), Accelerated Aging (EA) and Electrical Conductivity (EC). For this, 20 genotypes were used, following a completely randomized design with four replications. Data from TA and MMS were submitted to comparison of means by the Tukey test and those from the IVE to the Scott-Knott grouping test, dividing the genotypes into four groups of vigor, these submitted to the standardization of the EA and EC test. EA and CE data were submitted to regression analysis and G to response surface analysis. Means of MMS and TA ranged from 0.25 to 1.40 g and 10.12 to 12.97%, respectively. It was concluded that the G test of chia seeds should be performed at a temperature of 20°C and 48 hours should be used for the AE test. The EC reading can be done after 15 h and 30 min of imbibition, with 75 mL of water and 100 seeds.

**Keywords:** Genotypes. Lamiacea. Seed vigor

### 3.1 INTRODUÇÃO

A *Salvia hispanica* L. é popularmente conhecida como chia e pertence à família das Lamiaceas, com centro de distribuição que se estende do sudoeste do México ao norte da Guatemala (BUSILACCHI et al., 2013). A semente de chia é muito pequena, com diâmetro entre 0,8 e 1,3 mm, comprimento entre 1 e 2 mm e largura entre 0,8 e 1,4 mm, tegumento é liso e pode ser de diferentes cores, a citar, preto, marrom, cinza, manchada de preto ou branco (GRANCIERI, MARTINO, MEJIA, 2019).

A chia possui destaque nutricional, sendo rica em ácidos graxos como ômega-3 e ômega-6, compostos antioxidantes, proteínas, fibras e minerais, além de ser livre de glúten. Isto faz com que a chia atue na prevenção de doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes e até mesmo o câncer, sendo assim uma excelente opção para se incluir na alimentação diariamente (GRANCIERI, MARTINO, MEJIA, 2019).

Estas características fazem com que a espécie seja cada vez mais valorizada e procurada, fazendo com que ela tenha um alto valor agregado de venda, colocando esta espécie como uma excelente opção para realizar rotação de culturas ou até mesmo diversificar a produção, assim é necessário buscar melhorias e tecnificar seu cultivo (BUSILACCHI et al., 2013).

Devido a sua importância nutricional e econômica, há o interesse na comercialização dessas sementes, assim pesquisas com qualidade de sementes precisam ser realizadas para contribuir com a comercialização deste material e o sucesso da cultura.

Apesar de toda a sua importância, recomendações oficiais para o teste de germinação ainda são inexistentes, tanto nas Regras para Análise de Sementes (RAS), como na Associação Internacional de Testes de Sementes (ISTA) como é o caso da maior parte das espécies

cultivadas. Além disto, pesquisas sobre o vigor desta espécie ainda são escassas, sendo o vigor muito destacado para sementes com interesse comercial agrícola.

Sementes de elevada qualidade tem a capacidade de gerar plântulas de elevado desempenho que tem a capacidade de se estabelecer em condições edafoclimáticas diversas, tendo a capacidade de se desenvolver mais rapidamente no campo, fechando as entrelinhas de semeadura. Ou seja, é o vigor de sementes que tem a capacidade de expressar o potencial da semente e como ela irá se desenvolver a campo (KRZYZANOWSKI, FRANÇA-NETO, HENNING, 2018).

O vigor de sementes proporciona informações extras que são de suma importância para saber como a planta irá se desenvolver a campo, quanto ao estande, ou seja, como está a qualidade destas sementes. Assim, os testes de vigor são utilizados como uma importante ferramenta durante o processo de produção de sementes e como instrumento para a comercialização (SILVA, BARBOSA, VIEIRA, 2017).

Diversos testes podem ser empregados para a determinação do vigor de sementes. No teste de emergência, por exemplo, é verificada a competência que as plântulas têm de se estabelecer e competir por recursos essenciais, sendo um teste de grande importância, pois isto depois irá refletir na produtividade destas plantas (MARCOS FILHO, 2015). O teste de envelhecimento acelerado, por exemplo, parte do fundamento de estressar as sementes, levando elas a condições adversas, como alta temperatura e alta umidade relativa do ar, posteriormente avaliando a resposta no teste de germinação, no caso, as sementes que se deteriorarem mais rapidamente são as menos vigorosas (KRZYZANOWSKI et al., 2020). Já o teste de condutividade elétrica se baseia na competência da reorganização das membranas celulares das sementes, é considerado um teste rápido, objetivo e de fácil realização (FIGUEIREDO et al., 2021).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar metodologias para a condução de testes de viabilidade e vigor em sementes de chia.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* Marechal Cândido Rondon. Para a pesquisa, utilizou-se sementes de 20 genótipos de chia do Programa de Melhoramento de Plantas da Unioeste, sendo: C1602, C1603, C1607, C1609, C1612, C1614, C1615, C16101, C16102, C16104, C16105, C16106, C16107, C16108, C16109, C16110, C16111, C16112,

C16113, C16114, estes colhidos nos experimentos de competição de genótipos entre os anos agrícolas de 2019 e 2020.

A caracterização dos lotes e a avaliação da qualidade fisiológica das sementes, foram realizadas por meio dos seguintes testes:

Massa de mil sementes, que foi determinada conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), com a pesagem de oito repetições de 100 sementes.

O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 h, de acordo com a RAS (BRASIL, 2009), com quatro repetições de 100 sementes inteiras para cada genótipo.

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes para cada genótipo, distribuídas em caixas plásticas (gerbox), sobre duas folhas de papel germitest umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Após a semeadura, os gerbox foram mantidos em câmaras de germinação do tipo BOD, mantidas nas temperaturas de 17, 21, 25, 28 e 30 °C, sem fotoperíodo. A escolha de somente este tipo de substrato em razão do tamanho das sementes. A contagem das sementes foi realizada diariamente e a porcentagem de germinação de plântulas normais foi calculada de acordo com a RAS (BRASIL, 2009).

Os testes de vigor foram estabelecidos com sementes de 20 genótipos de chia mencionados acima, utilizando os resultados do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), para classificar em grupos de alto vigor e médio vigor, as sementes desses genótipos.

Para o IVE foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes, semeadas em bandejas de polietileno (0,29 m (C) x 0,21 m (L) x 0,5 m (A)), com  $\frac{3}{4}$  de substrato comercial Humusfertil® vermicomposto a base de casca de pinus, areia como fonte de substrato e vermiculita, com às respectivas garantias: condutividade elétrica de  $1,5 \text{ mS.cm}^{-1}$ ; densidade de  $480 \text{ kg.m}^{-3}$ ; potencial hidrogeniônico (pH) de 6,5; umidade máxima e capacidade de retenção de água (CRA) em peso/peso igual a 60%. O substrato foi irrigado até a capacidade de campo na semeadura e depois, quando necessário. O teste foi conduzido durante 11 dias, em casa de vegetação.

A contagem das plântulas normais emergidas (parte aérea formada) foi realizada diariamente, até a sua estabilização ao 11º dia. Assim, o Índice de Velocidade de Emergência foi calculado conforme Maguire (1962).

Posteriormente, os resultados do IVE foram submetidos ao teste de agrupamento de Scott-Knott, em que este possibilitou a divisão dos genótipos em dois grupos de vigor, dentro de cada grupo foi realizado o sorteio de cinco genótipos, estes para serem submetidos a

padronização dos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica, garantindo que genótipos dos dois grupos estivessem representados.

O teste de envelhecimento acelerado, foi conduzido em caixas plásticas tipo “gerbox”, com uma tela no interior, entre as sementes e a tela também foi disposta uma camada de tule, devido ao tamanho das sementes. Em cima desta, cerca de 800 sementes foram distribuídas uniformemente, além de 40 mL de água destilada ao fundo de cada gerbox, para promover um ambiente com 100% de umidade relativa (UR). As caixas fechadas foram mantidas em câmara de envelhecimento acelerado, a 41 °C, por períodos de 0, 24, 48 e 72 h (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Passados cada período de envelhecimento, o teste de germinação foi realizado, utilizando quatro amostras de 100 sementes. O grau de umidade das sementes antes e após os períodos de envelhecimento também foram realizados, avaliando a uniformidade das condições do teste, seguindo a metodologia descrita anteriormente.

O teste de Condutividade Elétrica (CE) foi realizado utilizando quatro repetições de 100 sementes por lote, e após a pesagem, as sementes foram dispostas em copos plásticos de 200 mL, onde foram analisados os volumes de 50 e 75 mL de água deionizada. As leituras de CE foram conduzidas com o auxílio de um condutivímetro de bancada (Modelo Bel W12D) e realizadas após 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h de embebição, a 20 °C, seguindo a metodologia adaptado de Krzyzanowski et al. (2020).

O plano experimental foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de normalidade de Shapiro-wilk e homogeneidade de variâncias de Bartlett e quando possível o conjunto de dados experimentais foi submetido à análise de variância. Posteriormente, os dados de teor de água e massa de mil sementes foram submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os dados do teste de germinação foram submetidos a análise de superfície de resposta e os dados de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica a análise de regressão. Os dados foram analisados com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os dados mostraram normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias, possibilitando o uso de análises paramétricas.

Na Tabela 1 estão apresentadas as médias da Massa de Mil Sementes (MMS) e Teor de Água (TA) de sementes de chia.

Tabela 1- Massa de Mil Sementes (MMS) e Teor de Água (TA) de sementes dos 20 genótipos de *S. hispanica*.

Genótipo	MMS (g)	TA (%)
C1602	1,33 bcd	12,95 ab
C1603	1,34 bc	12,40 ab
C1607	1,40 a	12,35 ab
C1609	1,30 cdefg	10,61 c
C1612	1,33 bcd	10,31 c
C1614	1,32 bcde	12,38 ab
C1615	1,25 h	10,72 c
C16101	1,26 fgh	12,63 ab
C16102	1,26 gh	12,42 ab
C16104	1,32 bcde	12,97 a
C16105	1,40 a	12,20 ab
C16106	1,32 bcde	10,13 c
C16107	1,27 efgh	11,98 b
C16108	1,25 gh	12,68 ab
C16109	1,36 ab	12,96 ab
C16110	1,31 bcdef	12,76 ab
C16111	1,34 bc	10,24 c
C16112	1,27 efgh	12,69 ab
C16113	1,32 bcde	10,30 c
C16114	1,28 defgh	12,36 ab
CV	2,21	3,14

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A MMS variou de 1,25 a 1,40 g, onde os genótipos C1607 e C16105 apresentaram 1,40 g, sendo superiores a maioria dos genótipos, não diferindo apenas do genótipo C16109. O genótipo C1615 foi o que apresentou massa de mil sementes de 1,25 g, sendo o genótipo que apresentou menor média, quando comparado aos demais genótipos.

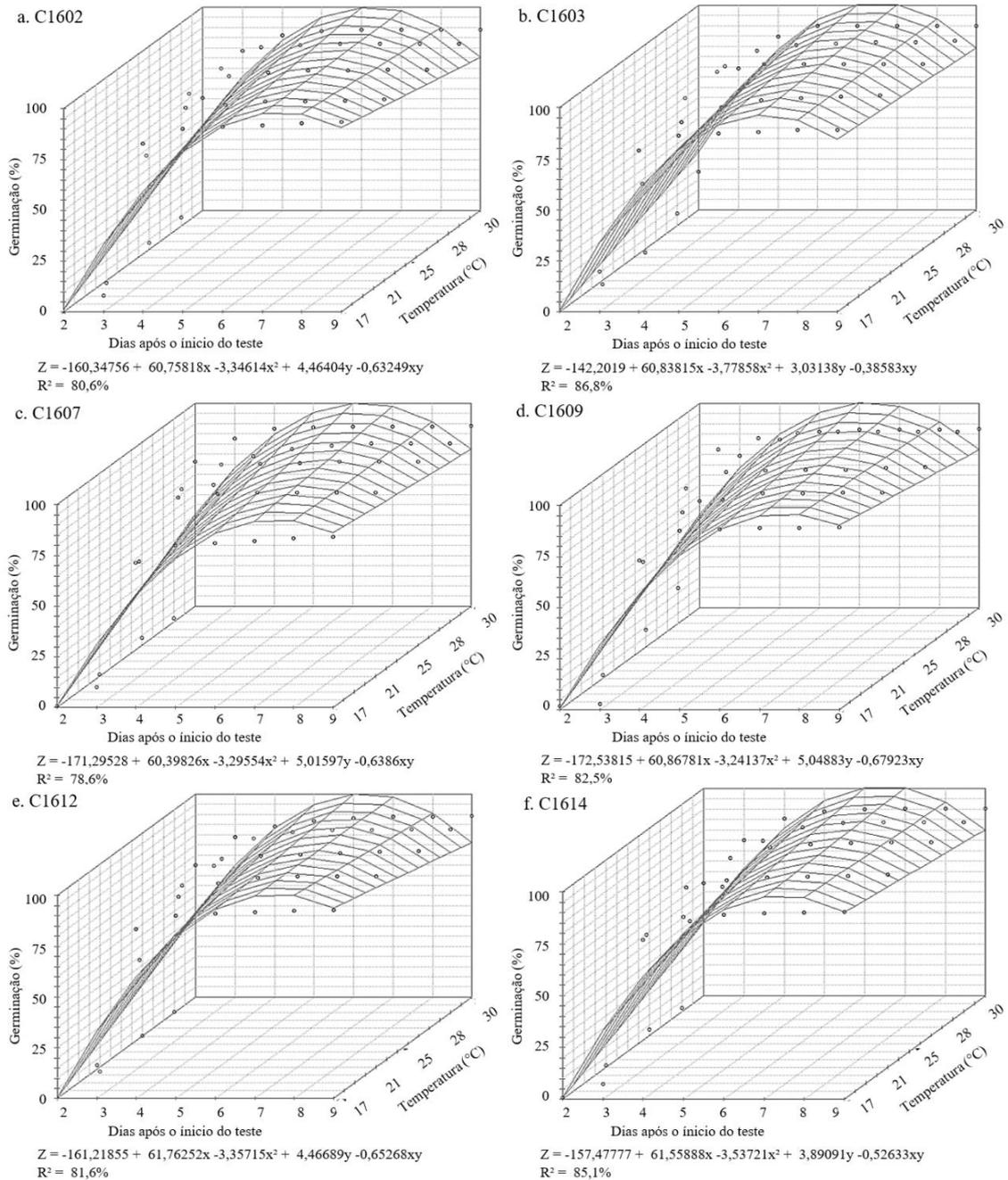
As sementes de chia são muito pequenas, como é possível constatar pela sua massa. Estes valores estão próximos dos verificados por outros autores que trabalharam com a mesma espécie, sendo médias de 1,40 g e de 1,16 g, por Freitas et al. (2016) e Goergen et al. (2018), respectivamente.

As sementes de chia apresentaram médias de TA de 10,12 até 12,97%, onde o genótipo C16104 apresentou 12,97%, com maior teor de água que os genótipos C1609, C1612, C1615, C16106, C16107, C16111, C16113. A diferença no TA foi pouca entre os genótipos (2,85%), isto é bom, devido a maior uniformidade no teor de água nas sementes significar que, a possível diferença nos outros testes não tenha sido devido a algum dano por umidade nas sementes.

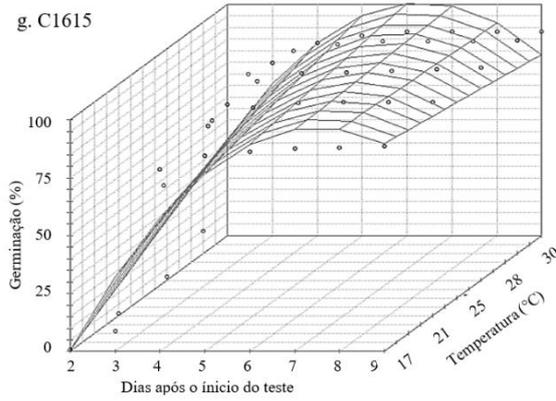
Goergen et al. (2018) verificaram 10% na média do teor de água para sementes de chia, valor próximo do presente trabalho. O teor de água das sementes é um dos principais fatores para a longevidade das mesmas no seu armazenamento e as sementes ortodoxas podem ser

armazenadas com baixo teor de água (entre 9 e 13%) sem perder a capacidade de germinar mesmo após longos períodos de armazenamento (BEWLEY et al., 2013).

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos de superfície de reposta de cada genótipo, onde estão representados a germinação, a temperatura e os dias de contagem após o início do teste.



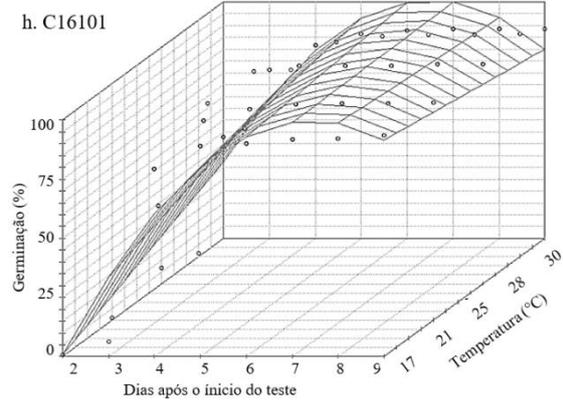
g. C1615



$$Z = -160,16435 + 58,94454x - 3,2509x^2 + 4,4152y - 0,59178xy$$

$$R^2 = 83,8\%$$

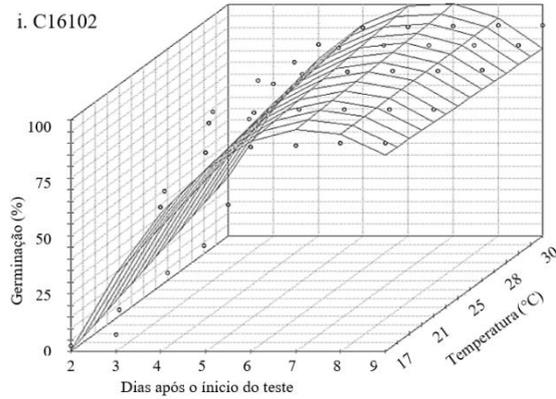
h. C16101



$$Z = -149,30988 + 60,15416x - 3,48393x^2 + 3,50011y - 0,49154xy$$

$$R^2 = 86,0\%$$

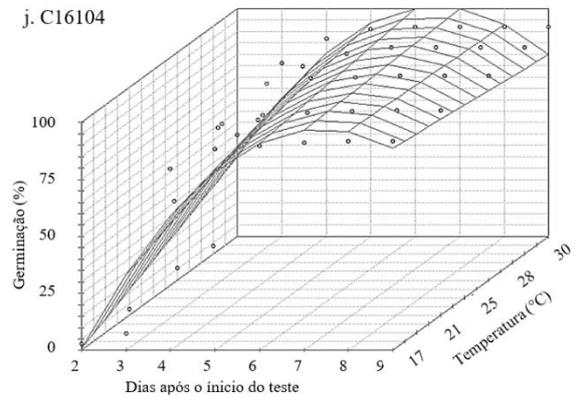
i. C16102



$$Z = -147,6288 + 62,16819x - 3,88691x^2 + 2,84925y - 0,35416xy$$

$$R^2 = 88,2\%$$

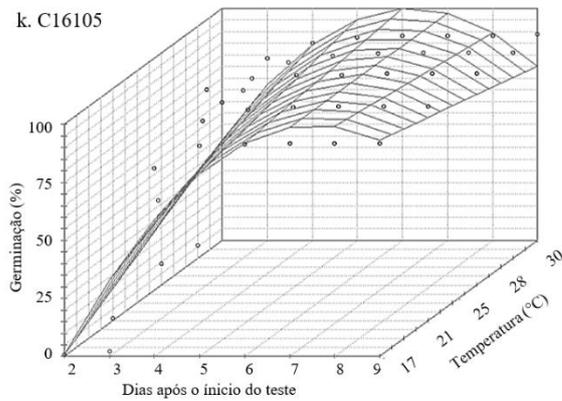
j. C16104



$$Z = -159,95882 + 62,02854x - 3,6012x^2 + 3,86805y - 0,51353xy$$

$$R^2 = 86,5\%$$

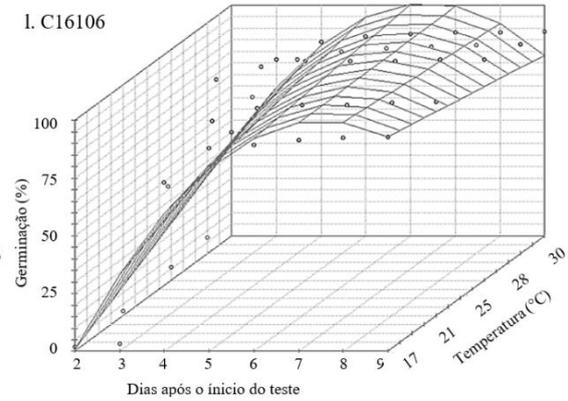
k. C16105



$$Z = -173,80699 + 63,83095x - 3,4137x^2 + 4,93631y - 0,71412xy$$

$$R^2 = 80,4\%$$

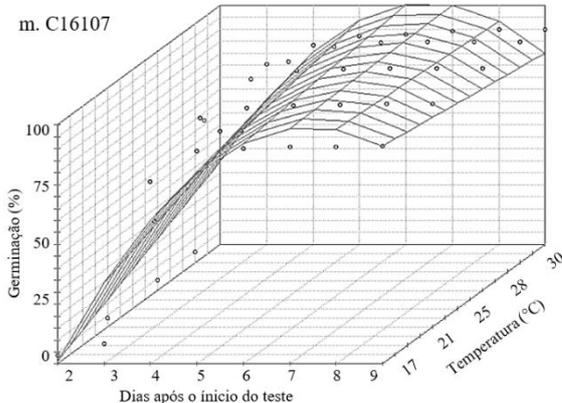
l. C16106



$$Z = -160,36801 + 60,40827x - 3,33096x^2 + 4,25199y - 0,60164xy$$

$$R^2 = 82,5\%$$

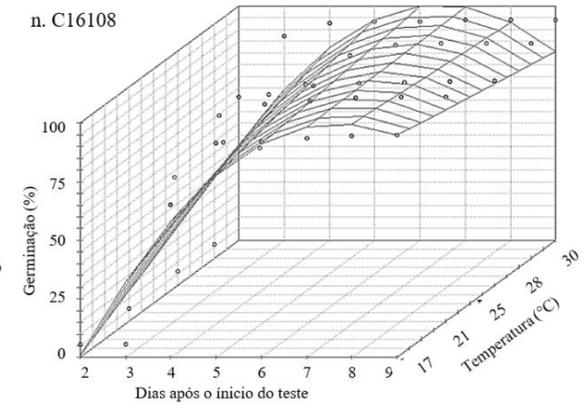
m. C16107



$$Z = -159,58408 + 62,15974x - 3,57679x^2 + 3,81356y - 0,52626xy$$

$$R^2 = 86,3\%$$

n. C16108



$$Z = -170,7263 + 61,4463x - 3,28185x^2 + 4,56013y - 0,63775xy$$

$$R^2 = 83,6\%$$

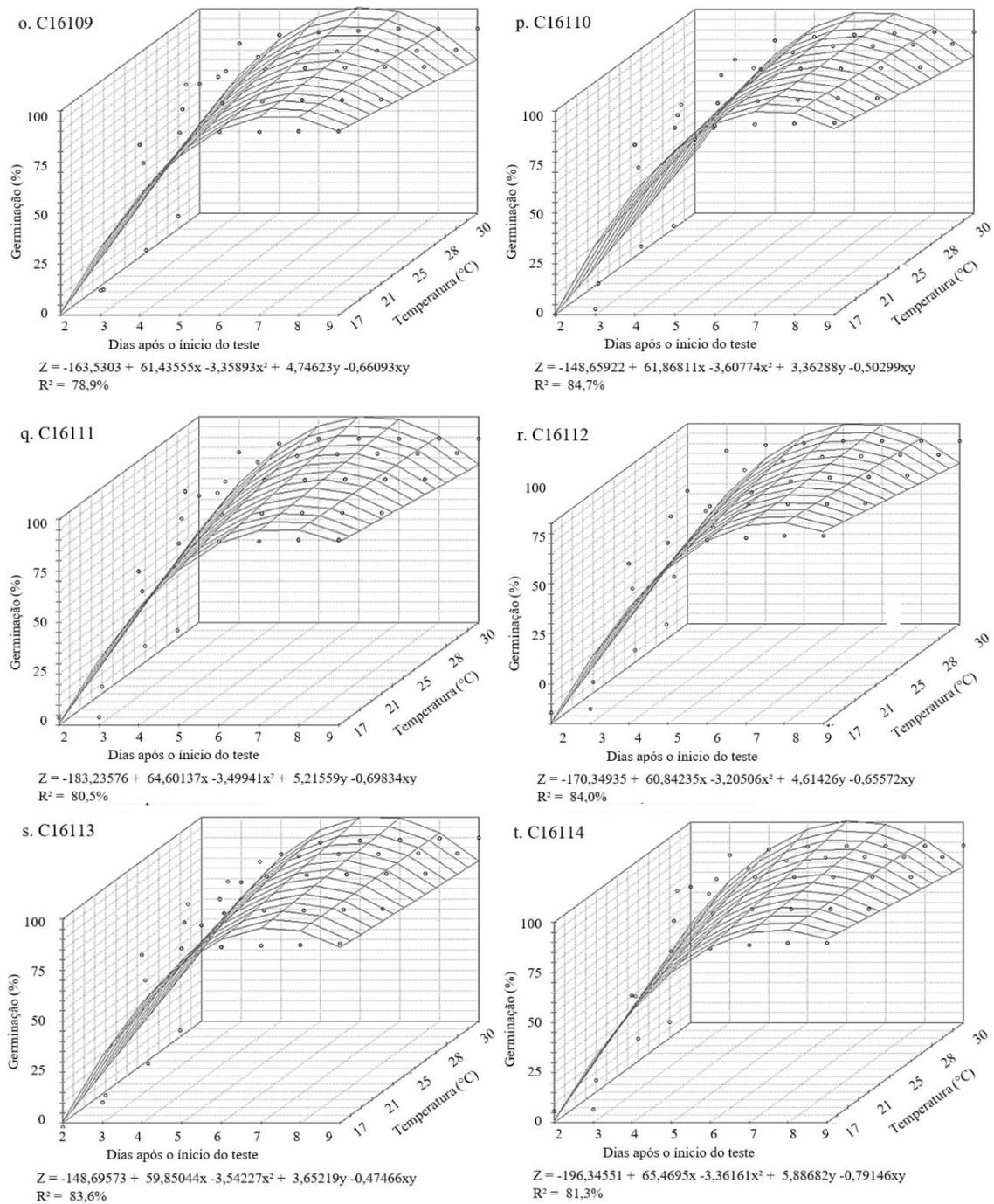


Figura 1- Germinação cumulativa de sementes de *S. hispanica* sob as temperaturas constantes de 17, 21, 25, 28 e 30°C e o número de dias de contagem da germinação após o início do teste, onde a.C1602, b.C1603, c.C1607, d.C1609, e.C1612, f.C1614, g.C1615, h.C16101, i.C16102, j.C16104, k.C16105, l.C16106, m.C16107, n.C16108, o.C16109, p.C16110, q.C16111, r.C16112, s.C16113, t.C16114

As médias de porcentagem de germinação ao final do teste variaram de 89 a 100%, sendo 100% para o genótipo C16114 submetido a 25°C e 89% de germinação com o genótipo C16108, a 25°C.

Com 21°C os genótipos C16114 e C1612 e o genótipo C16105 aos 17°C também apresentaram 99% de germinação. Os 20 genótipos de chia tiveram elevada germinação, todos maiores que 88%, sendo que, segundo a Instrução Normativa do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) 45/2013, o recomendando para venda de um lote de sementes é que, as sementes germinadas apresentem um percentual mínimo de 80% de germinação, isto no caso da soja (*Glycine max* L.), para outras espécies pode ser até menor. Porém, como o produtor precisa de germinação e vigor maiores, a maioria das empresas adotam sua própria germinação mínima, acima do mínimo, sendo na maioria das vezes 90%.

Na Figura 1 é possível verificar os gráficos de superfície de resposta para os 20 genótipos de chia estudados, onde estão levando em consideração as diferentes temperaturas em que foram submetidos e os dias de contagem após o início do teste.

Somente 15 genótipos (C1602, C1609, C1612, C1614, C1615, C16101, C16105, C16106, C16107, C16108, C16109, C16110, C16111, C16112 e C16114) foram utilizados para determinação da faixa de temperatura ótima, visto que, os demais apresentarem valores muito discrepantes com valores de temperatura muito abaixo do ótimo para espécies vegetais. Obviamente, seres vivos irão responder de forma distinta aos estímulos do ambiente e por isso esses 5 genótipos podem ter, por condições internas ou externas se diferenciado tanto dos demais, e por isso, não seria interessante usar os valores obtidos, pois iriam subdimensionar a limiar ótima entre temperatura máxima e mínima exigida, pela maioria dos genótipos avaliados, justificando assim, a não utilização dos mesmos para os cálculos.

A média da melhor temperatura ficou em 21,1°C, fazendo esta temperatura mais ou menos uma unidade do desvio padrão (2,8) para se encontrar uma faixa ótima de temperatura, que variou entre 18,3 e 23,9°C.

Assim, optou-se por utilizar 20°C para os demais testes, isto devido esta temperatura estar dentro da faixa ótima encontrada, além de ser uma temperatura que é utilizada para várias outras espécies, como por exemplo, o trigo (*Triticum* spp. L.), aveia (*Avena sativa* L.), canola (*Brassica napus* L.), alface (*Lactuca sativa* L.) etc., de acordo com a RAS (BRASIL, 2009), pensando comercialmente na otimização de espaço e equipamentos que demandam o teste de germinação.

Stefanello et al. (2015) estudando as temperaturas de 20, 25 e 30°C no teste de germinação de sementes de chia, verificaram que os maiores percentuais de plântulas normais foram obtidos na temperatura de 20 °C, corroborando com o que foi encontrado no presente estudo. Estes autores encontraram germinação máxima de 88% e mínima de 72%.

A temperatura afeta todas as espécies, influenciando o seu desempenho na germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, visto que modifica a taxa de absorção de água e as reações metabólicas de reservas que são essenciais para a sobrevivência das plântulas (BEWLEY et al., 2013).

Goergen et al., (2018) utilizando 20 °C verificaram médias de porcentagem de germinação para sementes de chia entre 83 e 97%, valores próximos do presente trabalho.

Para determinar os melhores dias para a contagem da germinação, foram utilizados os 20 genótipos, onde a média para a contagem final do teste de germinação, foi no sétimo dia. Na Tabela 2 estão apresentadas as médias do Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das sementes dos 20 genótipos de chia estudados. As médias alternaram entre 18,40 e 25,04, possibilitando serem divididas em dois grupos pelo teste de Scott- Knott. Estes grupos foram considerados como níveis de vigor, sendo Grupo 1- Alto Vigor e Grupo 2- Médio Vigor, quando comparado ao anterior.

Tabela 3 - Os níveis de vigor de *S. hispanica* foram classificados de acordo com o Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Genótipo	Média	Grupo
C16111	25,0375	1
C1603	23,8750	1
C16107	23,4575	1
C1614	23,0000	1
C1607	22,7825	1
C16114	22,6525	1
C16109	22,1675	1
C16113	22,1675	1
C16106	21,4200	2
C1612	21,2275	2
C16110	21,1625	2
C16102	20,7875	2
C16104	20,6475	2
C16105	20,3000	2
C1609	19,8325	2
C16101	19,3425	2
C16112	18,2700	2
C16108	18,7225	2
C1602	18,5700	2
C1615	18,4000	2

Médias seguidas de mesmo número na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento do teste de Scott- Knott ( $p \leq 0,05$ ).

O menor grupo com oito genótipos, foi o Grupo 1, que são as sementes com alto vigor, que ficaram classificados os genótipos: C1603, C1607, C1614, C16107, C16109, C16111,

C16113, C16114. Os lotes são considerados de alto vigor quando têm maior probabilidade de sucesso na lavoura em condições adversas (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

O maior grupo, com os 12 genótipos restantes, são os considerados de médio vigor, estando os genótipos C16106, C1612, C16110, C16102, C16104, C16105, C1609, C16101, C16112, C16108, C1602 e C1615.

Pereira, Torres e Linhares (2015) estudando o vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) ressaltaram a importância do índice de velocidade de emergência, onde ele foi eficiente para discriminar lotes dessas sementes em diferentes níveis de vigor, e ainda foi relacionado com outros testes de vigor, ressaltando sua eficiência. Kikuti e Marcos Filho (2012), também colocam que a velocidade de emergência foi eficiente para apontar lotes de sementes de alface em distintos níveis de vigor.

Matera et al. (2019) salientam a importância do teste de emergência em campo e a sua associação com os demais testes de vigor, principalmente devido ao teste de emergência ser fundamental para saber como será a formação do estande, ou seja, a capacidade de competir por recursos essenciais, como luz, água, nutrientes, principalmente com as plantas daninhas, e assim influenciar na produtividade.

Posteriormente, para determinar quais genótipos seriam utilizados para os testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica, foi feito um sorteio dentro de cada grupo de vigor. Em que foram sorteados dois genótipos para o Grupo 1 (C16107 e C16114) e três genótipos para o Grupo 2 (C1612, C1609 e C16108).

A Figura 2 mostra a relação entre porcentagem de germinação e envelhecimento acelerado de sementes expostas a diferentes tempos.

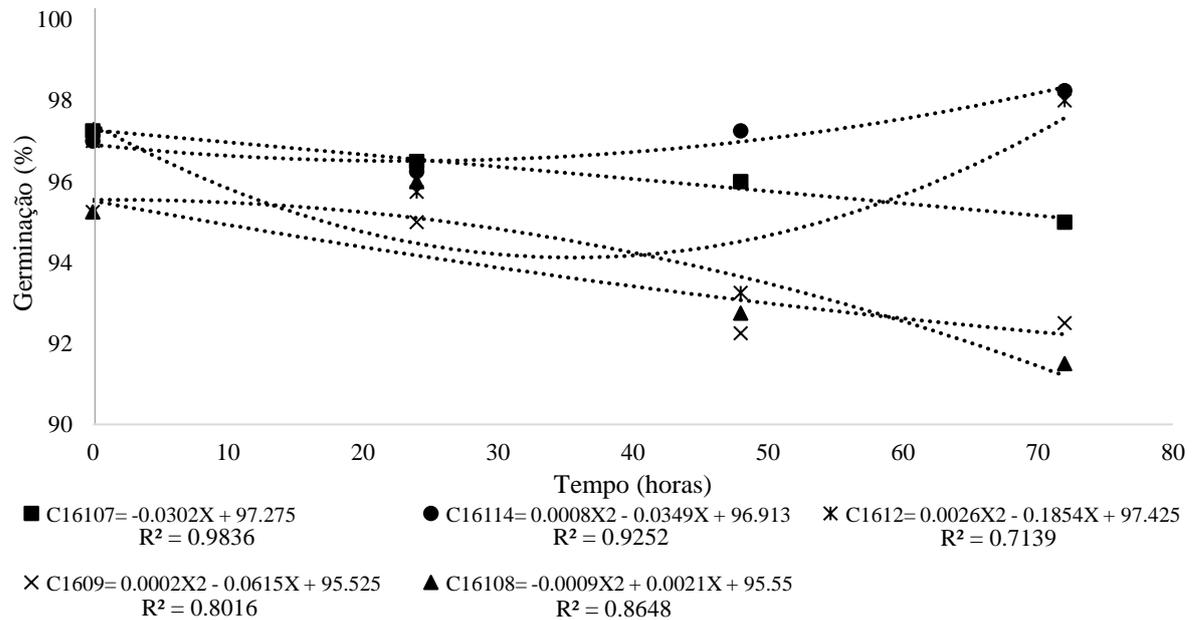


Figura 2- A relação entre porcentagem de germinação e diferentes períodos de tempo (0, 24, 48, 72 horas) de envelhecimento acelerado de sementes de *S. hispanica*

É possível observar na Figura 2 que os genótipos C1612 e C16114 aumentaram a germinação no último período de exposição (72 horas) a temperatura e umidade elevada, enquanto os demais genótipos C1609, C16107 e C16108 diminuíram a porcentagem de germinação.

Quando expostas a 48 horas de envelhecimento acelerado, as médias de germinação para os genótipos C16107, C16114, C1612, C1609 e C16108, foram de: 96, 97,25, 93,25, 92,25, 92,75% respectivamente.

Pereira, Torres e Linhares (2015) estudando sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.), também verificaram que sementes submetidas a 48 horas/41°C foi eficiente para estratificar lotes em níveis de vigor. Matera et al. (2019) ressaltam que o teste de envelhecimento acelerado pode ser empregado para pressupor como as plântulas irão se desenvolver e estabelecer no campo.

Tabela 3-1- Análise de Variância (ANAVA) para o teste de condutividade elétrica em sementes de *S. hispanica*

	FV	GL	SQ	QM	F
(Bloco/Volume)/Genótipo	30	17744,77	591,49		
Tempo (T)	8	172182,76	21522,85	184,98	0,0*
Genótipo (G)	4	4572,06	1143,02	1,93	13,0761 <sup>ns</sup>
Volume (V)	1	93370,30	93370,30	157,85	0,0*
T x G	32	1586,95	49,59	0,43	100,0 <sup>ns</sup>
T x V	8	4672,22	584,03	5,02	0,0024*
G x V	4	5676,86	1419,21	2,40	7,2093 <sup>ns</sup>
T x G x V	32	4943,45	154,48	1,33	12,1252 <sup>ns</sup>
Resíduo	240	27924,88	116,35		
Média		85,95			
CV(%)		12,55			

<sup>ns</sup> não significativo, \*Significativo a 5% e de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 3 pode-se observar que a interação tripla foi não significativa, assim desdobrou-se a fonte de variação Tempo x Volume nas devidas regressões, podendo ser observado esse desdobramento na Figura 3. Esta também foi a única interação significativa, dessa forma, conclui-se que o volume e tempo não foram influenciados pelo genótipo (Genótipo x Volume) e (Tempo x Genótipo).

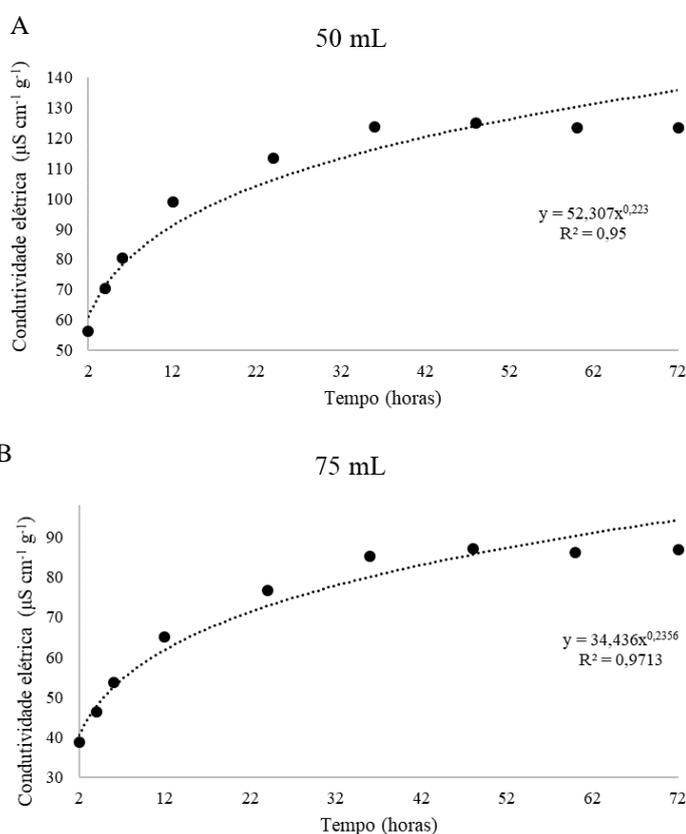


Figura 3- Condutividade elétrica de sementes de *S. hispanica* com leitura após 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h de embebição, nos volumes de 50 (A) e 75 mL (B) de água

O teste de condutividade elétrica avalia a quantidade de lixiviados liberados pelas sementes durante a embebição, em que as sementes menos vigorosas demoram mais tempo para reestabelecer a integridade das membranas celulares, assim vão liberar maior quantidade de exsudados, sendo de grande importância o tempo de embebição para realizar a leitura e assim identificar a qualidade dos lotes de sementes (MARCOS FILHO, 2015).

É possível verificar na Figura 3 que as médias da condutividade elétrica para o volume de 50 mL ficaram entre 56,32 e 123,31  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , enquanto para 75 mL de água destilada foram de 38,81 até 86,80  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ . A concentração de lixiviados aumentou ao longo do tempo para ambos os volumes. Pode-se notar também que para 50 mL, as médias foram maiores, pois os solutos estavam mais concentrados, com o mesmo número de sementes e menor volume de água exposto no recipiente.

Com o uso da equação  $y = 52,307x^{0,223}$  para o volume de 50 mL de água destilada e da equação  $y = 34,436x^{0,2356}$  para 75 mL e o DMS de Tukey (28,6045) foi possível estipular que com 50 mL a leitura da condutividade elétrica é viável ser feita a partir das 24 h e 55 min de embebição, ao mesmo tempo que com o volume de 75 mL a leitura pode ser realizada depois de 15 h e 30 min após a embebição. Portanto, em virtude do menor tempo, visto que os laboratórios de análises de sementes valorizam rápidos resultados, assim é recomendado o uso de 75 mL de água para o teste de condutividade elétrica de sementes de chia.

Figueiredo et al. (2021) estudando 3 volumes de água, sendo 25, 50 e 75 mL com 25 sementes de linhaça (*Linum usitatissimum* L.), verificaram que 75 mL por 24 horas foi eficiente para distinguir lotes de sementes desta espécie quanto ao vigor.

Demir, Kenanoglu e Özden (2019) trabalhando com sementes de agrião-de-jardim (*Lepidium sativum* L.) constataram que 40 mL de água com 50 sementes com 16 horas de embebição foi eficiente para classificar diferentes níveis de vigor no teste de condutividade elétrica.

Sementes de qualidade, com alto potencial fisiológico, são essenciais para se ter sucesso na lavoura, sendo assim, são necessários testes de vigor confiáveis e de fácil reprodutibilidade. Portanto, como o cultivo de chia para a produção comercial ainda é muito novo no Brasil, poder desenvolver estes testes é de suma importância para consolidar esta cultura.

### 3.4 CONCLUSÃO

O teste de germinação de sementes de chia pode ser efetuado com a temperatura de 20 °C.

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado em sementes de chia apontou que, as sementes submetidas aos extremos de temperatura e umidade por 48 horas podem ser utilizadas, confirmando que, essas sementes de chia são tolerantes à condições adversas de temperatura e umidade.

A leitura da condutividade elétrica para sementes de chia deve ser feita após um período de 15 h e 30 min de embebição, com o volume de 75 mL de água e 100 sementes.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, KJ; HILHORST, HWM; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3rd ed. Nova York: Springer, 2013. 392p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA, 2009, 395p. <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfda/arquivos-publicacoes-laboratorio/regras-para-analise-de-sementes.pdf/view>>

BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M.; BUENO, M.; DI SAPIO, O.; FLORES, V.; SEVERIN, C. Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). **Cultivos Tropicales**, v. 34, n. 4, p. 55 – 59, 2013.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Agronomy, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DEMIR, I.; KENANOGLU, B. B.; ÖZDEN, E. Seed Vigour Tests to Estimate Seedling Emergence in Cress (*Lepidium sativum* L.) Seed Lots. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 3, p. 881-886, 2019.

FIGUEIREDO, J. C.; DAVID, A. M. S. S.; SILVA, C. D.; SOARES, L. M.; PEREIRA, K. K. G.; SILVA, R. A. N.; ALVES, R. A. Teste de condutividade elétrica em sementes de linho. **Investigación Agraria**, v. 23 n. 2, P. 81-85, 2021.

FREITAS, T. F.; RISSATO, B. B.; MULLER, A. L.; BRUSTOLIN, D. B.; COLTRO-RONCADO, S.; DILDEZ, O. D. F.; FREITAS, G. P.; MULLER, H. F. C. Development and production of chia (*Salvia hispanica* L.) in different space arrangements. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n. 43, p. 4384-4388, 2016.

GOERGEN, P. C. H.; NUNES, U. R.; STEFANELLO, R.; LAGO, I.; NUNES, A. R.; DURIGON, A. Yield and Physical and Physiological Quality of *Salvia hispanica* L. Seeds Grown at Different Sowing Dates. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 182-191, 2018.

GRANCIERI, M.; MARTINO, H. S. D.; MEJIA, E. G. Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) as a Source of Proteins and Bioactive Peptides with Health Benefits: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 2, p. 480-499, 2019.

Instrução Normativa MAPA 45/2013 (D.O.U. 18/09/2013) INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 45, DE 17 DE SETEMBRO DE 2013 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E

ABASTECIMENTO <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/semences-e-mudas/publicacoes-semences-e-mudas/copy\\_of\\_INN45de17desetembre2013.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/semences-e-mudas/publicacoes-semences-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembre2013.pdf)>

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor em sementes de alface**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2012.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. Embrapa Soja - Circular Técnica 136 (INFOTECA-E), 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>>.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B.; MARCOS FILHO, J. **Vigor de sementes: Conceitos e testes**, 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 2020. 601p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660p.

MATERA, T. C.; PEREIRA, L. C.; BRACCINI, A. L.; KRZYZANOWSKI, F. C.; SCAPIM, C. A.; PIANA, S. C.; MARTELI, D. C. V.; PEREIRA, R. C.; FERRI, G. C.; SUKUKAWA, A. K. Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p.301-308, 2019.

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

SILVA, C. B.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D. Accelerated aging as vigor test for sunn hemp seeds. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, e20151527, 2017.

STEFANELLO, R.; NEVES, M. L. A. S.; ABBAD, A. B.; VIANA, B. B. Germinação e vigor de sementes de chia (*Salvia hispanica* L. - Lamiaceae) sob diferentes temperaturas e condições de luz. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p.1182-1186, 2015.

#### 4 ARTIGO III - CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE GRÃOS DE QUINOA

(*Chenopodium quinoa Willd.*)

##### RESUMO

A quinoa é considerada uma excelente fonte de nutrientes, assim, para se ter sucesso ao produzir um genótipo competitivo, além de materiais produtivos e adaptados é necessário ter uma boa composição nutricional. O objetivo deste trabalho foi determinar a composição nutricional dos genótipos de quinoa provenientes do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Foram estudados 20 genótipos e avaliados quanto à matéria seca dos grãos, porcentagem de cinzas, proteína bruta, teor de lipídeos, carboidratos, compostos fenólicos e atividade antioxidante. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, e os dados foram comparados por meio do teste de Tukey. As médias das variáveis foram de 90,69% para matéria seca, 3,71% para cinzas, 15,15% de proteínas, 6,24% de lipídeos, 3,57% de fibras, 62,02% de carboidratos, 0,97 mg EqTrolox/g amostra seca para atividade antioxidante e 1,01 mg EqAG/g amostra seca para compostos fenólicos. Por fim, foi possível observar neste estudo que a maioria dos genótipos apresentou valores muito próximos com os de outras pesquisas, assim como foram parecidos com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022), principalmente os valores de matéria seca, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos. Os genótipos de quinoa estudados são tão nutritivos quanto os demais estudados no mundo.

**Palavras-chave:** Amaranthaceae. Nutrição. Propriedades funcionais

##### ABSTRACT

Quinoa is considered an excellent source of nutrients, so to succeed in producing a competitive genotype, in addition to productive and adapted materials, it is necessary to have a good nutritional composition. The objective of this work was to determine the nutritional composition of quinoa genotypes from the genetic improvement program of the State University of West Paraná. The samples (20 genotypes) were evaluated for grain dry matter, ash percentage, crude protein, lipids, carbohydrates, phenolic compounds and antioxidant activity. The design used was completely randomized with three replications, and data were compared using Tukey's test. The averages of the variables were 90.69% for dry matter, 3.71% for ash, 15.15% for proteins, 6.24% for lipids, 3.57% for fibers, 62.02% for carbohydrates, 0

.97 mg EqTrolox/g dry sample for antioxidant activity and 1.01 mg EqAG/g dry sample for phenolic compounds. It was possible to observe in this study that most of the genotypes presented values very close to those of other researchers, as well as being similar to the Brazilian Table of Food Composition (TBCA) (2022), mainly the values of dry matter, ash, proteins, lipids, fiber and carbohydrates. It is therefore concluded that the quinoa genotypes studied are as nutritious as those studied around the world.

**Keywords:** Amaranthaceae. Nutrition. Functional properties

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A *Chenopodium quinoa* Willd. conhecida popularmente como quinoa, é um pseudocereal da família Amaranthaceae, possui centro de diversidade Andino (ANGELI et al., 2020). Esta espécie vem recebendo atenção em todo o mundo não apenas pelo seu valor nutricional como também pela sua capacidade de se desenvolver em condições climáticas adversas, sendo tolerantes ao frio, salinidade e a seca (REGUERA et al., 2018).

A quinoa é uma excelente fonte de nutrientes, como proteínas e fibras, além de ter um excelente balanço de aminoácidos essenciais, compostos antioxidantes necessários, fácil digestão e não ter glúten, o que torna esta espécie extremamente promissora (MARADINI FILHO et al., 2017; CÂMARA et al., 2020). O seu teor de proteína é superior a maioria dos cereais, além de ter em sua composição vitaminas, minerais, antioxidantes, além de 20 aminoácidos essenciais dos 22 necessários para humanos (BASANTES-MORALES; ALCONADA; PANTOJA, 2019). Acrescentar a farinha deste grão em receitas, pode ser uma excelente opção para enriquecimento de alimentos, sendo considerado um alimento completo.

Em relação aos benefícios inerentes à própria planta, as saponinas podem atuar como inseticida e fungicida (QUIROGA et al., 2014). Ainda, a planta de quinoa (caule, folha e grãos) pode ter outras utilidades para a indústria, como o uso em farmacêuticos e cosméticos.

Por ser um alimento rico nutricionalmente e ter a plasticidade de adaptação em ambientes não favoráveis, esta espécie vem sendo considerada com grande potencial para alimentação humana (BAZILE; JACOBSEN; VERNIAU, 2016). Os grãos desta espécie também apresentam na sua composição nutrientes não essenciais, como compostos fenólicos, localizados em sua maioria no tegumento dos grãos (TANG; TSAO, 2017).

A proteína vegetal cada vez mais, vem recebendo destaque como ingrediente na alimentação humana. Vários fatores contribuem para isto, como mudança na alimentação (vegetarianos e veganos), devido ao fato da quinoa ser boa fonte de proteína e ser livre de

glúten, podendo ser consumida por celíacos (TOVAR-PÉREZ; LUGO-RADILLO; AGUILERA-AGUIRRE, 2019).

No entanto, para se ter sucesso ao produzir um genótipo de quinoa competitivo, além de se ter materiais produtivos e adaptados eles precisam ter uma boa composição nutricional. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a composição nutricional dos genótipos de quinoa provenientes do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

#### 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste experimento foi utilizado sementes de 20 genótipos de quinoa: Q1301, Q1302, Q1304, Q1310, Q1317, Q1318, Q1320, Q1323, Q1324, Q1331, Q1502, Q1503, Q1506, Q1601, QSEL1, QMCR1, QMCR2, QMCR10, QGUARA, QGUARA10, estes genótipos foram obtidos dos experimentos de competição de genótipos do ano agrícola 2020/2021, do Programa de Melhoramento de Plantas da Unioeste (Universidade Estadual do Oeste do Paraná). O ensaio foi realizado nos Laboratórios de Tecnologia de Alimentos e de Nutrição Animal da Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon.

Com a finalidade de determinar as propriedades nutricionais dos grãos de quinoa, os mesmos, foram moídos até se converterem em farinha, utilizando-se um moinho multiuso para moagem de grãos. Em seguida, as amostras foram avaliadas quanto à matéria seca dos grãos, porcentagem de cinzas, proteína bruta, teor de lipídeos, carboidratos, compostos fenólicos e atividade antioxidante.

A matéria seca foi realizada por aquecimento em estufa por 105 °C durante 16h, por diferença de massa das amostras, sendo pesadas três repetições de aproximadamente 2 g por genótipo, dispostos em cadinhos de porcelana (DETMANN; QUEIROZ; SOUZA, 2012).

A porcentagem de cinzas presentes nas amostras foi determinada com as amostras sendo submetidas a aquecimento de 600 °C em mufla, durante 4 horas. Depois deste período a mufla foi desligada e aguardou-se chegar à temperatura de 200 °C para se retirar as amostras, em seguida essas foram dispostas em dessecador, até atingirem temperatura ambiente para nova pesagem (SOUZA; VALADARES FILHO; DETMANN, 2012).

Para análise de proteína bruta utilizou-se o método Kjeldahl (DETMANN; QUEIROZ; CABRAL, 2012), no qual primeiro é determinado o nitrogênio presente na amostra e posteriormente é transformado em proteína pelo fator de conversão 6,25.

As amostras foram digeridas em blocos digestores, a partir da digestão sulfúrica, onde os tubos de digestão continham aproximadamente 0,2 g de amostras (repetidas três vezes), 2 g

de mistura digestora de 1:10 (sulfato de sódio P.A. e sulfato de cobre P.A.) e 5 mL de ácido sulfúrico P.A. (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), realizando-se o aumento da temperatura do bloco digestor aos poucos, até atingir 350 °C, por aproximadamente 4 horas (até a solução ficar azul translúcido). Após o resfriamento, adicionou-se 5 mL de água destilada em cada tubo que foram agitados manualmente.

Após isto, utilizou-se um destilador de nitrogênio (Tecnal, TE-0363), onde dentro do tubo já com a amostra digerida foram adicionados 25 mL de NaOH 50%. A amônia quando destilada (50 mL) era transferida para um Erlenmeyer contendo 5 mL de solução indicadora (ácido bórico (40 g/L). Por fim, a amônia resultante foi titulada com HCl 0,1 N até a alteração de cor do indicador, de verde para rosa-claro. Para verificar possível contaminação dos reagentes, dois tubos em branco (sem amostra) também passaram por todas as etapas.

Para a análise de lipídeos totais utilizou-se a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2005), com adaptações, com a extração pelo método Soxhlet, que é baseado na perda de massa do material submetido à extração com éter de petróleo. Foram pesadas três repetições de aproximadamente 2 g, para cada genótipo, estas acomodadas em cartuchos confeccionados em papel filtro qualitativo, anteriormente secos em estufa e pesados. Em seguida, acondicionados no extrator Soxhlet com o éter de petróleo por 4 horas a 60 °C. Por fim, as amostras desengorduradas foram secas em estufa por 12 horas a 105 °C.

A análise de fibra bruta foi adaptada de Silva e Queiroz (2005), onde as amostras utilizadas foram oriundas da análise de lipídeos, isto devido a necessidade de as amostras estarem desengorduradas, então, destas foram pesadas aproximadamente 1,5 g de amostra para cada repetição, sendo utilizadas três repetições para cada genótipo. As amostras foram dispostas em pequenas bolsas feitas em TNT, com o auxílio de uma seladora.

Seguidamente, as bolsas com as amostras devidamente seladas, foram organizadas no Analisador de Fibra (ANKOM2000). A fibra bruta foi digerida por meio de solução ácida (ácido sulfúrico 1,25%) e básica (hidróxido de sódio 1,25%), cada uma com duração de 40 minutos, com lavagens com água quente entre e, ao final, conforme instruções do equipamento.

Em seguida, as bolsas foram novamente lavadas com água quente e colocadas submersas em acetona P.A. (aproximadamente 5 minutos), seguido de secagem em estufa 105 °C para evaporação da acetona. Seguiu-se a mesma metodologia aplicada na análise de cinzas, onde bolsas vazias foram usadas como branco dispostas em cadinhos.

A quantidade de carboidratos existentes nas amostras foi determinada pela soma dos valores obtidos excluindo: matéria seca, cinzas, proteína, lipídeos e fibras, sendo:

$$\% \text{ carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ fibras} + \% \text{ proteína}).$$

A fim de realizar as análises de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, preparou-se um extrato etanólico, utilizando etanol P.A. na proporção 1:10 (massa/volume). Após a adição do etanol na amostra, estas foram levadas para uma centrífuga (MPW 350-350R), 20.000 g, 4 °C, por 20 minutos, a seguir, o líquido foi transferido para tubos de ensaio, e armazenados sob refrigeração até a realização das análises.

Para a análise de compostos fenólicos totais utilizou-se o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, onde 0,5 mL do extrato etanólico com 2,5 mL da solução de Folin-Ciocalteu:água (1:10 v/v) foram utilizados, permanecendo em repouso por 3 minutos. Decorrido este tempo, foram adicionados 2,0 mL de solução de carbonato de sódio, deixando em repouso por mais 15 minutos a 50 °C no escuro. Em seguida, as amostras foram dispostas em banho de gelo e a leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-visível Shimadzu (UV-1800) a 760 nm (CHENG et al., 2013).

Os resultados foram apresentados em  $\text{mg g}^{-1}$  amostra seca em equivalente ácido gálico (EqAG), determinados mediante curva de calibração ( $y = 100,2x - 3,1089$  com  $R^2 = 0,9996$ ). As análises foram efetuadas em duplicata com três repetições.

Para a análise de atividade antioxidante utilizou-se o método de sequestro do radical livre ABTS [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico)], segundo metodologia proposta por Rufino et al. (2006). Em que, 30  $\mu\text{L}$  do extrato etanólico foi utilizado, neste adicionou-se 3,0 mL do reagente ABTS (5,0 mL da solução estoque ABTS 7 mM acrescidos de 88  $\mu\text{L}$  da solução persulfato de potássio 140 mM, mantida por 16 horas no escuro e diluída em etanol até absorbância de 0,700 nm a 0,734 nm). Após 6 minutos em ambiente escuro, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível Shimadzu (UV1800) a 734 nm.

Os resultados foram apresentados em  $\text{mg g}^{-1}$  amostra seca em equivalente Trolox (EqTrolox), determinados mediante curva de calibração ( $y = -0,7213x + 0,4765$  com  $R^2 = 0,9982$ ). As análises foram efetuadas em duplicata com três repetições.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de normalidade de Shapiro-wilk e homogeneidade de variâncias de Bartlett, e quando possível, foi feita a análise de variância (ANOVA). Em seguida, dados foram então comparados por meio do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), fazendo o uso do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentaram normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias, permitindo a utilização de análises paramétricas.

Na Tabela 1. estão apresentadas as médias de matéria seca, cinza e proteínas dos 20 genótipos de quinoa estudados. Quanto à matéria seca, as médias variaram de 90,19 a 91,12%, sendo estas dos genótipos Q1318 e QMCR2, respectivamente. Onde o genótipo Q1318 foi melhor que o QMCR2.

Park et al. (2017) estudando três genótipos de quinoa provenientes de três países (Coréia, Estados Unidos e Peru), encontraram matéria seca média de 90,2%. Assim como, Câmara et al. (2020) encontraram 87% de matéria seca, e Balbi, Oliveira & Chiquito, (2014), obtiveram 88,3% de matéria seca para a mesma espécie, valores estes parecidos com a média do presente estudo de 90,7%.

Tabela 1- Matéria Seca, Cinzas e Proteínas de grãos dos 20 genótipos de *C. quinoa*, expressos em porcentagem (%)

<b>Genótipo</b>	<b>Matéria seca (%)</b>	<b>Cinzas (%)</b>	<b>Proteínas (%)</b>
Q1301	90,68 ab	3,64 cd	16,15 ab
Q1302	90,39 ab	4,49 ab	16,14 ab
Q1304	90,42 ab	3,83 bcd	14,62 bc
Q1310	90,82 ab	3,90 bcd	15,34 abc
Q1317	90,56 ab	3,37 cd	14,86 bc
Q1318	91,12 a	4,75 a	15,36 abc
Q1320	90,73 ab	3,57 cd	15,15 abc
Q1323	90,86 ab	3,63 cd	14,92 bc
Q1324	90,70 ab	3,87 bcd	16,83 a
Q1331	90,66 ab	3,25 d	15,19 abc
Q1502	90,81 ab	3,60 cd	15,04 abc
Q1503	91,02 ab	3,54 cd	15,15 abc
Q1506	90,82 ab	3,29 d	14,72 bc
Q1601	90,82 ab	3,47 cd	14,03 c
QSEL1	91,02 ab	3,45 cd	13,74 c
QMCR1	90,84 ab	4,18 abc	15,29 abc
QMCR2	90,19 b	3,40 cd	14,80 bc
QMCR10	90,45 ab	3,18 d	16,05 ab
QGUARA	90,44 ab	3,85 bcd	15,02 abc
QGUARA10	90,47 ab	3,99 abcd	14,60 bc
CV (%)	0,32	7,37	3,91

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As médias de porcentagem de cinzas variaram de 3,18 (QMCR10) até 4,75% (Q1318). O genótipo Q1318 apresentou maior média que os genótipos Q1301, Q1304, Q1310, Q1317, Q1320, Q1323, Q1324, Q1331, Q1502, Q1503, Q1506, Q1601, QSEL1, QMCR2, QMCR10 e QGUARA.

A cinza de um alimento é a fração mineral ou inorgânica, ou seja, é o restante da incineração do alimento, onde a parte orgânica é consumida (CÂMARA et al., 2020). O genótipo Q1318 que foi o que apresentou maior média de cinzas que a maioria dos genótipos, também foi o que teve uma das maiores médias de matéria seca, proteínas, lipídeos e fibras.

Park et al. (2017) encontraram média de 3,3% de cinzas para grãos de quinoa provenientes da Coreia e EUA, e Diaz-Valencia et al. (2018) encontraram médias de cinzas que variaram de 2,32 até 3,01% para grãos de quinoa com diferentes colorações de tegumento, valores estes próximos da média do verificado no presente estudo (3,7%).

As médias de porcentagem de proteína alternaram entre 13,74 (Q1324) e 16,83% (QSEL1), em que o genótipo Q1324 apresentou maiores médias que os genótipos Q1304, Q1317, Q1323, Q1506, Q1601, Q1601, QSEL1, QMCR2, QGUARA10. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022) mostra 14,1% de proteínas, valor próximo ao encontrado no presente trabalho.

Präger et al., 2018 trabalhando com três diferentes cultivares em dois anos agrícolas diferentes encontraram médias de proteínas que variaram de 12 até 16,1%. Outros autores determinaram a quantidade de proteína presente em grãos de quinoa, encontrando médias de 13,5% (BALBI, OLIVEIRA & CHIQUITO, 2014), entre 10,7 e 15,8% com grãos provenientes da Coreia, Estados Unidos e Peru (PARK et al. 2017), entre 14 e 17% com grãos produzidos no Chile, Peru e Espanha (REGUERA et al., 2018), entre 12,5 e 16,9 % (DIAZ-VALENCIA et al., 2018), e de 13,13% (CÂMARA et al., 2020). Valores estes semelhantes dos encontrados no presente estudo.

As proteínas de origem vegetal estão atraindo um interesse crescente, cada vez mais tem aumentado o consumo de opções de alimentos à base de plantas por motivos de sustentabilidade, saúde ou até mesmo ética, e as empresas de alimentos estão respondendo com novas alternativas à base de plantas, para que se tenha alimentos saborosos com uma boa fonte de proteína de origem vegetal (DAY; CAKEBREAD; LOVEDAY, 2022).

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias das variáveis lipídeos, fibras e carboidratos, dos 20 genótipos de quinoa. As porcentagens médias de lipídeos variaram de 5,22 a 7,31%, estas pertencentes aos genótipos Q1310 e Q1323, respectivamente. Os genótipos Q1323 e Q1331 apresentaram maiores médias que os genótipos Q1301, Q1302, Q1310, QMCR1, QMCR2, QMCR10 e QGUARA10.

Tabela 2- Lipídeos, Fibras e Carboidratos de grãos dos 20 genótipos de *C. quinoa*, expressos em porcentagem (%)

Genótipo	Lipídeos (%)	Fibras (%)	Carboidratos (%)
Q1301	5,54 cde	2,42 de	62,92 ab
Q1302	5,29 e	3,46 bcde	61,01 abc
Q1304	6,14 abcde	2,56 cde	63,27 ab
Q1310	5,22 e	2,29 e	64,07 a
Q1317	6,69 abcde	4,46 ab	61,17 abc
Q1318	6,86 abcd	3,90 abcde	60,26 bc
Q1320	7,01 abc	4,17 abc	60,83 abc
Q1323	7,31 a	3,69 abcde	61,32 abc
Q1324	6,99 abc	3,90 abcde	59,11 c
Q1331	7,30 a	4,09 abcd	60,84 abc
Q1502	6,86 abcd	5,29 a	60,02 bc
Q1503	7,07 ab	4,29 abc	60,97 abc
Q1506	6,62 abcde	3,44 bcde	62,69 ab
Q1601	5,89 abcde	3,20 bcde	64,23 a
QSEL1	6,34 abcde	3,25 bcde	64,23 a
QMCR1	5,46 de	3,01 bcde	62,89 ab
QMCR2	5,23 e	3,47 bcde	63,36 ab
QMCR10	5,76 bcde	3,16 bcde	62,33 abc
QGUARA	5,90 abcde	3,10 bcde	62,56 ab
QGUARA10	5,28 e	4,32 ab	62,25 abc
CV (%)	7,85	15,73	1,79

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A TBCA (2022) apresenta 6,07% de lipídeos. Outros autores estudando grãos de quinoa, também encontraram valores próximos com o do presente estudo, sendo eles: Tang et al., (2016) que observaram de 6,0 até 6,7% de lipídeos, Präger et al., (2018) trabalhando com quatro diferentes cultivares em dois anos agrícolas diferentes encontraram médias de lipídeos que alternaram de 5,5 até 7,5%, e também Diaz-Valencia et al. (2018) entre 6,67 e 7,34%.

Para a variável fibras as médias alternaram de 2,29 (Q1310) até 5,29% (Q1502). O genótipo Q1502 apresentou média maior que os genótipos Q1301, Q1302, Q1304, Q1310, Q1506, Q1601, QSEL1, QMCR1, QMCR2, QMCR10, QGUARA. Ter uma boa quantidade de fibras presente na alimentação contribuem para a redução nas complicações de doenças cardiovasculares, obesidade, além de um melhor funcionamento do intestino (VILCANQUI-PÉREZ; VÍLCHEZ-PERALES, 2017).

Reguera et al. (2018), estudando grãos de quinoa produzidos no Chile, Peru e Espanha encontraram médias de fibra entre 2,9 e 3,6%, assim como, Câmara et al., (2020) verificaram médias de fibra bruta de 7,63%, valores estes próximos dos verificados no presente estudo.

As médias de carboidratos alternaram entre 59,11 (Q1324) e 64,23% (Q1601 e QSEL1). Os genótipos Q1601, QSEL1 e Q1310, apresentaram médias maiores que os genótipos Q1318,

Q1324 e Q1502. Outros pesquisadores estudando grãos de quinoa, obtiveram resultados bem próximos, sendo médias de 64,9% (BALBI, OLIVEIRA, CHIQUITO, 2014) e 53,34% (CÂMARA et al., 2020) de carboidratos.

Park et al. (2017) estudando três genótipos de quinoa provenientes da Coreia, Estados Unidos e Peru, encontraram teor médio de carboidratos de 68,5% e 6,1% de Lipídeos médio para o Peru e EUA. Valores estes bem próximos dos verificados no presente trabalho.

Na Tabela 3 é possível observar as médias das variáveis atividade antioxidante e compostos fenólicos, dos 20 genótipos de quinoa estudados.

Tabela 3- Atividade Antioxidante (mg EqTrolox/g amostra seca) e Compostos Fenólicos (mg EqAG/g amostra seca) de grãos dos 20 genótipos de *C. quinoa*

Genótipo	Atividade Antioxidante	Compostos Fenólicos
Q1301	0,84 bcd	0,94 a
Q1302	1,03 abcd	1,14 a
Q1304	0,80 cd	0,79 a
Q1310	0,95 bcd	1,16 a
Q1317	0,77 cd	1,10 a
Q1318	0,66 cd	0,87 a
Q1320	0,60 d	0,81 a
Q1323	0,69 cd	1,01 a
Q1324	0,84 bcd	1,07 a
Q1331	0,72 cd	0,98 a
Q1502	0,78 cd	1,00 a
Q1503	0,70 cd	0,91 a
Q1506	1,51 a	1,34 a
Q1601	1,11 abcd	0,92 a
QSEL1	1,16 abc	1,16 a
QMCR1	1,14 abc	0,97 a
QMCR2	1,60 abc	0,93 a
QMCR10	1,17 abc	1,01 a
QGUARA	1,02 abcd	0,87 a
QGUARA10	1,35 ab	1,27 a
CV (%)	17,79	18,88

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Em relação à atividade antioxidante, as médias dos 20 genótipos estudados variaram de 0,60 até 1,51 mg EqTrolox/g amostra seca. Onde o genótipo Q1506 com a média de 1,51 mg EqTrolox/g amostra seca apresentou maior atividade antioxidante que a maioria dos genótipos estudados.

Outros autores também pesquisando grãos de quinoa encontraram médias maiores para a variável ABTS, como os verificados por Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011) de 2,35 a

3,68 mg EqTrolox/g amostra seca e de 3,88 até 7,76 mg EqTrolox/g amostra seca por Pellegrini et al. (2018).

As médias de compostos fenólicos variaram de 0,79 a 1,34 mg EqAG/g amostra seca, e estes dados não apresentaram diferença, ou seja, os 20 genótipos de quinoa não são diferentes quanto a sua composição de compostos fenólicos.

Câmara et al. (2020) encontraram resultados de compostos fenólicos parecidos com estes, com média de 1,41 mg EqAG/g amostra seca em grãos de quinoa. Assim como, Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011) encontraram médias de 1,42 a 1,97 mg EqAG/g amostra seca.

Diferenças entre compostos fenólicos e atividade antioxidante, podem acontecer em razão dos diferentes solventes de extrato utilizados, assim como as condições ambientais das várias origens dos grãos de quinoa. Além das diferentes circunstâncias experimentais entre os métodos utilizados (PARK et al., 2017).

A produção de quinoa no Brasil ainda é muito recente, consequentemente ter genótipos com alto valor nutricional é de grande importância para se entrar no mercado.

As médias das variáveis estudadas no presente estudo foram de 90,69% para matéria seca, 3,71% para cinzas, 15,15% de proteínas, 6,24% de lipídeos, 3,57% de fibras, 62,02% de carboidratos, 0,97 mg EqTrolox/g amostra seca para atividade antioxidante e 1,01 mg EqAG/g amostra seca para a análise de compostos fenólicos.

Em suma, foi possível observar neste estudo que a maioria dos genótipos apresentou valores muito parecidos com os verificados por outros pesquisadores, assim como parecidos com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022), principalmente de matéria seca, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos.

#### 4.4 CONCLUSÃO

Os genótipos de quinoa estudados são muito nutritivos, onde apresentaram 15,15% de proteínas, 6,24% de lipídeos, 3,57% de fibras, 62,02% de carboidratos, onde seria possível facilmente inserir estes no mercado.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELI, V.; SILVA, M. P.; MASSUELA, C. D.; KHAN, M. W.; HAMAR, A.; KHAJEHEI, F.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; PIATTI, C. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “Golden Grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. **Foods**, v. 9, n. 216, p.1-31, 2020.

BALBI, M. E.; OLIVEIRA, K.; CHIQUITO, R. F. Análise da composição química e nutricional da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Visão Acadêmica**, v. 15, n. 2, p. 28-42, 2014.

BASANTES-MORALES, E. R.; ALCONADA, M. M.; PANTOJA, J. L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Production in the Andean Region: Challenges and Potentials. **Journal of Experimental Agriculture International**. v. 36, n. 6, p.1-18, 2019.

BAZILE, D.; JACOBSEN, S. E.; VERNIAU, A. The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 622, p. 1-6, 2016.

CHENG, K. C.; WU, J. Y.; LIN, J. T.; LIU, W. H. Enhancements of isoflavone aglycones, total phenolic content, and antioxidant activity of black soybean by solid-state fermentation with *Rhizopus* spp. **European Food Research and Technology**, v. 236, n. 6, p. 1107-1113, 2013.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CÂMARA, A.; MARQUES, B. L. M.; LIRA, K. H. D. S.; SOUZA JUNIOR, F. C.; PASSOS, T. S.; ASSIS, C. F. 876134209 Estudo da composição química da semente da quinoa *Chenopodium quinoa*. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n. 6, p. 34209-34226, 2020.

DAY, LI.; CAKEBREAD, J. A.; LOVEDAY, S. M. Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 428-442, 2022.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; SOUZA, M. A. Avaliação da secagem definitiva utilizando estufa sem circulação de ar. In: DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLE, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Eds.). **Métodos para análise de alimentos**. INCT. Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. v. 1, cap. 2, p. 29 – 40.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; CABRAL, L. S.; Avaliação do nitrogênio total (proteína bruta) pelo método de Kjeldahl. In: DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLE, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Eds.). **Métodos para análise de alimentos**. INCT. Ciência Animal. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. v. 1, cap. 4, p. 51-67.

DIAZ-VALENCIA, Y. K.; ALCA, J. J.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; ZANABRIA-GALVEZ, S. J.; CRUZ, S. H. Nutritional composition, total phenolic compounds and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) of different colours. **Nova Biotechnologica et Chimica**, v. 17, n. 1, p. 74-85, 2018.

MARADINI FILHO, A. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. D. S.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M.; CHAVES, J. B. P.; COIMBRA, J. S. D. R. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 8, p. 1618–1630, 2017.

PARK, J. H.; LEE, Y. J.; KIM, Y. H.; YONN, K. S. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds Cultivated in Korea. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 22, n. 3, p.195-202, 2017.

PELLEGRINI, M.; LUCAS-GONZALES, R.; RICCI, A.; FONTECHA, J.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, fatty acid,

polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 38-46, 2018.

PRÄGER, A. MUNZ, S.; NKEBIWE, P. M.; MAST, B. GRAEFF-HÖNNINGER, S. Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. **Agronomy**, v. 8, n. 197, p. 1-20, 2018.

QUIROGA, C.; ESCALERA, R.; ARONI, G.; BONIFACIO, A.; ANTONIO, J.A.G.; VILLCA, M.; SARAVIA, R.; RUIZ, A. In: BAZILE, D. et al. (Eds.). **Estado de la arte de la quinua en el mundo en 2013**. FAO: Santiago, Chile e CIRAD: Montpellier, Francia, 2014. p. 258-296.

REGUERA, M.; CONESA, C. M.; GIL-GÓMEZ, A.; HAROS, C. M.; CASAS, M. A. P.; BRIONES-LABARCA, V.; BOLAÑOS, L.; BONILLA, I.; ÁLVAREZ, R.; PINTO, K.; MUJICA, A.; BASCUÑÁN-GODOY, L. The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. **Peer J**, v. 6, n. e4442, p.1-20, 2018.

REPO-CARRASCO-VALENCIA E SERNA, R. A.; SERNA, L. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional componentes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 225-230, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZJIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Comunicado Técnico Online**, v. 125, p. 1-4, dez. 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, **Imprensa Universitária**, 2005. 235p.

SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E. Avaliação das cinzas ou matéria mineral. In: DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLE, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Eds.). **Métodos para análise de alimentos**. INCT. Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. v. 1, cap. 3, p. 41-50.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 19 fev. 2023.

TANG, Y.; TSAO, R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. **Molecules Nutrition Food Research**, v. 61, n. 7, p. 1-16, 2017.

TANG, Y.; LI, X.; CHEN, P. X.; ZHANG, B.; LIU, R.; HERNANDEZ, M.; DRAVES, J.; MASSIMO, F. M.; TSAO, R. Assessing the fatty acid, carotenoid, and tocopherol compositions of amaranth and quinoa seeds grown in Ontario and their overall contribution to nutritional quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 5, p. 1103–1110, 2016.

Tovar-Pérez, E. G.; Lugo-Radillo, A.; Aguilera-Aguirre, S. Amaranth grain as a potential source of biologically active peptides: A review of their identification, production, bioactivity, and characterization. **Food Reviews International**, v. 35, n.3, p. 221-245, 2019.

VILCANQUI-PEREZ, F.; VILCHEZ-PERALES, C. Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 67, n. 2, p. 146156, 2017.

## 5 ARTIGO IV - CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE GRÃOS DE CHIA (*Salvia hispanica* L.)

### RESUMO

A chia ajuda na prevenção de doenças e não tem glúten, podem ser adicionadas em panificados para enriquecimento nutritivo, sendo necessários ter genótipos nutritivos e produtivos para competição no mercado. Assim, objetivou-se determinar a composição nutricional dos genótipos de chia oriundos do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Os 20 genótipos utilizados foram avaliados quanto à matéria seca dos grãos, porcentagem de cinzas, proteína bruta, teor de lipídeos, carboidratos, compostos fenólicos e atividade antioxidante. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, e os dados foram comparados por meio do teste de Tukey. As médias das variáveis estudadas neste trabalho foram de 96,23% de matéria seca, 6,55% de cinzas, 24,27% de proteínas, 28,41% de lipídeos, 29,49% de fibras, 7,26% de carboidratos, 0,98 mg EqTrolox/g amostra seca e 1,03 mg EqAG/g amostra seca de compostos Fenólicos. Sendo assim, conclui-se que os genótipos de chia do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, produzidos em Marechal Cândido Rondon, são tão nutritivos quanto os estudados no Brasil e em outros países.

**Palavras-chave:** Lamiacea. Nutrição. Propriedades funcionais

### ABSTRACT

Chia helps in the prevention of diseases and is gluten-free, it can be added to bread products for nutritional enrichment, being necessary to have nutritious and productive genotypes to compete in the market. Thus, the objective of this work was to determine the nutritional composition of chia genotypes from the genetic improvement program of the State University of West Paraná. The 20 genotypes used were evaluated for grain dry matter, ash percentage, crude protein, lipid content, carbohydrates, phenolic compounds and antioxidant activity. The design used was completely randomized with three replications, and data were compared using Tukey's test. The averages of the variables studied in this work were 96.23% of dry matter, 6.55% of ashes, 24.27% of proteins, 28.41% of lipids, 29.49% of fibers, 7.26% of carbohydrates, 0.98 mg EqTrolox/g dry sample and 1.03 mg EqAG/g dry sample of Phenolic compounds. Therefore, it is concluded that the chia genotypes from the genetic improvement program of the

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, produced in Marechal Cândido Rondon, are as nutritious as those studied in Brazil and in other countries.

**Keywords:** Lamiacea. Nutrition. Functional properties

## 5.1 INTRODUÇÃO

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma espécie da família das Lamiaceas, com centro de distribuição do sudoeste do México ao norte da Guatemala (BUSILACCHI et al., 2013). Os grãos desta espécie podem ser utilizados tanto na indústria alimentícia e farmacêutica como na cosmética (RAMOS et al., 2021), além de seu óleo essencial ter capacidade inseticida (CHEN et al., 2021).

A chia é eficaz na prevenção de doenças, devido aos seus diversos compostos de grande relevância para a saúde como minerais, fibras, compostos antioxidantes, além de ômega-3 e ômega-6, e ser livre de glúten (GRANCIERI, MARTINO, MEJIA, 2019). Estudos mostram que a chia além de ter inúmeros benefícios para a saúde, tem a capacidade de auxiliar no emagrecimento, pois o seu consumo gera saciedade por maior tempo, além de reduzir os níveis de glicose no sangue (ROCHA, SILVA, RÉGIS, 2017).

Além de serem consumidos in natura, seus grãos podem ser utilizados na fabricação de pães, biscoitos e até barras de cereais (COELHO, SALAS-MELLADO, 2014). Outra importante utilização da chia é a farinha desengordurada, que corresponde a um subproduto, ou seja, é o que sobra da produção do óleo. Esta farinha continua sendo muito nutritiva e agrega mais valor ao grão, pois além da produção do óleo, ainda pode-se utilizar a farinha na fabricação de diversos panificados (ARANIBAR, AGUIRRE, BORNEO, 2019). Ou ainda, estudos mostram que adicionar farinha desengordurada de chia aumenta significativamente o teor de proteínas, fibras, além da viscosidade em iogurtes sem lactose de marcas comerciais (RIBEIRO, CUBO, SALEM, 2019).

Nos últimos anos a dieta baseada em plantas vem sendo encorajada, como é possível observar pelo aumento de pessoas veganas e vegetarianas. Quando as pessoas diminuem a ingestão de proteínas de origem animal, se torna necessário buscar fontes de alimentos com proteínas e minerais, tão eficientes quanto os de origem animal (LONNIE; JOHNSTONE, 2020).

Assim, para produzir um genótipo de chia competitivo para o mercado consumidor, é imprescindível ter materiais produtivos e adaptados, além de serem nutritivos. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho determinar a composição nutricional dos genótipos de chia oriundos do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* de Marechal Cândido Rondon, nos laboratórios de Tecnologia de Alimentos e de Nutrição Animal. Utilizando sementes de 20 genótipos de chia do Programa de Melhoramento de Plantas da Unioeste, sendo: C1602, C1603, C1607, C1609, C1612, C1614, C1615, C16101, C16102, C16104, C16105, C16106, C16107, C16108, C16109, C16110, C16111, C16112, C16113, C16114, estes colhidos nos experimentos de competição de genótipos entre os anos agrícolas de 2020 e 2021.

Para caracterizações nutricionais dos grãos de chia, estes foram moídos e transformados em farinha primeiramente, com o auxílio de um moinho multiuso para moagem de grãos. Posteriormente as amostras foram quantificadas quanto a matéria seca, cinzas, proteína bruta, lipídeos, fibras e carboidratos.

A matéria seca foi determinada por diferença de massa das amostras previamente pesadas em cadinhos de porcelana, as quais foram submetidas a aquecimento em estufa por 105 °C durante 16h, segundo metodologia sugerida por Detmann, Queiroz e Souza (2012), utilizando-se três repetições de aproximadamente 2 g para cada genótipo.

Para a determinação de cinzas, foram pesadas três repetições de aproximadamente 2 g da amostra em cadinhos de porcelana para cada lote de grãos, posteriormente submetidas a aquecimento (600 °C) em mufla por 4 horas, esperando esta chegar a 200 °C para poderem ser retiradas, posteriormente, a estabilização da temperatura ambiente realizada em dessecador, foram pesadas novamente as amostras (SOUZA, VALADARES FILHO, DETMANN, 2012).

A análise de proteína bruta foi realizada conforme o método Kjeldahl, de acordo com metodologia proposta por Detmann, Queiroz e Cabral (2012), onde é primeiramente determinado o nitrogênio presente na amostra e depois este é convertido para proteína utilizando o fator de conversão de 6,25.

Para isto, foram utilizadas três repetições de amostras, pesadas aproximadamente 0,2 g em tubos de digestão, com 2 gramas de mistura digestora 1:10 (sulfato de sódio P.A. e sulfato de cobre P.A) e 5 mL de ácido sulfúrico P.A (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), posteriormente os tubos foram levados para o bloco digestor, a temperatura sendo aumentada gradativamente até 350°C, por aproximadamente 4 horas (até a solução ficar azul translúcido). Após o resfriamento, foi adicionado 5 mL de água destilada em cada tubo e agitado manualmente.

Posteriormente, com o auxílio de um destilador de nitrogênio (Tecnal, TE-0363) foi realizada a destilação, sendo adicionado 25 mL de NaOH 50% no tubo, a amônia destilada (50 mL) era transferida para um Erlenmeyer contendo 5 mL de solução indicadora (ácido bórico

(40 g/L). Por último, a amônia resultante foi titulada com HCl 0,1 N até a mudança de cor do indicador, de verde para rosa-claro.

Foram também realizados dois tubos sem amostra (branco) que passaram por todos os processos, para eliminar possível contaminação dos reagentes.

A extração dos lipídeos totais foi realizada pelo método de Soxhlet e a quantificação foi determinada baseada na perda de massa do material submetido à extração com éter de petróleo. Para fins de análises, foram pesadas três repetições de aproximadamente 2 g para cada genótipo, estas foram acondicionadas em cartuchos feitos em papel filtro qualitativo, previamente secos em estufa e pesados. Posteriormente, os cartuchos foram levados para o extrator Soxhlet com o éter de petróleo por 4 horas a 60 °C. Em seguida, as amostras desengorduradas foram secas em estufa por 12 horas à 105 °C, enfim, a estabilização da temperatura ambiente foi realizada em dessecador, para prosseguir com as pesagens das amostras (SILVA; QUEIROZ, 2005).

Para a análise de fibra bruta utilizou-se aproximadamente 1,5 g de amostra para cada repetição, sendo três repetições para cada genótipo, amostras essas provindas da análise de lipídeos, pois para a análise de fibra bruta as amostras precisam estar desengorduradas. Para esta análise a metodologia foi adaptada de Silva e Queiroz (2005).

As amostras foram pesadas em pequenas bolsas confeccionadas em TNT, posteriormente estas foram dispostas no Analisador de Fibra (ANKOM2000). A digestão da fibra bruta foi realizada por meio de solução ácida (ácido sulfúrico 1,25%) e básica (hidróxido de sódio 1,25%), com duração de 40 minutos cada, com lavagens com água quente no intervalo das duas e depois no final, conforme orientações de uso do equipamento.

Após isto, as bolsas foram lavadas novamente com água quente e deixadas em acetona P.A. por aproximadamente 5 minutos, posteriormente levados para secagem em estufa 105 °C até completa evaporação da acetona. Depois, segue-se a mesma metodologia utilizada para análise de cinzas. Cadinhos contendo bolsas vazias foram utilizados como branco.

O conteúdo de carboidratos presentes nas amostras foi feito por exclusão do valor obtido pela somatória dos valores das análises de matéria seca, cinzas, proteína, lipídeos e fibras, sendo: % carboidratos =  $100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ fibras} + \% \text{ proteína})$ .

Para a realização das análises de compostos fenólicos totais e de atividade antioxidante, foi necessário a preparação de um extrato etanólico, este foi preparado com etanol P.A., na proporção 1:10 (massa/volume). Depois, as amostras foram centrifugadas a 20.000 g em centrífuga (MPW 350-350R) a 4 °C, por 20 minutos e, em seguida, o líquido foi transferido para tubos de ensaio, e armazenados sob refrigeração até o momento das análises.

A análise de compostos fenólicos totais foi realizada pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, seguindo metodologia proposta por Cheng et al. (2013). Foi utilizado 0,5 mL do extrato etanólico com 2,5 mL da solução de Folin-Ciocalteu:água (1:10 v/v), permanecendo em repouso por 3 minutos. Após foram adicionados 2,0 mL de solução de carbonato de sódio, deixando em repouso por 15 minutos a 50 °C no escuro. Posteriormente as amostras foram colocadas em banho de gelo e a leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-visível Shimadzu (UV-1800) a 760 nm.

Os resultados expressos em  $\text{mg g}^{-1}$  amostra seca em equivalente ácido gálico (EqAG), calculados por meio de curva de calibração ( $y = 100,2x - 3,1089$ ,  $R^2 = 0,9996$ ). As análises foram realizadas em duplicata com três repetições.

A análise de atividade antioxidante foi feita pelo método de sequestro do radical livre ABTS [2,2'azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)]. Utilizando 30  $\mu\text{L}$  do extrato etanólico, neste foi adicionado 3,0 mL do reagente ABTS (5,0 mL da solução estoque ABTS 7 mM acrescidos de 88  $\mu\text{L}$  da solução persulfato de potássio 140 mM, mantida por 16 horas no escuro e diluída em etanol até absorbância de 0,700 nm a 0,734 nm). Passados 6 minutos em ambiente escuro, as leituras foram efetuadas em espectrofotômetro UV-visível Shimadzu (UV1800) a 734 nm (RUFINO et al., 2007).

Os resultados expressos em  $\text{mg g}^{-1}$  amostra seca em equivalente Trolox (EqTrolox), calculados por meio de curva de calibração ( $y = -0,7213x + 0,4765$ ,  $R^2 = 0,9982$ ). As análises foram realizadas em duplicata com três repetições.

O plano experimental foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os dados foram submetidos a análise de normalidade de Shapiro-wilk e homogeneidade de Bartlett de variâncias e quando possível foi realizada a análise de variância. Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados mostraram normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias, possibilitando o uso de análises paramétricas.

Na Tabela 1 estão apresentadas as médias de porcentagem de matéria seca, cinzas e proteínas dos grãos dos 20 genótipos de chia estudados.

Tabela 1- Matéria Seca, Cinzas e Proteínas de grãos dos 20 genótipos de *S. hispanica*, expressos em porcentagem (%)

<b>Genótipo</b>	<b>Matéria seca</b>	<b>Cinzas</b>	<b>Proteínas</b>
C1602	95,81 cde	6,54 cdefgh	25,08 ab
C1603	95,81 de	6,15 defgh	24,09 ab
C1607	96,19 abcd	7,36 abcd	24,89 ab
C1609	96,40 abcd	6,61 cdefgh	24,06 ab
C1612	96,62 a	8,48 ab	23,66 ab
C1614	96,45 abc	5,16 h	24,94 ab
C1615	96,62 a	5,09 h	24,98 ab
C16101	96,17 abcd	6,15 defgh	25,14 ab
C16102	96,17 abcd	8,01 abc	22,58 b
C16104	96,14 abcde	7,06 bcdef	25,37 a
C16105	96,52 ab	5,29 gh	25,21 ab
C16106	96,27 abcd	6,78 cdefg	25,00 ab
C16107	95,98 bcde	7,88 abc	23,99 ab
C16108	96,27 abcd	5,19 gh	24,50 ab
C16109	96,65 a	5,66 efgh	25,58 a
C16110	96,48 ab	5,29 gh	24,05 ab
C16111	96,08 abcde	7,25 abcde	24,30 ab
C16112	95,93 bcde	6,67 cdefgh	24,59 ab
C16113	96,06 abcde	8,76 a	24,02 ab
C16114	95,51 e	5,64 fgh	23,32 ab
CV (%)	0,21	7,93	3,50

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As médias de porcentagem de matéria seca variaram de 95,51 até 96,65%, sendo estas para os genótipos C16114 e C16109, respectivamente. O genótipo C16109 apresentou maior média que os genótipos C1602, C1603, C16107, C16112 e C16114.

Outros pesquisadores também estudando grãos de chia encontraram valores bem parecidos com o do presente trabalho, sendo Marineli et al. (2014) com média de 94,2%, Scapin et al. (2016) obtiveram média de 96,73% de matéria seca e Silva et al. (2017) entre 92,86 e 94,38% de matéria seca. Assim como a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022) mostra 94,2% de matéria seca.

Para a variável cinzas, que é referente a quantidade de minerais totais presentes na amostra, as médias alternaram entre 5,09 (C1615) e 8,76% (C16113). O genótipo C16113 apresentou maior média que os genótipos C1602, C1603, C1609, C1614, C1615, C16101, C16104, C16105, C16106, C16108, C16109, C16110, C16112, C16114.

Outros autores encontraram médias menores de cinzas para sementes de chia, sendo médias de 4,07% (MARINELI et al., 2014), de 4,58% (SEGURA-CAMPOS et al., 2014), de

5,45% (SCAPIN et al., 2016), de 4,98% (OTONDI, NDUKO & OMWAMBA, 2020) de 4,7 % (AL-ZORFI & AL-OBAIDI, 2021). Entretanto Silveira et al. (2021) obtiveram 7,9% de média de cinzas, valor este bem próximo das médias verificadas neste estudo.

As médias de porcentagem de proteínas dos 20 genótipos de chia estudados variaram entre 22,58 e 25,58%, sendo estas pertencentes aos genótipos C16102 e C16109 respectivamente, onde o genótipo C16109 apresentou maior média que o genótipo C16102.

Porras-Loaiza et al. (2014) trabalhando com genótipos de chia provindos de quatro regiões diferentes do México encontraram resultados de proteínas próximos com o do presente estudo, sendo médias entre 18,5 – 22,3%, assim como, Segura-Campos et al. (2014) 24,11% com grãos também do México, Marineli et al. (2014) com média de 25,32% com grãos produzidos no Chile, Gazem et al. (2016) 20,76% de proteínas da Índia, Otondi, Nduko e Omwamba (2020) 19,96% de proteínas de grãos originados no Quênia, Al-Zorfi e Al-Obaidi (2021) 22,2 % de proteínas em grãos provindos do Iraque. Pesquisadores brasileiros encontraram 21,52% (SARGI et al., 2013), 23,17% de média (SCAPIN et al., 2016) e 19% de proteínas em grãos de chia (SILVA et al., 2017).

As proteínas presentes nos grãos de chia em diversos países, assim como no Brasil, foram parecidas com o do presente estudo, sendo isto, muito relevante, pois mostra como os genótipos estudados no programa de melhoramento tem grande potencial.

A ingestão de proteína de qualidade é essencial para a saúde, além de grande auxílio para quem busca hipertrofiar o corpo. Também é importante quando o objetivo é o emagrecimento, pois o maior foco na alimentação deve ser o consumo de proteína por gerar saciedade por maior período (STOKES et al., 2018).

Na Tabela 2 estão dispostas as médias de lipídeos, fibras e carboidratos dos 20 genótipos de chia avaliados neste estudo.

Tabela 2- Lipídeos, Fibras e Carboidratos de grãos dos 20 genótipos de *S. hispanica*, expressos em porcentagem (%)

Genótipo	Lipídeos	Fibras	Carboidratos
C1602	26,59 ef	31,17 abcd	7,12 abcd
C1603	27,78 def	31,41 abc	6,85 abcd
C1607	28,80 abcd	29,46 bcdef	6,00 cd
C1609	29,07 abcd	28,19 cdef	7,48 abcd
C1612	27,65 def	27,53 def	8,64 abcd
C1614	30,55 ab	30,22 abcdef	5,91 d
C1615	30,97 a	30,72 abcde	5,52 d
C16101	29,62 abcd	31,49 abc	5,77 d
C16102	26,24 f	26,95 ef	7,72 abcd
C16104	28,85 abcd	29,62 abcdef	5,57 d
C16105	30,14 abc	30,02 abcdef	5,86 d
C16106	28,91 abcd	27,54 def	8,40 abcd
C16107	27,55 def	29,00 bcdef	7,55 abcd
C16108	24,17 cdef	32,62 ab	6,12 cd
C16109	30,17 abc	33,36 a	6,40 bcd
C16110	28,70 cde	31,91 abc	6,52 bcd
C16111	27,64 def	26,42 f	9,47 ab
C16112	28,97 abcd	26,50 f	9,20 abc
C16113	27,91 def	27,19 ef	9,85 a
C16114	27,9 def	28,46 cdef	9,19 abc
CV (%)	2,47	4,20	14,37

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Os lipídeos nesta pesquisa variaram entre 26,24 e 30,97% para os genótipos C16102 e C1615, respectivamente. Em que o genótipo C1615 apresentou maior média que os genótipos C1602, C1603, C1612, C16102, C16107, C16108, C16110, C16111, C16113 e C16114.

O óleo de chia é rico em ácidos graxos essenciais, como ômega-3 e ômega-6, sendo cerca de 60% e 20% do óleo total, respectivamente (MOHAMMED & BASUNY, 2020). O ômega-3 tem a capacidade promover a saúde cardiovascular, ajuda na saúde mental, além de reduzir os riscos de problemas na visão (CASTILLO et al., 2016). Enquanto o ômega-6 atua na hidratação e manutenção da pele, além de reduzir os níveis de colesterol no sangue (DJURICIC & CALDER, 2021).

Porrás-Loaiza et al. (2014) encontraram resultados parecidos com o do presente estudo, sendo médias entre 21,5 e 32,7 % para lipídeos em grãos de chia provenientes do México Segura-Campos et al. (2014) encontraram 35,13% de lipídeos de grãos do mesmo país. Outros pesquisadores de outros países verificaram 30,22% de lipídeos de grãos do Chile (MARINELI et al., 2014), 28,1% de lipídeos provenientes da Índia (GAZEM et al., 2016), 36,61% de lipídeos

de grãos produzidos no Quênia (OTONDI, NDUKO, OMWAMBA, 2020), 24,1% de lipídeos do Iraque (AL-ZORFI & AL-OBAIDI, 2021). Assim como pesquisadores do Brasil, onde Sargi et al. (2013) encontraram 23,69% de lipídeos, Silva et al. (2017) estudando grãos de chia verificaram 31% de lipídeos. E na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022) a chia apresenta 30,7% de lipídeos, valores estes bem próximos da presente pesquisa.

Para a variável análise de fibras as médias externaram entre 26,42 (C16111) e 33,36% (C16109). Onde o genótipo C16109 apresentou maior média que os genótipos C1607, C1609, C1612, C16102, C16106, C16107, C16111, C16112 C16113 e C16114.

Outros pesquisadores verificaram porcentagem de fibras em grãos de chia bem parecidas com o deste estudo, sendo Segura-Campos et al. (2014) 34,46% de fibras, Porrás-Loaiza et al. (2014) obtiveram médias entre 20,1 e 36,1%, Silva et al. (2017) verificaram entre 33,4 e 37,2% de fibras, enquanto Osama et al. (2019) estudando grãos de chia produzidos no Egito verificaram 25,66%, enquanto produzidas nos Estados Unidos encontraram 28% de fibras. Já a TBCA que é a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2022) coloca que a chia tem 34,4% de fibras.

Uma dieta com a quantidade adequada de fibra balanceada tem efeito na capacidade metabólica, assim como na absorção e retenção de água do organismo, tendo um impacto positivo na saúde, incluindo a regulação do apetite e o funcionamento da microflora intestinal (BARBER et al., 2020).

Quanto à porcentagem de carboidratos, as médias dos genótipos estudados ficaram entre 5,52 e 9,85%, estas médias correspondentes aos genótipos C1615 e C16113, respectivamente. O genótipo C16113 apresentou maior média que os genótipos C16107, C1614, C1615, C16101, C16104, C16105, C16108, C16109 e C16110.

Silva et al. (2017) estudando grãos de chia provindos do Rio Grande do Sul e do Mato Grosso, obtiveram médias de carboidratos de 4,59 e 2,23% respectivamente. Al-Zorfi e Al-Obaidi (2021) encontraram 10,5% de carboidratos. E por isso foi possível observar que os grãos de chia apresentam muito pouco carboidrato em seus grãos, ou seja, a chia pode ser facilmente incluída em dietas de baixo carboidrato.

Na Tabela 3 estão dispostas as médias da atividade antioxidante e compostos fenólicos dos 20 genótipos de chia avaliados neste estudo.

Tabela 3- Atividade Antioxidante (mg EqTrolox/g amostra seca) e Compostos Fenólicos (mg EqAG/g amostra seca) de grãos dos 20 genótipos de *S. hispanica*

Genótipo	Atividade Antioxidante	Compostos Fenólicos
C1602	0,75 bc	0,90 cde
C1603	0,64 c	0,74 e
C1607	1,05 abc	1,02 bcde
C1609	0,84 abc	0,86 de
C1612	0,67 bc	0,75 e
C1614	1,23 a	1,31 ab
C1615	0,87 abc	0,99 bcde
C16101	1,25 a	1,20 abcd
C16102	1,01 abc	1,09 bcde
C16104	0,93 abc	1,03 bcde
C16105	1,11 abc	1,21 abcd
C16106	1,05 abc	1,08 bcde
C16107	0,93 abc	0,86 de
C16108	1,03 abc	1,48 a
C16109	1,12 ab	1,26 abc
C16110	1,04 abc	1,02 bcde
C16111	1,13 ab	0,94 bcde
C16112	1,03 abc	0,98 bcde
C16113	0,93 abc	0,94 bcde
C16114	1,01 abc	0,97 bcde
CV (%)	15,71	12,18

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A atividade antioxidante dos genótipos de chia do presente estudo variaram de 0,64 até 1,25 mg EqTrolox/g amostra seca, estas médias referentes aos genótipos C1603 e C16101, respectivamente. O genótipo C16101 apresentou maior média que os genótipos C1602, C1603 e C1612.

Osama et al. (2019), estudando grãos de chia produzidos no Egito, verificaram 1,75 mg EqTrolox/g amostra seca, enquanto produzidas nos Estados Unidos encontraram 1,45 mg EqTrolox/g amostra seca para atividade antioxidante, valores estes parecidos com o do presente estudo.

Os compostos fenólicos apresentaram médias entre 0,74 (C1603) e 1,48 mg EqAG/g amostra seca (C16108). O genótipo C16108 apresentou maior média que a maioria dos genótipos, sendo eles C1602, C1603, C1607, C1609, C1612, C1615, C16102, C16104, C16106, C16107, C16110, C16111, C16112, C16113, C16114.

Marineli et al. (2014) encontraram 0,94 mg EqAG/g amostra seca para a variável compostos fenólicos trabalhando com grãos de chia, assim como, Porras-Loaiza et al. (2014)

verificaram médias entre 0,54 e 0,72 mg EqAG/g amostra seca em diferentes cidades do México. Silva et al. (2017) obtiveram médias entre 0,97 e 0,99 mg EqAG/g amostra seca para compostos fenólicos, enquanto Osama et al. (2019) estudando grãos de chia produzidos no Egito verificaram 1,42 mg EqAG/g amostra seca, enquanto produzidas nos Estados Unidos encontraram 1,01 mg EqAG/g amostra seca.

Diferenças nas médias de compostos fenólicos totais com outras pesquisas podem ser atribuídas aos diferentes solventes e também pelos métodos de extração utilizados. Além do que podem ser influenciados pelas condições edafoclimáticas, além do genótipo, maturidade da planta, entre outros (Skrovankova et al., 2015).

Gazem et al. (2016) colocam que as propriedades nutricionais dos grãos de chia podem variar ao redor do mundo, podendo ser influenciadas pelas características edafoclimáticas do local em que foram produzidas. Porém, constatou-se no presente estudo que em geral, os genótipos apresentaram valores próximos com os de outros pesquisadores de outros países, assim como parecidos com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022), principalmente de matéria seca, lipídeos e fibras.

#### 5.4 CONCLUSÃO

Os genótipos de chia do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, produzidos em Marechal Cândido Rondon, apresentaram 96,23% de matéria seca, 6,55% de cinzas, 24,27% de proteínas, 28,41% de lipídeos, 29,49% de fibras, 7,26% de carboidratos, 0,98 mg EqTrolox/g amostra seca e 1,03 mg EqAG/g amostra seca de compostos Fenólicos.

#### 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-ZORFI, M. J. A.; AL-OBAIDI, L. F. H. Study the Optimal Conditions for the Production of Protein Isolates from Chia Seeds. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, v. 25, n. 3, p. 4400-4410, 2021.

ARANIBAR, C.; AGUIRRE, A.; BORNEO, R. Utilization of a by-product of chia oil extraction as a potential source for value addition in wheat muffins. ***Journal of Food Science and Technology***, n. 56, p. 4189–4197, 2019.

BARBER, T. M.; KABISCH, S.; PFEIFFER, A. F. H.; WEICKERT, M. O. The Health Benefits of Dietary Fibre. ***Nutrients***, v. 12, n. 10, p. 1-17, 2020.

BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M.; BUENO, M.; DI SAPIO, O.; FLORES, V.; SEVERIN, C. Evaluacion de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). ***Cultivos Tropicales***, v. 34, n. 4, p. 55–59, 2013.

CASTILLO, C. E.; GONZÁLEZ, X.; HERRERA, G.; HERNÁNDEZ, O. Efectos del consumo de ácidos grasos omega-3 sobre la salud cardiovascular, cerebral y diversas enfermedades del sistema nervioso central. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 7, n. 1, p. 28-51, 216.

CHEN, Y.; LUO, J. ZHANG, N. YU, W.; JIANG, J.; DAI, G. Insecticidal activities of *Salvia hispanica* L. essential oil and combinations of their main compounds against the beet armyworm *Spodoptera exigua*. **Industrial Crops and Products**, v.162, 113271, 2021.

CHENG, K. C.; WU, J. Y.; LIN, J. T.; LIU, W. H. Enhancements of isoflavone aglycones, total phenolic content, and antioxidant activity of black soybean by solid-state fermentation with *Rhizopus* spp. **European Food Research and Technology**, v. 236, n. 6, p. 1107-1113, 2013.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de Chia (*Salvia hispanica* L.) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 259-268, 2014.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; SOUZA, M. A. Avaliação da secagem definitiva utilizando estufa sem circulação de ar. In: DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLE, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Eds.). **Métodos para análise de alimentos**. INCT. Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. v. 1, cap. 2, p. 29 – 40.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; CABRAL, L. S.; Avaliação do nitrogênio total (proteína bruta) pelo método de Kjeldahl. In: DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLE, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Eds.). **Métodos para análise de alimentos**. INCT. Ciência Animal. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. v. 1, cap. 4, p. 51-67.

DJURICIC, I; CALDER, P. C. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. **Nutrients**, v. 13, n. 7, p. 1-23, 2021.

GAZEM, R. A. A.; PUNEETH, H. R.; MADHU, C. S.; SHARADA, A. C. Physicochemical Properties and in Vitro Anti-Inflammatory Effects of Indian Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seed Oil. **Journal of Pharmacy and Biological Sciences**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2016.

GRANCIERI, M.; MARTINO, H. S. D.; MEJIA, E. G. Digested total protein and protein fractions from chia seed (*Salvia hispanica* L.) had high scavenging capacity and inhibited 5-LOX, COX-1-2, and iNOS enzymes. **Food Chemistry**. v. 289, n. 15, p. 204-214, 2019.

LONNIE, M.; JOHNSTONE, M. The public health rationale for promoting plant protein as an important part of a sustainable and healthy diet. **Nutrition Bulletin**, v. 45, n. 2, p. 281-293, 2020.

MARINELI, R. S.; MORAES, E. A.; LENQUISTE, S. A.; GODOY, A. T.; EBERLIN, M. N.; MARÓSTICA-JUNIOR, M. R. Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean

chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, v. 59, n. 2, p.1304-1310, 2014.

MOHAMMED, G. M.; BASUNY, A. M. CHIA (*SALVIA HISPANICA* L.) Seed oil a new source of omega-3. **Plant Archives**, v, 20, n. 1, p. 2678-2683, 2020.

OTONDI, E. A.; NDUKO, J. M.; OMWAMBA, M. Physico-chemical properties of extruded cassava-chia seed instant flour. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, n. 100058 p. 1-5, 2020.

OSAMA, B.R. M.; MONA, H. H. B.; AMAL, M. A. E.; YEHIA, G. M. Evaluation of Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds Meal as a Source of Bioactive Ingredients. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 177-189, 2019.

PORRAS-LOAIZA, P.; JIMÉNEZ-MUNGUÍA, M. T.; SOSA-MORALES, M. E.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **International Journal of Food Science + Technology**, v. 49, n.2, p. 571-577, 2014.

RAMOS, I. F. S.; MAGALHÃES, L. M.; PESSOA, C.; O.; FERREIRA, P. M. P.; RIZZO, M. S.; OSAJIMA, J. A.; SILVA-FILHO, E. C.; NUNES, C.; RAPOSO, F.; COIMBRA, M. A.; RIBEIRO, A. B.; COSTA, M. P. New properties of chia seed mucilage (*Salvia hispanica* L.) and potential application in cosmetic and pharmaceutical products. **Industrial Crops and Products**, v. 171, 113981, 2021.

RIBEIRO, E.; CUBO, M. F.; SALEM, R. D. S. Desenvolvimento e caracterização físico-química de iogurte sem lactose adicionado de chia (*Salvia hispanica* L.). **Uningá Review**, v. 34, n. 1, p. 26-39, 2019.

ROCHA, Y. M. A.; SILVA, L. P. E.; RÉGIS, W. C. B. Chia (*Salvia hispanica*) benefícios para a saúde humana: uma revisão sobre ensaios clínicos em humanos. **Percorso Acadêmico**, v. 7, n. 14, p. 483-493, 2017.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZJIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Comunicado Técnico Online**, v. 125, p. 1-4, dez. 2006.

SARGI, S. C.; SILVA, B. C.; SANTOS, H. M. C.; MONTANHER, P. F.; BOEING, J. S.; SANTOS JÚNIOR, O. O. S.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. **Food Science and Technology**, v. 33 n. 3, p. 541-548, 2013.

SCAPIN, G.; SCHMIDT, M. M.; PRESTES, R. C.; ROSA, C. S. Phenolics compounds, flavonoids and antioxidant activity of chia seed extracts (*Salvia hispanica*) obtained by different extraction conditions. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 6, p. 2341-2346, 2016.

SEGURA-CAMPOS, M. R.; CIAU-SOLÍS, N.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 3, p. 220-226, 2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, **Imprensa Universitária**, 2005. 235p.

SILVA, B. P.; ANUNCIÇÃO, P. C.; MATYELKA, J. C. D.; LUCIA, C. M. D.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. P. Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. **Food Chemistry**, v. 221, n. 15, p. 1709-1716, 2017.

SKROVANKOVA, S.; SUMCZYNSKI, D.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T.; SOCHOR, J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 10, p. 24673–24706, 2015.

SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E. Avaliação das cinzas ou matéria mineral. In: DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLE, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Eds.). **Métodos para análise de alimentos**. INCT. Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. v. 1, cap. 3, p. 41-50.

STOKES, T.; HECTOR, A. J.; MORTON, R. W.; GLORYE, C.; PHILLIPS, S. M. Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy with Resistance Exercise Training. **Nutrients**, v. 10, n. 180, p. 1- 18, 2018.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 22 mar. 2023.

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

As espécies de quinoa e chia são culturas com produção comercial recentes ainda no país, assim, a identificação de fontes genéticas de sementes com alto potencial fisiológico e com boa nutrição são essenciais. Para se obter sementes de alto vigor, são necessários testes de vigor confiáveis, fáceis e com rápidos resultados.

Testes de vigor confiáveis e com fácil reprodução conseguem contribuir para a identificação de progênies que possam ter sucesso em um programa de melhoramento genético, além de se ter genótipos com alto valor nutricional, sendo de grande importância para se entrar no mercado consumidor.

O teste de germinação de sementes de quinoa e chia devem ser realizados em temperatura de 20 °C.

Assim como, para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de quinoa e chia, devem ser utilizadas 48 h.

A leitura da condutividade elétrica pode ser realizada depois de 6 h e 40 min de embebição, com o volume de 75 mL de água e 100 sementes de quinoa, já que, foram os volumes de embebição que proporcionaram que as leituras fossem realizadas em menos tempo.

E para as sementes de chia a leitura da condutividade elétrica deve ser feita após um período de 15 h e 30 min de embebição, com o volume de 75 mL de água e 100 sementes.

As médias nutricionais para grãos de quinoa foram de 90,69% para matéria seca, 3,71% para cinzas, 15,15% de proteínas, 6,24% de lipídeos, 3,57% de fibras, 62,02% de carboidratos, 0,97 mg EqTrolox/g amostra seca para atividade antioxidante e 1,01 mg EqAG/g amostra seca para a análise de compostos fenólicos, enquanto para grãos de chia foram de 96,23% de matéria seca, 6,55% de cinzas, 24,27% de proteínas, 28,41% de lipídeos, 29,49% de fibras, 7,26% de carboidratos, 0,98 mg EqTrolox/g amostra seca e 1,03 mg EqAG/g amostra seca de compostos Fenólicos mg EqAG/g amostra seca.

Os genótipos de quinoa e chia provindos do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), produzidos em Marechal Cândido Rondon, são tão nutritivos quanto os estudados no Brasil e em outros países e podem ser, tranquilamente, recomendados para alimentação, com alto potencial nutricional.

Sendo assim, os genótipos deste programa de melhoramento têm a capacidade de se tornarem competitivos no mercado.