

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

**TESTES BIOQUÍMICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE CULTIVARES DE RÚCULA EM DIFERENTES
ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

FERNANDA DE SOUZA SANTOS

Montes Claros-MG

2024

FERNANDA DE SOUZA SANTOS

**TESTES BIOQUÍMICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE CULTIVARES DE RÚCULA EM DIFERENTES
ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito
parcial para o grau de bacharel em engenharia
agronômica.

Orientador: Prof. Cândido A. da Costa

Montes Claros-MG
Instituto de Ciências Agrárias-UFMG

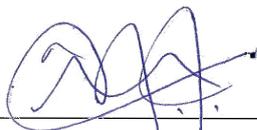
2024

Fernanda de Souza Santos. **TESTES BIOQUÍMICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE CULTIVARES DE RÚCULA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Banca examinadora constituída por:

Prof. Delacyr Silva Brandão Junior- ICA/UFMG

Josiane Cordeiro dos Santos- ICA/UFMG



Prof. Cândido Alves da Costa- Orientador ICA/UFMG

Montes Claros-MG
05 de agosto de 2024

AGRADECIMENTOS

Primordialmente agradeço ao meu bom Deus por sua infinita graça em toda minha trajetória.

Os meus sinceros agradecimentos à minha família. Aos meus amados pais, Dely e Maria por todo apoio e dedicação a mim atribuídos. À minha doce 'vó Maia', por todo amor e orações. Minha prima Amanda que sempre esteve comigo.

Ao meu estimado orientador Cândido Costa por tanto empenho e dedicação. Também ao professor Delacyr Brandão por toda contribuição.

Ao Programa de Educação Tutorial 'PET Agronomia', que foi fundamental a mim como profissional e como pessoa. Especialmente agradeço ao tutor Ernane Martins por tanta dedicação.

A banca avaliadora, pelo empenho, conhecimentos compartilhados, e pela dedicação na correção deste trabalho.

Aos professores por tanto conhecimento compartilhado e todos aqueles que contribuíram com o meu aprendizado.

Aos meus amigos que caminharam comigo esta caminhada, meu fiel agradecimento.

*Cuidas da terra e a regas;
fartamente a enriqueces.
Os riachos do Senhor transbordam
para que nunca falte.
Salmos 65:9*

RESUMO

A rúcula (*Eruca vesicaria* ssp.) é uma importante hortaliça folhosa. O aumento do consumo desta hortaliça tem demandado grandes quantidades de sementes para o setor produtivo. Embora existam campos de produção de sementes de rúcula no Brasil, poucas informações existem sobre a melhor época para se fazer a colheita de sementes visando melhor produção e qualidade. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo verificar a eficiência de testes bioquímicos na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de rúcula de diferentes estádios de maturação, visando a determinação do ponto ideal de colheita. O experimento foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, sendo utilizadas duas cultivares ('Cultivada' e 'Folha Larga') e três estádios de maturação em função da coloração das siliquas, sendo estas verde-escuro, verde claro e palha, que foram consideradas como imatura, intermediária e madura respectivamente. O delineamento foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. Foi avaliado o teste de germinação e primeira contagem de germinação, massa fresca e seca, peso de mil sementes, condutividade elétrica e absorbância do trifenilformazan. Houveram diferenças significativas no percentual de germinação e primeira contagem de germinação, apenas das sementes imaturas, da cultivar 'Folha Larga'. Essas sementes também foram inferiores aos demais testes de vigor. Vale ressaltar, que pelo teste de condutividade elétrica houve maior diferenciação do nível de vigor de sementes de diferentes cultivares e estádios de maturação. Pôde ser constatado ainda superioridade da cultivar Folha Larga, e menor vigor em sementes imaturas. A quantificação do formazan (padrão colorimétrico) em resposta a aplicação dos tratamentos é promissora, mas necessita de adequações em sua metodologia. A colheita das sementes das cultivares 'Cultivada' e 'Folha Larga' pode ser realizada com as siliquas a partir do estágio intermediário (síliqua verde claro) de maturação, sem comprometimento da sua germinação e vigor.

PALAVRAS-CHAVE: *Eruca sativa*, hortaliças, trifenilformazan, condutividade elétrica, *Brassicaceae*.

ABSTRACT

Arugula (*Eruca vesicaria* ssp.) is an important leafy vegetable. The increasing consumption of this vegetable has led to a high demand for seeds in the production sector. Although there are arugula seed production fields in Brazil, there is limited information on the best time to harvest seeds to ensure optimal yield and quality. Therefore, this study aimed to evaluate the effectiveness of biochemical tests in assessing the physiological quality of arugula seeds from different maturation stages, with the goal of determining the ideal harvest point. The experiment was conducted at the Institute of Agricultural Sciences of UFMG, using two cultivars ('Cultivada' and 'Folha Larga') and three maturation stages based on the color of the siliques: dark green, light green, and straw-colored, which were considered immature, intermediate, and mature, respectively. The design was completely randomized with four replications. Germination tests and first germination count, fresh and dry mass, thousand-seed weight, electrical conductivity, and triphenyl tetrazolium absorbance were evaluated. Significant differences were observed in the germination percentage and first germination count only for the immature seeds of the 'Folha Larga' cultivar. These seeds also performed worse in other vigor tests. It is worth noting that the electrical conductivity test showed greater differentiation in seed vigor across different cultivars and maturation stages. Additionally, the 'Folha Larga' cultivar demonstrated superiority, with lower vigor observed in immature seeds. The quantification of formazan (a colorimetric standard) in response to the application of treatments shows promise but requires methodological adjustments. The harvesting of seeds from the 'Cultivada' and 'Folha Larga' cultivars can be carried out from the intermediate maturation stage (light green silique) without compromising germination and vigor.

Keywords: *Eruca sativa*, leafy vegetables, triphenyl tetrazolium, electrical conductivity, Brassicaceae.

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1-** Valores dos quadrados médios do peso de mil sementes (g), massa fresca e seca(g) e umidade (%) de sementes de duas cultivares de rúcula **18**
- TABELA 2-** Valores médios de massa fresca e seca (g) de sementes de duas cultivares de rúcula **19**
- TABELA 3-** Valores dos quadrados médios da germinação (%), 1º contagem (%), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm},\text{g}$) e absorbância de TZL de sementes de duas cultivares de rúcula..... **20**
- TABELA 4-** Valores médios de germinação (%) E 1º contagem (%) de sementes de duas cultivares de rúcula..... **21**
- TABELA 5 -** Valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm},\text{g}$) de sementes de duas cultivares de rúcula..... **22**
- TABELA 6-** Médias de valores de absorbância do método de quantificação do trifenílformazan por espectrofotometria UV-Vis de sementes de duas cultivares de rúcula..... **24**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOD- Biochemical Oxygen Demand

CE- Condutividade elétrica

G- Germinação

MF- Massa fresca de plântula

MS- Massa seca de plântula

PC- Primeira contagem

TZ- Tetrazólio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA.....	13
2.2. IMPORTÂNCIA.....	13
2.3. PRODUÇÃO E QUALIDADE DAS SEMENTES.....	14
2.4. TESTE DE TETRAZÓLIO.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 AVALIAÇÃO FÍSICA.....	19
4.2 AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA	20
5 CONCLUSÕES	26
6 REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

Ultimamente, houve grande conscientização quanto a alimentação saudável, e isso implica no aumento do consumo de espécies olerícolas, que podem fornecer vitaminas e nutrientes em abundância. Assim, ocorreu também, acréscimo na demanda e exigência por produtos de qualidade, necessitando do emprego de novas tecnologias que otimizem a comercialização de hortaliças.

Diante da mudança de hábitos da sociedade após a pandemia de covid-19 houve uma elevada demanda por alimentos saudáveis e mais nutritivos, ocorrendo também o aumento do consumo de olerícolas, em especial o de rúcula, com incremento significativo da produção, o que contribui com rentabilidade do produtor e valorização do cultivo da mesma, necessitando do emprego de novas tecnologias que otimizem a qualidade, produção, produtividade e comercialização dessa hortaliça.

Além da sua importância nutricional que corrobora com a saúde e qualidade de vida da sociedade, as folhas de rúcula se caracterizam pelo seu sabor marcante e pungente, possuindo amplas possibilidades de uso, podendo ser estufadas, cozidas e fritas, ou ser adicionadas a pizzas e espaguete (MORAIS; JANICK. 2002). A rúcula é uma rica fonte de compostos bioativos, sendo muito valorizada por suas propriedades medicinais e terapêuticas - estimulante, antioxidante, diurética e melhoradora da digestão (CAVAIUOLO; FERRANTE. 2014.).

Um estabelecimento rápido e uniforme das plantas é fundamental para o sucesso na produção agrícola, tornando a qualidade das sementes um fator de extrema importância. Sementes de alta qualidade são aquelas que produzem plântulas normais, livres de contaminações e com um desenvolvimento adequado de todas as suas estruturas. (NASCIMENTO. *et al.*2011).

Embora existam campos de produção de sementes de rúcula no Brasil, poucas informações existem sobre a melhor época para se fazer a colheita de sementes visando melhor produção e qualidade das sementes, bem como, a qualidade do produto final.

O vigor das sementes se dá pela capacidade da semente de germinar, emergir e resultar em plântulas normais dentre os mais diversos fatores ambientais que podem influenciar a produção. Já na deterioração da semente, há uma perda da capacidade de produzir plântula normal em decorrência das alterações que ocorrem na semente (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO. 2001).

Na avaliação fisiológica das sementes, para a identificação do início da deterioração das sementes, os testes que envolvem as atividades enzimáticas seriam os mais sensíveis na estimativa do vigor e deterioração das sementes, sendo este o princípio dos testes bioquímicos (COPELAND; McDONALD JR. 1985).

O teste de tetrazólio é uma avaliação bioquímica em que há uma reação processada no interior das células vivas, resultando em um composto que não se difunde (formazan), separando os tecidos vivos e coloridos que respiram, daqueles mortos que permanecem incolores. Entretanto, o teste de tetrazólio apresenta limitações de confiabilidade quanto a metodologia mais adequada para as espécies olerícolas, que como a rúcula, possuem sementes de tamanho reduzido. Dessa forma, torna-se promissor o estudo da aplicabilidade do método de quantificação do trifenilformazan por espectrofotometria UV-Vis, na determinação de viabilidade de sementes de diferentes variedades de rúcula (*Eruca sativa* Miller).

O teste de condutividade elétrica tem mostrado eficiência na estimativa do vigor, determinando a quantidade de íons liberados em direta função da quantidade de lixiviados, onde, quanto maior for o valor da condutividade elétrica, menor será o vigor das sementes (Moura et al., 2017; Guollo et al., 2017).

Diante disso, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a eficiência de testes bioquímicos na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de rúcula de diferentes estádios de maturação, visando a determinação do ponto ideal de colheita.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA

Eruca vesicaria ssp. *Sativa* é uma planta herbácea pertencente à família Brassicaceae, a mesma da couve, repolho e brócolis. Possui porte baixo, atingindo cerca de 40 cm de altura. Suas folhas são relativamente espessas, de coloração verde-escuro no limbo, com nervuras verde-arroxeadas, podendo ser lisas ou recortadas, a depender da espécie, e chegam a medir cerca de 10 cm de comprimento. Folhas mais desenvolvidas tem sabor mais acentuado. A rúcula hidropônica por sua vez, tem o sabor mais suave que a rúcula cultivada em solo. (LANA; TAVARES. 2010). A rúcula é uma planta anual, alógama, que floresce em formato de espiga, suas flores são hermafroditas de coloração branca, amarela ou violeta. Seus frutos são síliquas do tipo seco, sendo deiscente, que se abre para liberar as sementes quando maduras. A raiz é rasa e pivotante.

2.2 IMPORTÂNCIA

Ultimamente a rúcula tem apresentando crescimento em seu consumo e cultivo, sendo uma das hortaliças folhosas mais populares do Brasil, estando entre as hortaliças mais comercializadas no país, ocupando a 24º posição do ranking, e o quinto lugar entre as folhosas (EMBRAPA/SEBRAE. 2010). No Brasil sua produção e consumo são maiores nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, gerando emprego e renda à agricultura familiar (FILGUEIRA. 2008) A mesma possui grande importância nutricional, sendo rica nas vitaminas A e C, além de possuir sais minerais, principalmente cálcio e ferro (GENUNCIO *et al.*2011). A mesma possui também compostos fenólicos que possuem propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, podendo colaborar na prevenção de algumas doenças, como a diabetes e anemia.

2.3 PRODUÇÃO E QUALIDADE DAS SEMENTES

A qualidade final das hortaliças pode variar, devido a sua e da emergência de plântulas em campo, em função do vigor das sementes. Para as espécies olerícolas as informações sobre o vigor das sementes são ainda mais importantes, pois geralmente as mesmas permanecem armazenadas por um longo período. (RAMOS. *et al.*, 2004).

Os testes de vigor têm sido cada vez mais utilizados nas indústrias de sementes, objetivando à determinação do potencial fisiológico. Os mesmos tem sido usados para controle e garantia da qualidade das sementes a serem comercializadas (PEREIRA. *et al.* 2010).

Contudo, este conceito de qualidade de sementes pode ser muito amplo, devendo ser levado em consideração a qualidade genética, física, fisiológica e sanitária das sementes, para obter êxito na produção (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade genética implica na pureza de determinada variedade, podendo ser garantida pelo cuidado e manejo adequado no campo de produção de sementes, evitando contaminações e mistura de cultivares, de forma que também se garanta a identidade da cultivar, bem como, sua estabilidade e homogeneidade.

Qualidade física por sua vez, é determinada pela uniformidade das sementes, peso, aparência e também pelo grau de umidade que se dá pela quantidade de água que a semente possui, expressa em porcentagem, em função do peso úmido. Ademais, presenças de impurezas no lote podem contribuir para a depreciação da qualidade. As impurezas se dão pela presença de material inerte e sementes de outras variedades.

Já a qualidade fisiológica, é representada pelo desempenho da espécie em campo, levando em consideração a capacidade da semente de germinar e desenvolver plantas normais e sádias. Outrossim, a qualidade sanitária tem a ver com a presença de microrganismos, fungos, bactérias, vírus, nematóides e pragas. Tais patógenos, podem influenciar na conservação e no desempenho da espécie no processo de produção a campo.

2.4 TESTE DE TETRAZÓLIO

O teste de Tetrazólio tem sido um dos mais utilizados para determinação da viabilidade das sementes. Este se compreende em uma avaliação bioquímica, baseada na atividade das enzimas desidrogenases que catalisam as reações respiratórias, presentes nas mitocôndrias, no interior das células vegetais. Assim na respiração celular, há liberação de íons hidrogênio, que reagem com o sal de Tetrazólio (incolor e difusível), formando uma substância de cor vermelha e insolúvel, denominada formazan, delimitando os tecidos vivos da semente (FRANÇA NETO *et al.* 1998).

No teste topográfico de tetrazólio as sementes são embebidas em uma solução incolor de 2, 3, 5 trifenil cloreto ou brometo de tetrazólio que é usada como um indicador para revelar o processo de redução que acontece dentro das células vivas. Neste processo, os íons de H⁺ liberados durante a respiração dos tecidos vivos são transferidos por um grupo de enzimas, particularmente, a desidrogenase do ácido málico, e interagem com o tetrazólio, o qual é reduzido a um composto vermelho, estável e não difusível chamado de trifenil formazan. Como esta reação se processa no interior das células vivas e o composto não se difunde, há nítida separação dos tecidos vivos e coloridos que respiram, daqueles mortos e que não colorem (RAS BRASIL. 2009)

Apesar da sua importância, pela rapidez e precisão na determinação da viabilidade, o teste de tetrazólio tem seu uso ainda restrito a algumas espécies como soja, milho, café e braquiária. Na indústria de sementes de hortaliças, este teste é pouco utilizado pela carência de informações sobre a metodologia mais adequada para as espécies.

2.5 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O teste de condutividade elétrica é utilizado para a avaliação da viabilidade de sementes, pela sua simplicidade e rapidez na metodologia, sendo objetivo, de fácil reprodução e de baixo custo. O princípio deste teste baseia-se na relação entre o vigor e a integridade das membranas celulares das sementes,

pela determinação da quantidade de íons lixiviados na solução de embebição (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

A avaliação pode ser conduzida pelos laboratórios de análise de sementes, com o mínimo de gastos com equipamentos e treinamento de funcionários (HAMPTON; TEKRONY, 1995).

A maioria dos estudos sobre o teste de condutividade elétrica tem sido realizada com espécies de sementes relativamente grandes (ISTA, 1995). Em sementes menores, como as de hortaliças, há necessidade de ajustar a metodologia para se obter informações confiáveis.

2.6 MATURAÇÃO E COLHEITA DAS SEMENTES

No período de maturidade fisiológica da semente, são encontrados os maiores índices de vigor. Quando a semente chega a esse ponto, inicia-se uma deterioração natural. O período de maturação das sementes é variável em função da espécie e das condições climáticas da região de produção, o que exige que os conhecimentos específicos sejam adaptados para as situações locais. (NASCIMENTO, 2005).

Para a rúcula, maturação pode ser desuniforme, tendo discrepância na colaração das síliquis de uma mesma planta. Além disso, a cultura apresenta deiscência em síliquis maduras.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto de Ciências Agrárias, campus da Universidade Federal de Minas Gerais (LAS-ICA/UFMG), no município de Montes Claros, localizado no Norte de Minas Gerais, sob as coordenadas 16°51'38"S e 44°55'00"W, altitude de 678m e segundo Köppen e Geiger a classificação do clima é do tipo Aw, considerado tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso.

Foram produzidas sementes de duas cultivares de sementes de rúcula ('Rúcula folha larga' e 'Cultivada') de diferentes estádios de maturação (Imatura, Intermediária e Madura) oriundas de síliquas em diferentes colorações (verde escuro, verde claro e palha, respectivamente) na Fazenda Experimental Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN – ICA/UFMG). A semeadura foi realizada em maio de 2023. Foi realizada a colheita manual, com critério visual (coloração) para identificação dos estádios de maturação. A trilha também foi manual, sendo realizada logo após a colheita em maio do mesmo ano.

Todos os testes foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em arranjo fatorial 2 x 3 (duas variedades e três estádios de maturação), com quatro repetições com 25 sementes em cada.

Para obtenção do grau de umidade, utilizou-se o método da estufa a 105 °C, durante 24 horas, sendo utilizados recipientes de acrílico com tampa, que foram pesados em balança de precisão de 0,0001g antes de serem colocadas as sementes. As repetições foram colocadas nos recipientes, foi realizada então uma nova pesagem e os mesmos foram levadas a estufa. Após o período de 24 horas o material foi novamente pesado. O grau de umidade foi então expresso em porcentagem. Já para a obtenção de valores de massa seca e úmida, o material foi pesado antes e após a submissão a uma temperatura de 105° C por 24 horas em estufa. Para o peso de mil sementes, quatro repetições de 25 sementes de cada tratamento de cada cultivar, foram pesadas e o peso multiplicado por 40.

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 25 sementes de cada tratamento, em que foram utilizadas caixas gerbox, com duas folhas de papel mata-borrão, que foram embebidas com água destilada. As amostras foram levadas a (BOD-20°C) por 7 dias, sendo realizada a 1° contagem de plântulas normais aos 4 dias e a 2° contagem aos 7 dias.

Para a condutividade elétrica (CE mS/cm.g), foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes de cada tratamento. As sementes foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g e colocadas para embeber em copos plásticos contendo água destilada (25ml), sendo os mesmos mantidos em germinador

durante o período de embebição, por 24h em temperatura de 20°C, constantes. Após esse período, foi aferida a condutividade elétrica.

O teste de tetrazólio foi realizado com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, as quais foram previamente embebidas em 25ml de água, por 24h em temperatura de 20°C e posteriormente as sementes foram retiradas da água, maceradas e colocadas em solução de tetrazólio a 2%, durante 16h. As sementes maceradas foram transferidas para tubos, contendo álcool absoluto 96°, por 8 horas para extração do trifênilformazan. O extrato alcoólico foi vertido em cubeta de acrílico para leitura da absorbância à 500 nm em espectrofotometro UV-Vis.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$), utilizando o software R Studio (versão 4.0.4).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO FÍSICA

Diante da análise estatística, observou-se diferenças estatísticas significativas apenas nos dados de massa fresca e massa seca. Quanto a umidade e ao peso, não houveram diferenças significativas, sendo as médias das duas avaliações consideradas como iguais (tabela 1).

TABELA 1- Valores dos quadrados médios do peso de mil sementes (g), massa fresca e seca(g) e umidade (%) de sementes de duas cultivares de rúcula, oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação, sendo estas imaturas, intermediárias e maduras. Montes Claros, 2024.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		Peso mil sementes	Massa fresca	Massa seca	Umidade
Cultivar	1	267,289*	74,923*	70,666*	6,831*
Maturação	2	22,742*	11,177*	7,703*	0,899
C*M	2	2,227	4,345*	4,594*	1,272
Total	23				

* significância. Teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Quanto ao acúmulo de massa, a cultivar 'Folha larga' se mostrou superior por ter maior acúmulo de massa (tabela 2). Os lotes de sementes maduras (síliqua palha) se mostraram mais pesadas e bem formadas, entretanto, nesse estágio de maturação há maior deiscência da síliqua, o que pode ocasionar perdas significativas.

A cultivar 'Rúcula Folha Larga' foi a de maior destaque, pelo seu acúmulo de massa. A cultivar 'Rúcula Cultivada' por sua vez, apesar de ter menor peso, obteve boa germinação em sementes imaturas (mais leves).

TABELA 2- Valores médios de massa fresca e seca (g) de sementes de duas cultivares de rúcula, oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação, sendo estas imaturas, intermediárias e maduras. Montes Claros, 2024.

CULTIVARES				
MATURAÇÃO	Cultivada	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga
	Massa fresca		Massa seca	
Imatura	0,099 bA	0,129 aB	0,085 bA	0,111 aB
Intermediária	0,114 bA	0,177 aA	0,0926 bA	0,153 aA
Madura	0,110 bA	0,185 aA	0,090 bA	0,159 aA
CV (%)	11,65		13,15	

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

4.2 AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA

Houve diferença significativa no percentual de germinação e primeira contagem de germinação, apenas das sementes imaturas (Tabela 3), sendo essas sementes inferiores nos demais testes de vigor. Vale ressaltar, que pelo teste de condutividade elétrica houve maior diferenciação do nível de vigor de sementes de diferentes cultivares e estádios de maturação (tabela 4). Pôde ser constatado ainda superioridade da cultivar 'Folha Larga', e menor vigor em sementes imaturas.

TABELA 3 - Valores dos quadrados médios da germinação (%), 1º contagem (%), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm},\text{g}$) e absorvância de TZL de sementes de duas cultivares de rúcula, oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação, sendo estas imaturas, intermediárias e maduras. Montes Claros, 2024.

QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	Germinação	1ª Contagem	CE	TZL (absorbância)
Cultivar	1	36,613	48,831	6,468*	6,831
Maturação	2	40,624	75,046	53,344*	0,899*
C*M	2	26,867	33,323	25,997*	1.,272*
Total	23				

* significância. Teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

TABELA 4 - Valores médios de germinação (%) E 1º contagem (%) de sementes de duas cultivares de rúcula, oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação, sendo estas imaturas, intermediárias e maduras. Montes Claros, 2024.

MATURAÇÃO	CULTIVARES			
	Cultivada	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga
	Germinação (%)		1ª Contagem (%)	
Imatura	92 aA	50 bB	87 aB	47 bB
Intermediária	95 aA	97 aA	95 aAB	97 aA
Madura	99 aA	92 aA	99 aA	91 bA
CV (%)	7,25		6,26	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

A cultivar 'Folha Larga' das sementes de maturação intermediária, foi a que apresentou a menor CE (143,655 mS/cm.g), possuindo então, maior vigor, e não diferiu do lote das sementes maduras. Por outro lado, o lote das sementes imaturas da cultivar folha larga, foi o que apresentou o maior valor significativo de CE (1.159,286 mS/cm.g), indicando maior lixiviação do conteúdo celular pela perda da integração de membranas dos tecidos das sementes, portanto menor vigor (tabela 5).

TABELA 5 - Valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm},\text{g}$) de sementes de duas cultivares de rúcula, oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação, sendo estas imaturas, intermediárias e maduras. Montes Claros, 2024.

MATURAÇÃO	CULTIVARES	
	Cultivada	Folha Larga
	CE	
Imatura	484,732 bA	1.159,287 aA
Intermediária	342,452 aA	143,655 bB
Madura	266,412 aA	197,726 aB
CV (%)	30,23	

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* significância. Teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Os resultados da avaliação da condutividade elétrica das sementes de rúcula foram coerentes com os dados obtidos pelos testes de germinação, 1º contagem de germinação, além dos de acúmulo de massa, pelos testes de peso de mil sementes, massa fresca e massa seca de sementes.

Além dos bons resultados de condutividade elétrica, os mesmos se correlacionaram com os testes de germinação e 1º contagem de germinação, evidenciando coerência entre os resultados de vigor.

Em suma, a avaliação das sementes deve ser feita de forma confiável e rápida. Os testes de vigor necessitam de simplicidade e rapidez em sua metodologia, sendo objetivo, de fácil reprodução e de baixo custo. Sendo assim, o teste de condutividade elétrica corresponde a esses requisitos, além de seus resultados terem sido considerados ótimos para a cultura da rúcula.

Para melhor avaliação do vigor, o teste de germinação pode apresentar uma não sensibilidade. Acredita-se que, quanto mais próxima da maturidade fisiológica (ou mais distante da perda do poder germinativo) estiver a variável avaliada, mais sensível será o teste (FESSEL *et al*, 2005). Nesse sentido, como a degradação, o das membranas celulares se constitui, hipoteticamente, no primeiro evento do processo de deterioração (DELOUCHE & BASKIN, 1973), os testes que avaliam a integridade das membranas seriam, teoricamente, os mais sensíveis para estimar o vigor (MARCOS FILHO, 1999).

No método de quantificação do trifenilformazan por espectrofotometria UV-Vis (leitura de absorbância), na avaliação da viabilidade houveram diferenças significativas (Tabela 6). Nas condições testadas (25 sementes maceradas), o teste não foi efetivo, podendo o resultado ter sido o resultado mascarado, por se tratar de uma avaliação em massa, o que pode estar associada à falta de unanimidade entre os testes baseados em sementes de hortaliças. Portanto, é importante que um protocolo padrão que forneça maior clareza em sua metodologia seja estabelecido (EGIDO, *et al*. 2017).

Como o formazan produzido na reação de coloração é insolúvel em água, o teor de umidade das amostras pode afetar a eficiência da extração. (EGIDO, *et al*. 2017)

A escolha do solvente de extração usado deve ser levada em consideração, e o solvente mais comumente utilizado é o etanol (RUF E BRUNNER, 2003 ; SHIMOMURA E HASEBE, 2004 ; GHALY E MAHMOUD, 2007). Não obstante, embora o etanol tenha a menor pressão de vapor, suportando baixa variabilidade durante a espectrofotometria, ele também é menos eficiente na extração de formazan (HARTY *et al.*, 1972 ; ZHAO *et al*. 2010).

TABELA 6- Médias de valores de absorvância do método de quantificação do trifenilformazan por espectrofotometria UV-Vis de sementes de duas cultivares de rúcula, oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação, sendo estas imaturas, intermediárias e maduras. Montes Claros, 2024.

MATURAÇÃO	TZ (absorvância)
Imatura	14,41072 a
Intermediária	16,32430 a
Madura	16,39440 a
<hr/>	
CV (%)	21,37

* significância. Teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

A colheita das sementes por sua vez é um entrave, pois há deiscência das síliquas de coloração palha, e conseqüente perda das sementes, além de ocorrer maturação desuniforme, tendo discrepância na coloração das síliquas. Já no estágio de maturação intermediário, apesar do menor acúmulo de massa, os resultados de sua avaliação de vigor foram ótimos, podendo a colheita das sementes ser antecipada.

5 CONCLUSÕES

A quantificação do formazan (padrão colorimétrico), método de quantificação do trifenílformazan por espectrofotometria UV-Vis é promissora, mas necessita de adequações em sua metodologia, pois o mesmo não foi efetivo nas condições testadas para as sementes de rúcula.

O teste de condutividade elétrica é eficiente na diferenciação do nível de vigor de sementes de rúcula de diferentes cultivares e estádios de maturação.

A colheita das sementes das cultivares 'Cultivada' e 'Folha Larga' pode ser realizada com as síliquas a partir do estágio intermediário de maturação, sem comprometimento da sua germinação e vigor.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, L.A,S; et al. **Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas.** Lavras MG, 2011.
- ALVES, C.Z; SÁ, M.E. **teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 31, nº 1, p.203-215. São Paulo, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook.** East Lansing: AOSA, 1983. 93p.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília DF, 2009.
- CAVAIUOLO, M; FERRANTE, A. **Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads.** Polônia, 2014.
- CERVI, F; MENDONÇA, E.A.F. **Adequação do teste de tetrazólio para sementes de algodoeiro.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 31, nº 1, p.177-186. Cuiabá MT, 2009.
- COPELAND, L.O., McDONALD JR., M.B. **Principles of seed science and technology** New York: McMillan, 1985. 321p.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. **Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots.** Seed Science and Technology, Zurich, v., n.2, p.427-452, 1973.
- DIAS, M.S. **Crescimento da cultura da rúcula sob diferentes substratos e níveis de água salina.** Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, 2018.
- EGIDO, L.P; *et al.* **A Spectrophotometric Assay for Robust Viability Testing of Seed Batches Using 2,3,5-Triphenyl Tetrazolium Chloride: Using *Hordeum vulgare* L. as a Model.** Frontiers in Plant Science, Volume 8. 2017.
- EMBRAPA. **Identificação dos tipos de rúcula comercializados no varejo do Distrito Federal.** Embrapa hortaliças. Brasília DF, 2007.

EMBRAPA/SEBRAE. **Catálogo Brasileiro de Hortaliças: saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no País**. Brasília: EMBRAPA, 59p, 2010.

FESSEL, S. A.; SILVA, L. J. R. da; SADER, R. **Teste de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck)**. Científica, Jaboticabal, v.33, n.1, p.35-41, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.

FRANÇA NETO, J.B. **Testes de tetrazólio para determinação do vigor de sementes**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.8, p.1-7.

FRANK, A. **Efeito das coberturas planas nas concentrações de micronutrientes, metais pesados e nitratos em folhas de rúcula**. *Jornal de Elementologia*. 12 p. Polônia, 2021.

GHALY, A. E; MAHMOUD, N. S. **Effects of tetrazolium chloride concentration, O₂, and cell age on dehydrogenase activity of *Aspergillus niger***. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 136, 207–222. 2007.

GRANGEIRO, L.C; FREITAS, F.C.L; NEGREIROS, M.Z; *et al.* **Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula**. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* Recife, v.6, n.1, p.11-16, 2011.

GUOLLO, K; POSSENTI, J.C; FELIPPI, M; DELQUIQUI, E.M; LOIOLA, T.M. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica**. In: *Colloquium Agrariae*, v.13, n.1, p. 86-92, ago. 2017.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Conductivity test**. In: *Handbook of vigour test methods*. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. p.22- 34.

HARTY, R. L; PALEG, L. G; ASPINALL, D. **Quantitative reduction of triphenyl tetrazolium chloride as a measure of viability in cereal seeds**. *Anim. Prod. Sci.* 12, 517–522. 1972.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods** 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. 116p.

KRZYZANOWSKI, F.C; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes**. Informativo abrates, v.11-n.3. 2001.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. rev. Embrapa Informação Tecnológica. p. 195. Brasília, DF, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor: importância e utilização**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B.(Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p.1.1-1.21.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq. P. 495. Piracicaba SP, 2005.

MARCOS, F.J; KIKUTI, A.L.P. **Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo**. Revista brasileira de sementes. v.28, n.3, p.44-51. Brasília DF, 2006.

MORAIS, M; JANICK, J. **Rúcula: Uma especialidade promissora de vegetais folhosos**. Imprensa ASHS, Alexandria, VA: 418-423. 2002.

MOURA, M.D.C.F., LIMA, L.K.S., SANTOS, C.C., & DUTRA, A.S. **Teste da condutividade elétrica na avaliação fisiológica em sementes de *Vigna unguiculata***. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. 4,p. 714-721, 2017.

NASCIMENTO, W.M, *et al.* **Tecnologia de produção de sementes**. Embrapa hortaliças. 1º edição. p. 79-101, 157-159. Brasília DF, 2011.

NASCIMENTO, W.M. **Produção de sementes de hortaliças para agricultura familiar**. Embrapa, circular técnica 35. Brasília DF, 2005.

OLIVEIRA, F.A *et al.* **Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades**. Revista AgroAmbiente On-line, v. 7, n. 2, p. 170-178, maio-agosto, 2013.

PANOBIANCO, M. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate** 2000. 152f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

QUEIROZ, E. S.S *et al.* **Avaliação de qualidade fisiológica de sementes de algodão através do teste de condutividade elétrica.** Holos Environment. Salvador BA, 2024.

RAMOS, N.P.; FLOR, E.P.O.; MENDONÇA, E.A.F.; MINAMI, K. **Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa L.*).** Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.26, n.1, p.98-103, 2004.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo .** Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

RUF, M; BRUNNER, I. **Vitality of tree fine roots: reevaluation of the tetrazolium test.** Tree Physiol. 23, 257–263. 2003.

SHIMOMURA, N; HASEBE, K. **Estimation of viability of inner bark tissue of *Quercus serrata*, a substrate for log cultivation of Lentinula edodes, using the TTC assay method.** Mycoscience 45, 362–365. 2004.

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; FRANÇA E SILVA, E. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. **Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim – PE.** Irriga, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

SILVA, P.A, et al. **Avaliação de cultivares de rúcula e produção de sementes no sistema orgânico.** Jornal de Ciência de Sementes, v.41, n.4, p.423-430. Brasil, 2019.

SMITH, O. E.; WELCH, N. C.; MCCOY, O. D. **Studies on lettuce seed quality. II. Relationships of seed vigor to emergence, seedling weight and yield.** Journal of the American Society for Horticultural Science, v. 98, n. 3, p. 552-556, 1973.

TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, v.3,n.1, p.10-18, 1978.

TORRES, S.B; PEREIRA, R.A. **Condutividade elétrica em sementes de rúcula.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN. 2010.

TRANI, P.E; FORNASIER, J.B; LISBÃO, R.S. **Cultura da rúcula**. Boletim técnico 146. 8 p. Campinas, 1992.

VAZOLINI, S; NAKAGAWA, J. **Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 27, nº 2, p.151-158. São Paulo, 2004.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.4, p.1-26.

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1333-1338, 2002.

YAMAGUCHI, M. **World vegetables: principles, production, and nutritive value**. Davis, University of California. 226p. California, 1978.

ZHANG, T.; HAMPTON, J.G. Does fungicide seed treatment affect bulk conductivity test results? **Seed Science and Technology**, v.27, n.3, p.1041-1045, 1999.

Zhao, P., Zhu, Y., and Wang, W. **Evaluation and improvement of spectrophotometric assays of TTC reduction: maize (*Zea mays*) embryo as an example**. *Acta Physiol. Plant.* 32, 815–881. 2010.