

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE
POTÁSSIO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE
BRÓCOLIS**

ISABELA CAROLINA SILVA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2020**

ISABELA CAROLINA SILVA

**TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE
POTÁSSIO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE
BRÓCOLIS**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mariana Pina da Silva Berti

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri – GO
2020

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CSI586t	<p>Carolina Silva, Isabela Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de brócolis / Isabela Carolina Silva; orientador Mariana Pina da Silva Berti. -- Ipameri - GO, 2020. 33 p.</p> <p>Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2020.</p> <p>1. Exsudatos. 2. Brassica oleracea. 3. Germinação. I. Pina da Silva Berti, Mariana, orient. II. Título.</p>
---------	---

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “TESTE DE LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE BRÓCOLIS”

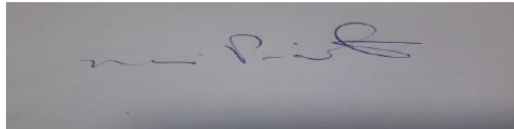
AUTOR(A): Isabela Carolina Silva

ORIENTADOR(A): Mariana Pina da Silva Berti

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Mariana Pina da Silva Berti

Prof. Dr^a. Mariana Pina da Silva Berti (Orientadora)
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO



Prof. Dr. Nei Peixoto
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO

Érica F. Leão Araújo

Prof. Dr^a. Érica Fernandes Leão Araújo
Instituto Federal Goiano/Campus Urutaí-GO

Registro de Declaração	
Número: 048	
Livro: R-01	Folhas: 1A
Data: 27/04/2020	
	

Data da realização: 27 de Abril de 2020



AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Agradeço a minha família por todo o apoio recebido durante esses dois anos, a minha avó Maria Aparecida, as minhas tias Maria Lizia, Lucia e Luzenilda, aos meus tios José e Silvio, aos meus primos Gabriella, Lucas e João Pedro, e a minha irmã Ana Beatriz, muito obrigada.

A todo corpo docente da Universidade, que foram tão importantes não só na minha vida acadêmica e por ensinarem o dom da sabedoria. A minha orientadora Mariana por toda paciência durante a execução deste projeto, e a professora Tatiana Ramos por todo apoio e incentivo desde a graduação.

Aos amigos (as) Anne Martins, Mariana Aguiar, Leidynara Rocha, Amanda Tavares, Danielle Dias, Tayenne Guiomar, Anderson Dias, Fernanda Alvarenga e ao meu namorado João Paulo.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes, por compartilharem momentos de alegrias e superação no decorrer da pós-graduação.

O meu agradecimento àqueles que, mesmo de fora, mas sempre presentes, me quiseram bem e me apoiaram nos bons e nos maus momentos.

Dividam comigo os méritos desta conquista, porque ela também pertence a vocês.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	1
2.1 CONSIDERAÇÃO GERAIS SOBRE A CULTURA.....	1
2.2 AVALIAÇÃO DO VIGOR DAS SEMENTES	1
2.3 LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO	3
3.OBJETIVOS.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	6
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	6
4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	6
4.3.1 TEOR DE ÁGUA (TA).....	6
4.3.2 GERMINAÇÃO (GER)	6
4.3.3 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG)	7
4.3.4 MASSA FRESCA (MFP) E SECA DE PLÂNTULAS (MSP).....	7
4.3.5 COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS (CP)	7
4.3.6 ENVELHECIMENTO ACELERADO	7
4.3.7 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE).....	8
4.3.8 LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO	8
4.4 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	8
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
6. CONCLUSÕES	18
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

RESUMO

A utilização de sementes de qualidade na cadeia produtiva de alimentos, remete a testes rápidos e eficientes que comprovem o vigor das mesmas. O objetivo do trabalho foi determinar as condições para o teste de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de brócolis. Os resultados de teste de germinação das duas cultivares avaliadas classificam as em alto e baixo vigor para Green Storm Bonanza com valores superiores a 90% de todos os lotes avaliados, e a Piracicaba Precoce apresentam valores inferiores a 70%, destacando-se os lotes 2 e 3. O teste de condutividade elétrica apresentou resultados semelhante para as duas cultivares avaliadas, ocorrendo diferença estatística para o período de 24hs, para a cultivar Piracicaba onde o lote 3 apresentou diferença estatística com valor médio $90,82 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, já a cultivar foi Green Storm Bonanza apresentou melhores resultados no mesmo períodos para os lote2 e 3 com valores médios de valores médios de $69,60$ e $59,17 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. A lixiviação de potássio em diferentes períodos a Piracicaba Precoce não houve diferença estatística entre os lotes e os períodos de 4, 6, 8 e 12 hs de avaliação, os lotes apresentaram diferença estatística no período de 24hs, onde o lote 2 foi superior aos demais, com média de $578,88 \text{ ppm K / g}$, seguido de médias de $414,50$ e $306,88 \text{ ppm K / g}$ para os lotes1 e 3 respectivamente. A cultivar Green Storm Bonanza ocorreu baixa liberação de íons das sementes sendo possível a realização da leitura do teste no período de 4 horas, para a Tabela 6 não foi possível realizar a separação dos lotes nos períodos de 4, 6, 8 e 12hs, apenas em 24hs, ocorrendo classificação lote 1 alto $238,34 \text{ ppm K / g}$, lote 2 intermediários $193,07 \text{ ppm K / g}$ e lote 3 baixos $56,44 \text{ ppm K / g}$ vigor. Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio apresentam resultados rápidos e consistentes para a avaliação de vigor de sementes de brócolis, de acordo com os testes realizados a cultivar Green Storm Bonanza apresentam maior vigor de suas sementes quando comparado a cultivar Piracicaba precoce. A condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, em períodos inferiores a 24 horas, são apresentaram opção eficiente para verificar o vigor dos lotes.

Palavras – Chave: Exsudatos, *Brassica oleracea*, germinação.

ABSTRACT

The use of quality seeds in the food production chain, refers to the rapid and efficient tests that make up their vigor. The objective of the work was determined as conditions for the potassium leaching test in the evaluation of the physiological quality of seeds of two cultivars of broccoli. The results of the germination test of two cultivars evaluated classified as high and low vigor for Green Storm Bonanza with values above 90% of all discount lots, and Piracicaba Precoce shows values below 70%, with emphasis on lots 2 and 3. The electrical conductivity test shows similar results for two evaluated cultivars, with a statistical difference for the 24-hour period, for a Piracicaba cultivar where lot 3 shows a statistical difference with an average value of 90.82 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, already grown in Green Storm Bonanza, presents better results in the same period for lot2 and 3 with average values of 69.60 and 59.17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Potassium leaching at different time intervals in Piracicaba did not show a statistical difference between the lots and the periods of 4, 6, 8 and 12 h of evaluation, the lots showed statistical difference in the 24 h period, where lot 2 was superior to other, with an average of 578.88 ppm K / g, followed by media of 414.50 and 306.88 ppm K / g for lots1 and 3, respectively. A Green Storm Bonanza cultivar had a low release of seed icons, making it possible to carry out a 4-hour period test, for Table 6 it was not possible to carry out the selection of lots in the periods of 4, 6, 8 and 12hs, only in 24 hours, occurring classification lot 1 high 238.34 ppm K / g, lot 2 intermediates 193.07 ppm K / g and lot 3 low 56.44 ppm K / g vigor. The electrical conductivity and potassium leaching tests show fast and consistent results for an evaluation of broccoli seed vigor, according to the tests carried out on a Green Storm Bonanza cultivar, which exerts greater vigor on its seeds when used in the early Piracicaba cultivar . Electrical conductivity and potassium leaching, in periods of less than 24 hours, are the efficient option to check the vigor of the lots.

Key-words: Exudates, *Brassica oleracea*, germination

1. INTRODUÇÃO

A cultura do brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) está entre as brássicas de maior importância econômica do agronegócio brasileiro, devido a sua diversidade de utilização na culinária e propriedades nutricionais. A expansão do cultivo de brócolis deve-se pelo seu alto valor nutritivo e propriedades nutraceuticas, fornecendo alta concentração de fibras, vitaminas A, B2 e C, essenciais para a alimentação humana (LALLA et al., 2010).

O cultivo de brócolis tem importância para a agricultura familiar, onde são cultivados em pequenas áreas e próximo aos centros urbanos, chamados de cinturões verdes. Essa hortaliça é comumente cultivada durante o ano todo sendo bastante lucrativa, porém demanda de mão de obra constante para a condução da cultura, principalmente na fase de colheita, que é realizada de forma manual (SILVA et al., 2012; AGUILAR, et al., 2017).

A qualidade da semente utilizada no processo de produção agrícola é um dos principais fatores a ser considerado para a implantação da cultura, e o vigor das sementes apresenta grande importância durante o estabelecimento da cultura e deve ser avaliado pelos diferentes métodos de avaliação já pré-estabelecidos (HOFS et al., 2004, KOLCHINSKI et al., 2006; ALVES; SÁ, 2010).

O mercado de produção sementes hortícolas vêm conquistando importância no espaço nacional, por visar produtos de excelente qualidade. Muitas das vezes a qualidade está correlacionada com o alto custo de produção que é associado a seus componentes genéticos e práticas de manejo mais eficientes.

São aspectos importantes na produção de sementes, que determinam a qualidade das mesmas como às condições de ambiente predominante nas fases de florescimento, frutificação e a colheita de sementes na época adequada (DIAS; NASCIMENTO, 2009). Semente de alta qualidade é um investimento que influencia no estabelecimento das lavouras, e se traduz em retornos financeiros para o agricultor (MARCOS FILHO, 2005).

O desenvolvimento de procedimentos eficazes para a avaliação de qualidade fisiológica das sementes hortícolas são importantes para aumentar a adesão de sementes certificadas pelos produtores agrícolas (KIKUTI et al., 2008). O teste de germinação tem grande importância para avaliar o potencial fisiológico de sementes das mais variadas espécies, porém não refletem o comportamento das sementes em campo, já que é realizado em laboratório em condições ideais de temperatura e umidade (NUNES et al., 2017).

A utilização de testes de vigor tem como objetivo complementar as informações do teste de germinação e proporcionar resultados rápidos e confiáveis, além de auxiliar a identificação das características avaliadas e o comportamento das sementes (BAALBAKI et al., 2009; BITTENCOURT et al., 2012). Os testes que são comumente utilizados para

corroborar com o teste de germinação são, condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, sendo que ambos tem como produto de avaliação a lixiviação de exsudatos provenientes da solução de embebição de sementes, em função de tempo pré-estabelecido (BINOTTI et al. 2008; NUNES et al., 2017). No processo de lixiviação de solutos, o íon de potássio apresenta na solução em grande concentração sendo possível realizar a quantificação e determinar o vigor das sementes. A quantificação de potássio é influenciada pelos períodos de embebição das sementes afim de obter resultados rápidos e consistentes (PONCE et al., 2019).

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio ao avaliarem períodos de embebições diferentes, devem ser estudados os ajustes de metodologias buscando contribuir com o desenvolvimento de protocolos rápidos e confiáveis para várias espécies hortícolas, justificando a condução de trabalhos com as espécies.

A determinação do potássio lixiviado durante a imersão das sementes tem se mostrado como uma alternativa promissora para a obtenção de informações rápidas sobre a qualidade fisiológica das sementes. Sendo assim, o aperfeiçoamento da metodologia de lixiviação de potássio para a avaliação do potencial fisiológico de sementes deve ser priorizado, devido à grande necessidade de testes rápidos, reproduzíveis e de fácil execução para um programa de controle da qualidade de sementes (BARBIERI et al., 2012).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSIDERAÇÃO GERAIS SOBRE A CULTURA

O gênero *Brassica* pertence à família Brassicaceae e possui diversas espécies botânicas de importância agrícola e econômica, dentro dessa família três espécies tem grande importância econômica: repolho, couve-flor e brócolis (MAGRO, 2009; TREVISAN, 2013).

O brócolis é uma planta anual, herbácea, com sistema radicular pivotante, caule ereto, folhas simples, grandes, de coloração verde ou verde azulada, em disposição alternada e espiralada e diferencia uma “cabeça” no seu ápice, formada por floretes denominados de pedúnculos florais que são emitidos na porção final do caule (TREVISAN, 2013).

O centro de origem do brócolis é nas Ilhas do Mediterrâneo, porém difundiu-se pela Europa no século XIX quando se iniciou o seu cultivo. No continente Americano foi introduzido nos anos de 1920, pelos imigrantes italianos, e é considerada a olerácea de introdução mais recente no Brasil, onde melhor se adaptou as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste (SCHIAVON et al., 2015; SILVEIRA et al., 2016).

O cultivo de brócolis no Brasil é composto por dois grupos distintos quanto aos hábitos de crescimento, que são os tipos de cabeça única e ramoso. O grupo cabeça única possuem dominância apical, formando apenas uma cabeça grande e central, por isso na denominação do grupo, os genótipos desse grupo são híbridos e importados, a colheita desse grupo é realizada em períodos mais curtos, devido a falta de pesquisas voltadas para novos materiais genéticos com tolerância ao calor (TREVISAN, 2013). O grupo ramoso possui uma cabeça central de menor diâmetro, e grande emissão de brotos laterais que são conhecidos por pequenas inflorescências, e possibilita colheita por períodos de até dois meses. É líder de mercado in natura e vem ganhando espaço no mercado, contudo foi desenvolvida originalmente para industrialização (LALLA et al., 2010).

2.2 AVALIAÇÃO DO VIGOR DAS SEMENTES

O mercado de insumos agrícolas tem crescido juntamente com o aumento do desempenho dos cultivos, quando se refere ao aumento de produtividade, logo remete-se a sementes de elevada qualidade fisiológica e alto vigor. O desenvolvimento de plantas adaptadas as diversas condições climáticas é o que impulsiona esse crescimento (CATÃO; CAIXETA, 2017). O desempenho e uniformidade de emergência de plântulas são decisivos para a obtenção de altas produtividades (DOURADINHO et al., 2015).

Os processos de avaliações de vigor de sementes têm se tornado rápidos e eficazes, e demonstrado resultados sólidos, e esses novos processos avaliam a atividade enzimática, respiratória e a permeabilidade das membranas, e conseqüentemente a liberação de solutos durante os processos de embebição. Existem dois testes que podem se enquadrar na categoria de testes rápidos e eficazes são condutividade elétrica e lixiviação de potássio (BARROS; MARCOS-FILHO, 1997; SOUZA et al., 2014).

A utilização de semente com alto vigor é um dos fatores determinantes para o estabelecimento e o bom desenvolvimento da cultura. A qualidade das sementes é analisada através de testes que seguem padrão rígido estabelecidos pela Regra de Análise de Sementes – RAS. Os testes de qualidade fisiológica de sementes são realizados rotineiramente sob condições climáticas favoráveis através do teste de germinação, o que pode superestimar o desempenho das mesmas a campo (BRASIL, 2009).

Os sistemas de produção agrícolas intensivos vêm contribuindo para o desenvolvimento de técnicas eficazes e curto intervalo de tempo. A eficiência dos sistemas de produção é relacionada ao mercado de sementes, destacando as técnicas desenvolvidas por pesquisadores para avaliar o vigor das sementes, várias pesquisas têm mostrado que sementes de qualidade apresentam plantas inferiores (HÖFS et al., 2004; KOLCHINSKI et al., 2006; ALVES et al., 2010).

As análises de vigor das sementes são utilizadas para diferenciação dos níveis de vigor entre lotes de sementes são avaliados atributos físicos, biológicos fisiológico das sementes. realizadas por inúmeros testes, se destacando a germinação, sendo fundamental para a avaliação do potencial fisiológico das sementes.

A germinação pode ser realizada em laboratório com condições controladas e também em condições de campo onde não é possível superestimar o desempenho das sementes. Os testes de análises de vigor são complementares aos resultados obtidos no teste de germinação, como é o caso da condutividade elétrica e lixiviação de potássio (MARCOS FILHO 1999; KIKUTI et al., 2008), que auxiliam na tomada de decisão de aumentar a eficiência do controle de qualidade das sementes (BITTENCOURT et al., 2012).

O emprego de testes que avaliem o potencial fisiológico das sementes são uma das ferramentas utilizadas pela tecnologia de sementes afim de obter resultados que expressem o desempenho dos lotes a serem comercializados e reduzam riscos com sementes de baixa qualidade em campo (BITTENCOURT et al., 2012).

2.3 CONDUTIVIDADE ELETRICA

A condutividade elétrica é um dos testes que avalia as alterações bioquímica das sementes, teste rápido e eficiente para a determinação de vigor das sementes, e de fácil execução e análises dos dados. Trata-se de um teste simples, de baixo custo, objetivo e rápido, no qual os resultados são divulgados em 24 horas (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

O processo da condutividade elétrica baseia-se da deterioração das membranas das sementes, o processo de embebição das sementes ocasiona a liberação de eletrólitos em meio líquido devido a perda da integridade das membranas e posteriormente a lixiviação de eletrólitos. A quantificação de eletrólitos é realizada durante a reestruturação das membranas, maiores valores de condutividade elétrica caracterizam lotes de menor vigor e consequentemente menor velocidade de estruturação das membranas (PONCE et al., 2019).

Os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser influenciados pelo o genótipo, o número de sementes da amostra, a temperatura e o período de embebição. Esses fatores são os alvos da pesquisa na busca de resultados mais consistentes, principalmente a temperatura e o período de embebição, considerados fatores de extrema importância (CARVALHO et al., 2009; CATÃO e CAIXETA, 2019).

2.4 LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO

A lixiviação de potássio é um importante método de avaliação do potencial fisiológico de sementes, como é o caso de amendoim (KIKUTI et al., 2008), couve-flor (KIKUTI et al., 2006), triticale (STEINER et al., 2011), rúcula (ALVES; SÁ, 2010), arroz (BARBIERI et al., 2011), trigo (DOURADINHO et al., 2015), *Mimosa caesalpinifolia* (AVELINO et al., 2018), milho pipoca (CATÃO et al., 2019). No entanto, dados referentes ao uso do teste de lixiviação de K em sementes de brócolis são incipientes.

Teste de lixiviação de potássio vem ganhando destaque como alternativa para avaliar o vigor de sementes, sendo este semelhante a condutividade elétrica. Este teste avalia a quantidade total de íons de potássio que são liberados durante a embebição, e tem como vantagem avaliar um íon específico, permitindo obter informações sobre o potencial fisiológico dos lotes com maior rapidez e agilidade, sendo o potássio, o único íon liberado, e está relacionado com a integridade das membranas celulares já que são essas responsáveis pela liberação dos íons (DIAS; MARCOS FILHO, 1995).

O teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio são baseados no mesmo princípio de avaliar a permeabilidade da membrana celular o que diferem os testes é o parâmetro analisado. O teste de condutividade elétrica é baseado na quantificação de íons liberados durante a embebição, já lixiviação de potássio é realizada através da quantificação do íon de potássio (K^+), sementes com maior vigor tem maior velocidade de estruturação das

membranas quando submersas em água, o que resulta em menor liberação de exsudatos da célula e menor liberação do íon (MARCOS-FILHO, 2015). O teste requer períodos de embebição de uma a duas horas para obter resultados, e pode ser influenciado pelo volume de água, teor de água nas sementes, tempo e período de embebição, sendo necessária a adequação do teste para cada espécie para se obter resultados confiáveis (MARCOS-FILHO, 2015; CATÃO et al., 2019).

Dentre os lixiviados liberados na solução estão açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons orgânicos K^+ , Ca^{+++} , Mg^{+++} e Na^+ (KIKUTI et al., 2008). O íon de potássio apresenta maior concentração e permeabilidade das células vegetais, além de desempenhar papéis importantes na regulação do potencial osmótico, e ativar enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2009; BARBIERI et al., 2012).

A elevada lixiviação de solutos das sementes é o principal resultado da redução do vigor das sementes de um determinado lote, podem ser influenciados pela deterioração e por danos de embebição, os quais interagem entre si, sementes deterioradas são mais susceptíveis aos danos de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (MATTHEWS e POWELL, 2006; BARBIERI et al., 2012).

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar diferentes períodos de embebição 4, 6, 8, 12 e 24horas para a realização de condutividade elétrica e teste de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de brócolis.

3.2 Objetivo específico

Obter informações que permitam o aperfeiçoamento do teste de lixiviação de potássio e condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de brócolis e verificar a eficiência destes testes para determinação da qualidade fisiológica de sementes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do Experimento

O experimento foi realizado no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Goiás, no município de Ipameri - Sudeste de Goiás, localizado a 17°43' de latitude sul e longitude oeste de 48°08' com altitude média de 781 m (SANTOS, 2013).

4.2 Delineamento Experimental

O experimento foi de blocos inteiramente casualizados (D.I.C.), na caracterização inicial foram analisados em esquema fatorial 2 x 3 com 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram compostos da combinação de cultivares (Green Storm Bonanza e Piracicaba Precoce) versus lotes para cada cultivar. A caracterização de lotes ocorreu em esquema fatorial 3 x 5, com 4 repetições, tratamentos foram compostos por lotes das cultivares no períodos de tempo de 4, 6, 8, 12 e 24 horas de embebição das sementes.

4.3 Caracterização inicial

Após a aquisição de sementes de brócolis foram realizadas as seguintes avaliações para determinar a qualidade fisiológicas dos lotes: teor de água, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas, massa fresca e seca de plântulas e envelhecimento acelerado dessas análises. Mediante a comprovação da diferenciação dos lotes foram analisados o vigor das sementes através dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e lixiviação de K (ppm K/g de semente).

4.3.1 Teor de Água (TA)

Foi realizado através do método da estufa, durante 24 horas, a 105 \pm 3 °C, de acordo com as normas estabelecidas pela RAS - Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e foram utilizadas duas sub-amostras com 1,0 g de sementes para cada lote.

4.3.2 Germinação (G)

Foram utilizadas 200 sementes em quatro repetições com 50 sementes cada (BRASIL, 2009). Os recipientes utilizados foram caixas de germinação de acrílico, o substrato utilizado foi o papel de filtro, tipo “mata borrão”, uma folha no fundo de cada caixa. Foi utilizado uma folha de papel filtro para cada caixa de acrílico, o mesmo foi pesado e umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram

colocadas em Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) e mantidas sob temperatura de 20° C constante.

Foram realizadas duas contagens, a primeira no quinto dia e a segunda no décimo dia, computando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem plântulas normais.

4.3.3 Índice de Velocidade e Germinação (IVG)

Foram realizados contagens diárias do número de plântulas emergidas, com parte aérea formada, até a estabilização da emergência. Foram calculados pela fórmula proposta por MAGUIRE (1962):

$$IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$$

Onde: IVE = índice de velocidade de emergência.

E1, E2,... En = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem.

N1, N2,... Nn = número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem

4.3.4 Massa Fresca (MFP) e Seca de Plântulas (MSP)

Foram realizados ao décimo dia, onde ocorreu a pesagem das plântulas normais das sub-amostras, para determinar a Massa Fresca das Plântulas, em seguida as amostras foram colocadas em estufa de circulação constante a 60°C por 12 hs, até obter massa constante e assim determinar Massa Seca das Plântulas, os resultados foram expressos em mg/plântula⁻¹.

4.3.5 Comprimento De Plântulas (CP)

As plântulas normais foram medidas no décimo dia, com o auxílio de régua graduada, os resultados foram expressos em centímetros (cm).

4.3.6 Envelhecimento Acelerado

Foi realizado com a utilização de caixas plásticas de acrílico, contendo 40 mL de água e tela de alumínio. As sementes foram pesadas (4,0 g), e distribuídas formando uma única camada uniforme. As caixas foram mantidas em câmara do tipo BOD, a 42 °C durante 72h. Decorrido o período de envelhecimento, quatro subamostras de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação (GER), teor de água (TA), comprimento de plântula (CP), índice de velocidade de germinação (IVG), massa fresca e seca de plântulas (MFP - MSP) seguindo metodologia descrita anteriormente (MARCOS FILHO, 1999b; TUNES et al., 2012).

4.3.7 Condutividade Elétrica (CE)

Foram avaliados os efeitos dos períodos de (4, 6, 8, 12 e 24 h) com o volume de sementes e água de (25/50 ml) conduzido com quatro repetições de 25 sementes para cada lote, para as quais foram determinadas a massa em balança com precisão de 0,001 g. As sementes foram armazenadas em copos plásticos com 50 ml de água destilada e deionizada, mantidos em germinador a 20 °C. A determinação utilizou um condutímetro marca Digimed, modelo CD-21. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes (KIKUTI, 2006).

4.3.8 Lixiviação de Potássio

Foram estudados os efeitos dos períodos de embebição de (4, 6, 8, 12 e 24 hs), com volume de água destilada de 50 mL, com quantidade de 25 sementes, com quatro repetições e temperatura de embebição (20 °C). O teste conduzido utilizou-se quatro subamostras de 25 sementes previamente pesadas (precisão de 0,0001 g), colocadas em copos plásticos contendo água destilada e mantidas em germinador durante cada período e temperaturas previstas para a embebição (KIKUTI, 2006).

As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro de chama modelo SavantAA GBC. Para o cálculo da lixiviação de potássio foram multiplicados a leitura obtida no fotômetro de pelo volume de água destilada utilizado (ml), ($K \cdot \text{ml}$) e dividido pela massa da amostra (g). O resultado final foi expresso em ppm K/g de semente. (ALVES e SÁ, 2010).

4.4 Procedimentos Estatísticos

Para o estudo de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5 (lotes e períodos de embebição), com quatro repetições, e os dados de caracterização fisiológica inicial foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste ScottKnott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas através o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à avaliação dos atributos da caracterização inicial dos lotes de sementes de brócolis podem ser observados nas Tabelas 1 e 2. Os resultados foram significativos entre as cultivares analisadas, para germinação, índice de velocidade de germinação, massa fresca e seca de plântulas (Tabela 1 e 2).

O teor de água das sementes na avaliação de caracterização inicial, a cultivar Piracicaba Precoce variou 3,45 e 3,95% não havendo diferença estatística entre os lotes, apresentando variação entre os lotes de 0,50 pontos percentuais. Ao analisar a germinação dos lotes analisados diferem estatisticamente entre si, contudo apresentam valores inferiores a 70%, destacando-se os lotes 2 e 3, que apresentaram médias 66,50 e 67,00%, indicando viabilidade distinta entres os lotes (Tabela 1).

O teor de água a cultivar Green Storm Bonanza variou entre 7,37 e 9,02%, observando diferença estatística significativa para o lote 2, com variação de 1,64 pontos percentuais entre os lotes de maior e menor teor de água. A germinação não houve diferença estatística entre os lotes avaliados, com valores superiores a 90% (Tabela 2).

O parâmetro analisado não interferiu nos resultados de testes de vigor avaliados, pois diferenças inferiores a 2 a 4% não afetam os resultados de teste de vigor, teste de teor de água superiores são considerados excessivos e requerem a necessidade de repetição do teste (MARCOS FILHO 2015). Este fato é importante na execução dos testes, considerando-se que a uniformização do teor de água das sementes é imprescindível para a uniformidade das avaliações e a obtenção de resultados consistentes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Tabela 1. Caracterização fisiológica inicial de lotes de Piracicaba Precoce, para teor de água (TA), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento (CP), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de plântulas.

	TA	GER	IVG	CP	MFP	MSP
			%		mg plântula ⁻¹	
Piracicaba Precoce						
Lote 1	3,45 a	47,00 b	3,27 b	4,15 a	1,28 b	0,95 b
Lote 2	3,54 a	67,00 a	5,50 a	5,98 a	1,57 b	1,16 b
Lote 3	3,95 a	66,50 a	5,79 a	6,57 a	2,05 a	1,65 a
CV (%)	16,13	16,76	23,35	24,66	12,78	14,54

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Tabela 2. Caracterização fisiológica inicial de lotes de Green Storm Bonanza, para teor de água (TA), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento (CP), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de plântulas.

	TA	GER	IVG	CP	MFP	MSP
	%				mg plântula ⁻¹	
Green Storm Bonanza						
Lote 1	8,02 a	94,00 a	15,68 b	8,06 a	0,44 b	0,08 a
Lote 2	9,02 a	92,00 a	15,20 b	9,93 a	0,89 a	0,07 a
Lote 3	7,37 a	98,00 a	21,65 a	10,62 a	1,11 a	0,09 a
CV (%)	10,60	4,45	11,02	30,01	19,99	12,92

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Resultados com elevado percentual de germinação não significam que as cultivares e lotes avaliados possuem alto vigor, já que o ensaio é conduzido sob condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ao lote expressar o máximo seu potencial fisiológico (PONCE et al., 2019). Essas características são importantes para a confiabilidade dos resultados do presente trabalho, pois os testes de vigor devem ser capazes de detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes, principalmente dos que possuem poder germinativo semelhante (MARTINS; SILVA, 2005; COIMBRA et al., 2009; DOURADINHO et al., 2015). A porcentagem mínima para a comercialização de sementes de brócolis são 70%, (BRASIL, 2013), superior ao encontrado no presente trabalho para a cultivar Piracicaba precoce.

A diferenciação de desempenho de germinação de cultivares também foi obtido por Alves e Sá (2010) ao avaliar o desempenho de duas cultivares de rúcula (Cultivada x Gigante), onde os resultados foram inferiores, semelhantes a presente trabalho para a cultivar Piracicaba Precoce. Ensaio de germinação conduzidos sob condições controladas não traduzem o alto vigor dos lotes e expressem o potencial de produzir plântulas normais (GUEDES et al., 2009).

Sob condução de envelhecimento acelerado (EA) o teor de água das sementes após a incubação para o teste de envelhecimento acelerado, a cultivar Piracicaba Precoce variou 16,87 e 7,35% havendo diferença estatística significativas entre os lotes destacando com maiores médias os lotes 1 e 2, apresentando variação entre os lotes de 9,52 pontos percentuais. Ao analisar GER foi insatisfatória com médias de 3,75 a 7,75%, inferiores aos valores mínimos estabelecidos para a comercialização de sementes de brócolis. Os resultados obtidos para CP, MFP e MSP não apresentaram diferenciação entre os lotes analisados, para a variável IVG é possível observar diferença estatística para o lote 3 (Tabela 3).

Sementes submetidas ao envelhecimento acelerado utilizando o método tradicional com água destilada ao se avaliar o teor de água obtiveram maior concentração que aquelas submetidas aos métodos alterados, isso deve-se a porcentagem de umidade relativa de ar em contato com as sementes avaliadas. Ao avaliar o teor de água de sementes de couve-brócolis e repolho por períodos de 48, 72 e 96hs foi possível verificar variações acima de 5 pontos percentuais entre lotes (COSTA et al., 2008). Resultados de variação de teor de água semelhantes ao do presente trabalho Tabela 3 e 4.

Tabela 3. Caracterização fisiológica de lotes de Piracicaba Precoce, submetidas ao envelhecimento acelerado (EA) para teor de água (TA), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento (CP), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de plântulas.

EA	TA	GER	IVG	CP	MFP	MSP
	%			mg plântula ⁻¹		
Piracicaba Precoce						
Lote 1	16,87 a	3,75 a	0,07 b	5,99 a	0,13 a	0,02 a
Lote 2	15,10 a	7,75 a	0,29 b	6,93 a	0,13 a	0,02 a
Lote 3	7,35 b	6,75 a	2,18 a	6,77 a	0,29 a	0,01 a
CV (%)	18,28	68,05	81,18	27,56	132,65	46,28

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

A cultivar Green Storm Bonanza ao analisar o TA variou entre 88,61 e 91,91%, não havendo diferença estatística entre os lotes, com variação de 3,30 pontos percentuais entre os lotes de maior e menor teor de água. A variável de GER conduzida em EA apresentou médias entre 72,50 e 90,00%, havendo diferença estatística entre os lotes avaliados, sendo os lotes 2 e 3 com maiores médias de germinação, apresentando valores superiores aos mínimos de comercialização de semente de brócolis (Tabela 4).

Ao analisar o percentual de germinação de diferentes lotes de couve-brócolis submetido a diferentes períodos de imersão em água destilada, foi observado que a 96hs a porcentagem de germinação variou de 45 a 3%, e em período 48hs os lotes avaliados apresentaram diferença estatística entre eles, variando de 79 a 34% Costa et al., (2008), resultados semelhantes aos apresentados nas Tabela 3 e 4.

Tabela 4. Caracterização fisiológica de lotes de Green Storm Bonanza, submetidas ao envelhecimento acelerado (EA) para teor de água (TA), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento (CP), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de plântulas.

EA	TA	GER	IVG	CP	MFP	MSP
	%			mg plântula ⁻¹		
Green Storm Bonanza						
Lote 1	88,61 a	72,50 b	6,72 b	7,04 b	0,55 a	0,06 a
Lote 2	89,61 a	86,50 a	8,86 b	6,95 b	0,55 a	0,05 a
Lote 3	91,91 a	90,00 a	13,56 a	9,51 a	0,58 a	0,08 a
CV (%)	2,12	10,82	18,85	18,93	29,11	43,21

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Os resultados do envelhecimento acelerado para teste de teor de água corroboram com os encontrados por Tunes et al., (2012) ao analisar sementes de arroz atingiram teores mais elevados e com maiores variações, diferindo em 9,4 pontos percentuais no período de embebição de 24hs, a absorção de maior percentual de água quando comparada as metodologias com utilização de soluções não saturadas e saturadas NaCl. Sementes de azevém ao apresentarem teores de água baixos diferindo entre os lotes em 1,92 pontos percentuais, apresentam maior confiabilidade dos resultados nos testes de qualidade fisiológica (TUNES et al., 2011), semelhantes ao presente trabalho.

O processo de envelhecimento acelerado em sementes ocasiona danos irreversíveis provocados pela ação de radicais livres nos processos respiratórios e de reações deletérias dos constituintes celulares que ocorrem em condições de altas temperaturas, conseqüentemente provocando danos ao processo germinativo das sementes (SANTOS et al., 2017).

Segundo Barbosa et al. (2011), o envelhecimento acelerado ocasiona a redução do vigor das sementes, fato esse verificado para cultivar Piracicaba Precoce (Tabela 3).

Longos períodos de análise de envelhecimento acelerado constataram que o estresse provocado pelo teste por período maior ou igual a 24h ocasionou redução expressiva da germinação, resultados semelhantes a este trabalho também foram obtidos por, Pedrosa et al., (2010), Tunes et al., (2011a) e Tunes et al., (2012b) em sementes trigo, azevém e arroz.

A condutividade elétrica é um dos parâmetros de vigor de sementes, que avalia o desempenho dos lotes das sementes com diferentes períodos de imersão das mesmas, os resultados desse teste são rápidos e precisos (Tabela 5 e 6).

A cultivar Piracicaba Precoce até o período até 12 horas não apresentou diferença estatística entre os lotes, já no período de avaliação de 24 hs o lote 3 apresentou diferença estatística com valor médio 90,82 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ foi superior aos demais no mesmo período, sendo possível estratificar os lotes 1 e 2 como baixo, e lote 3 com alto. Quando se avaliou o desempenho dos lotes dentro de cada período de embebição é possível observar os lotes 1 e 2 apresentaram diferença estatística entre os períodos, sendo os períodos de 12 e 24hs, porém

valores de devem ser baixo, visando o melhor desempenho dos lotes. sendo assim o lote 1 para períodos de 6 e 8hs, lote 2 com 4 e 8hs e lote 3 para os períodos de 4, 8, 12 e 24hs de avaliação, podendo então recomendar o período de 8 horas como o ideal para avaliar vigor de sementes de brócolis, com valores médios de 79,15, 87,13 e 73,30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, no entanto não houve estratificação dos lotes 1 e 2 respectivamente, para o lote 3 onde não houve diferença estatística entre os períodos de embebição (Tabela 5).

Ao avaliar condutividade elétrica da cultivar Piracicaba precoce em diferentes períodos de 4, 6, 8, 12 e 24horas é possível observar que ocorreu maior liberação de íons das sementes no decorrer da embebição, ocorrendo a separação dos lotes no período de 24 horas, porem sendo possível a realização das leituras com 8 horas de imersão.

Tabela 5. Resultados de teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de três lotes de brócolis Piracicaba Precoce.

	Período de embebição (h)				
	4	6	8	12	24
Lote 1	126,64 bA	95,36 bA	79,15 bA	140,62 bA	368,83 aA
Lote 2	96,22 bA	123,65 bA	87,13 bA	159,48 bA	393,34 aA
Lote 3	86,31 aA	105,77 aA	73,30 aA	58,91 aA	90,82 aB
CV (%)	85,51				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Barbosa et al., (2012) ao avaliar duas cultivares de amendoim e diferente percentuais de hidratação das sementes, apresentou resultados de condutividade variando de 14,7 e 10,9 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, não constatou diferença significativa entre os lotes. Sementes hidratadas apresentam maior reorganização das membranas celulares, reduzindo a permeabilidade e lixiviação de solutos. No processo de lixiviação de íon é possível quantificar o ion liberado ao meio e assim determinar o vigor das sementes, baixos teores resultam sementes de alto vigor (PONCE et al., 2019).

Ao avaliar o desempenho da cultivar Green Storm Bonanza no teste de condutividade elétrica (Tabela 6), até o período de 12hs não houve diferença estatística entre os lotes, resultado semelhante ao da Tabela 5, já no período de 24hs o lote 2 foi superior aos demais. Ao analisar os lotes dentro de cada período de embebição é possível notar que houve diferença estatística entre eles, obtendo os lotes 1 e 3 melhores medias no período de 24hs, e o lote 2 os períodos não diferem entre si. O teste de condutividade utilizando período de 24 hs não foi possível realizar a estratificação dos lotes.

Os valores baixos de condutividade refletem em alto vigor das sementes avaliadas, é possível verificar o vigor das sementes no teste de germinação (Tabela 2 e 6), já as sementes

que apresentaram alta liberação de íons no processo de imersão tem baixo potencial germinativo (Tabela 1 e 5).

Tabela 6. Resultados de teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de três lotes de brócolis Green Storm Bonanza.

	Período de embebição (h)				
	4	6	8	12	24
Lote 1	12,35 cA	26,31 bA	29,53 bA	34,75 bA	50,74 aB
Lote 2	14,97 aA	23,46 aA	26,19 aA	34,60 aA	69,60 aA
Lote 3	11,81 cA	22,05 cA	23,29 cA	37,68 bA	59,17 aB
CV (%)	30,40				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 é possível verificar que a cultivar Piracicaba precoce apresentou menores percentuais de germinação (Tabela 1), e conseqüentemente maiores resultados de lixiviação de solutos no teste de vigor de condutividade elétrica para todos os lotes e tempos avaliados. A cultivar Green Storm Bonanza obteve maiores percentuais de germinação e, contudo, menores medias de condutividade, corroborando com os resultados obtidos por Barbosa et al., (2012), ao avaliar sementes com baixo teor de água observou aumento nos valores de condutividade elétrica, isso se deve ao processo de reorganização das membranas celulares devido aos períodos de imersão das sementes e conseqüentemente redução de lixiviados, devido ao estado das membranas. O processo de imersão de sementes pode ocasionar danos as sementes devido a velocidade de penetração da água no interior pelo potencial hídrico das sementes com o meio. Quando ocorre a entrada de água na semente de forma rápida ocasiona a ruptura das membranas liberando grande quantidade de solutos (SILVA e VILELA, 2011).

O processo de imersão das sementes em água ocasiona a reestruturação do sistema de membranas celulares diminuindo a permeabilidade e conseqüentemente a liberação de exudados, baixos resultados de condutividade proporcionou maior qualidade em sementes de girassol, esses resultados são semelhantes ao encontrados por (ABREU et al., 2011). Barbosa et al., (2010) relatam que as adequações de umidade de sementes para avaliação de condutividade elétrica podem superestimar os resultados, não sendo indicado como único parâmetro para expressar com confiança o padrão de germinação e vigor para lotes de sementes.

Observou-se, aumento no valor de condutividade (CE) e conseqüentemente os eletrólitos lixiviados com o aumento do período de embebição é esperado para todas as espécies de acordo com a hidratação das sementes, o mesmo foi obtido (Tabela 7 e 8),

resultados semelhantes aos se avaliar diferentes períodos, volume de água e quantidade de sementes durante o processo de embebição encontrados por Torres e Pereira (2010), para sementes de rúcula, Torres et al., (2015) para sementes de coentro.

Os resultados obtidos para análise de condutividade elétrica e lixiviação de potássio decorrente aos avanços dos períodos de imersão das sementes de brócolis para são semelhantes aos encontrados em sementes de trigo sarraceno (PONCE et al., 2019).

O parâmetro de lixiviação de potássio é um dos testes para se avaliar o vigor das sementes, os períodos de 12 e 24hs apresentaram diferença para o lote 2, com médias de 456,31 e 578,88 ppm K / g. Os lotes 1 e 3 não apresentaram diferenças significativas ao se analisar os lotes nos períodos de imersão e leitura do íon analisado. (Tabela 7).

Tabela 7. Dados médios obtidos para a lixiviação de potássio (ppm K / g) de três lotes de brócolis Piracicaba Precoce.

	Período de embebição (h)				
	4	6	8	12	24
Lote 1	266,40 aA	279,10 aA	324,29 aA	347,03 aB	414,50 aB
Lote 2	387,51 bA	332,59 bA	372,03 bA	456,31 bA	578,98 aA
Lote 3	342,76 aA	318,67 aA	299,24 aA	286,48 aB	306,88 aB
CV (%)	25,06				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A cultivar Piracicaba Precoce estratificou os lotes em dois níveis de vigor no período de 24horas, os lotes 1e 3 como baixo e lote 2 de alto vigor.

Os dados de lixiviação de potássio no periodo de 24hs foi possível estratificar os lotes avaliados, lote 1 baixo 238,34 ppm K / g, lote 2 intermediários 193,07 ppm K / g e lote 3 alto 56,44 ppm K / g vigor. Ao se avaliar os lotes dentro dos períodos de imersão ocorreu diferença estatística, os lotes 1 e 2 tiveram as maiores medias no período de 24hs, e o lote 3 nos períodos de 12 e 24hs (Tabela 8).

Tabela 8. Dados médios obtidos para a lixiviação de potássio (ppm K / g) de três lotes de brócolis Green Storm Bonanza.

	Período de embebição (h)				
	4	6	8	12	24
Lote 1	0,00 cA	33,28 bA	65,54 bA	51,15 bA	238,34 aA
Lote 2	0,00 bA	0,00 bA	44,52 bA	31,36 bA	193,07 aB
Lote 3	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bB	31,19 aA	56,44 aC
CV (%)	30,21				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha indicam que não há diferença significativa entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Teste de vigor para ser considerado eficiente deve proporcionar uma classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor (Marcos Filho, 1999a). Sementes com baixo teor de água sofrem maiores danos no processo de imersão e conseqüentemente maiores volume de lixiviados ao meio, podendo ocasionar redução ou ausência de germinação (LIN., 1990; SILVA e VILELA.,2011)

Durante avaliação da lixiviação, sementes vigorosas apresentam menor liberação de exsudatos para o exterior da célula, o processo ocorre com a imersão das sementes, ocorrendo então a lixiviação de solutos citoplasmáticos no meio líquido de maneira proporcional ao estado de desorganização das membranas e inversamente proporcional à velocidade das membranas se reorganizarem (VIEIRA, 1994; BARBIERI et al., 2012).

Ao utilizar os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para a cultura do trigo as não foi possível realizar a classificação dos lotes (PONCE et al., 2019), resultando semelhante ao do presente trabalho, o mesmo também foi encontrado por Amaro et al., (2015) ao realizar a condutividade elétrica para a cultura do feijão. Ao avaliar diferentes períodos de embebição de sementes de aveia branca, observou-se que o período de 24hs é ineficiente para separar os lotes, sendo os melhores períodos de 4 e 12hs (SPONCHIADO et al., 2014), divergindo então do presente trabalho.

Teste de vigor de sementes são caracterizados pela separação de lotes em diferentes em níveis de vigor variando de acordo com a espécie, volume de água e período de imersão, ao se trabalhar com período pré estabelecido para gêneros pode não ocorrer a estratificação dos lotes nos testes de condutividade e lixiviação de potássio conforme o encontrado no presente trabalho.

A estratificação de lotes para avaliação de vigor corrobora com (ALVES e SÁ, 2010) ao avaliar duas cultivares de rúcula. Barbieri et al., (2012) ao avaliar sementes de arroz (50 sementes / 20ml) encontrou divergência entre os resultados de germinação ao classificar os lotes quanto a qualidade fisiológica das sementes. Torres et al., (2015) ao avaliar o teste de condutividade para classificação de vigor de sementes de coentro, Barbieri et al., (2012) com teste de lixiviação de potássio em duas cultivares e diferentes períodos de sementes de arroz, Kikuti et al., (2008) com diferentes quantidades de sementes, volumes de água e períodos de imersão para sementes de amendoim.

Este teste permite a avaliação do vigor das sementes em menor tempo que o teste habitual de germinação que se inicia com rápida absorção da água pelas sementes, sendo a velocidade de absorção decisiva para o processo de germinação (BRACCINI., 1997). O início da imersão é acompanhado pela rápida lixiviação de exsudados, principalmente o íon

potássio, que é o cátion que está em maior concentração nas membranas e mais disponível nas células vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2009).

6. CONCLUSÕES

Condutividade elétrica e lixiviação de potássio em semente de Brocolis, devem ser executados em períodos de 24 horas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. A. D. S.; CARVALHO, M. L. M. D.; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, 33.4: 635-642, 2011.
- AGUILAR, A. S.; SILVA, A. C. O.; DE OLIVEIRA, R. C.; DA SILVA, J. E. R.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, L. H. Uso de fertilizantes e reguladores de crescimento na produção de mudas de brócolis. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22. 2017.
- AMARO, H.T.R.; DAVID, A.M.S.S.; ASSIS, M.O.; RODRIGUES, B.R.A.; CANGUSSÚ, V.; OLIVEIRA, M.B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 38, n. 3, p. 383-389. 2015.
- ARAUJO NETO, A. C.; NUNES, R. T. C.; ROCHA, P. A. ÁVILA, J. S.; MORAIS, O. M. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 9, n. 2, p.71–75, 2014.
- AVELINO, M. C.; FELIX, F. C.; SILVA, K. R.; ARAÚJO, F. S.; PACHECO, M. V. Testes bioquímicos de integridade de membranas na avaliação do vigor de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. Biochemical tests of membrane integrity on evaluation of vigor of *Mimosa caesalpinifolia*. **Revista de Ciências Agrárias**, 41.1: 100-108, 2018.
- ALVES, C. Z.; DE SÁ, M. E. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 108-116, 2010.
- BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; MCDONALD, MB. Manual de teste de vigor de sementes: contribuição n. 32 ao Manual sobre teste de sementes. 346p. 2009.
- BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B. D.; MEDEIROS, M. A. D.; CENTURION, M. A. P. D. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, 42.1: 45-51. 2012.
- BARBIERI, APP; MENEZES, NL; CONCEIÇÃO, GM; TUNES, LM. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.616-625, 2011.
- BARBIERI, A. P. P.; MENEZES, N. D.; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. D. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 117-124, 2012.
- BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B. D.; MEDEIROS, M. A. D.; CENTURION, M. A. P. D. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, 42.1: 45-51. 2012.
- BARROS, A. S. R.; MARCOS-FILHO, J. Testes para avaliação rápida do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v. 19, n. 2, p. 289-295, 1997.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p.247-254, 2008.

BITTENCOURT, SRM; GRZYBOWSKI, CRS; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, RD. Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1360-1365, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, v. 01, p. 399, 2009.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; MOREIRA, M.A.; SCAPIM, C.A. Avaliação das alterações bioquímicas em sementes de soja durante o condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.116-125, 1997.

CARVALHO, LF; SEDIYAMA, CS; REIS, MS; DIAS, DCFS E MOREIRA, MA. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, n. 1, p. 9-17. 2009.

CATÃO, HCRM; CAIXETA, F. Alterações fisiológicas, isozimas e análise de imagem de sementes de pipoca submetidas a baixas temperaturas. **Journal of Seed Science**, v.39, n.3, p.234-243, 2017.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja com período de embebição reduzido. **Revista de Ciências Agrárias**, 42(2), 91-100.2019.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; CASTILHO, Í. M.; MARINKE, L. D. S.; MARTINS, G. Z.; MENEZES, J. B. D. C. Teste de lixiviação de potássio na avaliação do vigor de sementes de milho pipoca. **Journal of Seed Science**, 41.4: 461-469, 2019.

COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NAKAGAWA J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

DIAS, D. C. F. S.; NASCIMENTO, W. M. Desenvolvimento, maturação e colheita de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M. Tecnologia de sementes de hortaliças. Brasília, Embrapa Hortaliças,. P. 11-74. 2009.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DOURADINHO, GZ; SOUZA, GE; OLIVEIRA, CP; BORTOLAZZO, G.; ZOZ, T .; STEINER, F. Teste de lixiviação de potássio para avaliação rápida do vigor de sementes de trigo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.2, n.3, p.18-22, 2015.

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

FERREIRA, S.; DE SOUZA, R. J.; GOMES, L. A. A. Produtividade de brócolis de verão com diferentes doses de bokashi. **Revista Agrogeoambiental**, 5.2. 2013.

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

KIKUTI, A. L. P. **Avaliação do potencial fisiológico, métodos de condicionamento e desempenho de sementes de couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*) durante o armazenamento e em campo**. PhD Thesis. Universidade de São Paulo. 2006.

KIKUTI, H.; MEDINA, P. F.; KIKUTI, A. L. P.; RAMOS, N. P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de sementes**, Londrina- PR, v. 30, n. 1, p. 10-18, 2008.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.163-166, 2006.

LALLA JG; LAURA VA; RODRIGUES APDC; SEABRA JÚNIOR S; SILVEIRA DS; ZAGO VH; DORNAS MF. Competição de cultivares de brócolos tipo cabeça única em Campo Grande. **Horticultura Brasileira**, 28: 360-363. 2010.

LIN, S.S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, p.1-6, 1990.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes**. Conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p. 3.1-3.24. 1999a

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.3, p.1-24. 1999b.

MARCOS-FILHO, J .; NOVENBRE, ADLC Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, WM (ed.). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças, p.185-246. 2019.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de espécies cultivadas**. Jaboticabal: Funep, 546 p. 2005.

MARCOS FILHO, J. Teste de vigor de sementes: uma visão geral das perspectivas do passado, presente e futuro. **Scientia Agricola** , 2015, 72.4: 363-374. 2015.

MAGRO, F. O. **Doses de composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. 50 f, 2009.

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

MARTINS, L.; SILVA, W.R. Interpretação de dados obtidos em testes de vigor para a comparação qualitativa entre lotes de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, PelotasRS, v. 27, n. 1, p. 19-30, 2005.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity vigour test: physiological basic and use. **ISTA News Bulletin**, Zurich, n.131, p.32-35, Apr. 2006.

MILANI, M.; LOPES, S. J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de canola. **Ceres**, v. 59, n. 3, 2015.

NUNES, R. T. C.; SOUZA, U. O.; DA SILVA BANDEIRA, A.; SANTOS, J. L.; MORAIS, O. M.; GOMES, M. F. QUALIDADE DE SEMENTES DE VIGNA UNGUICULATA CLASSIFICADAS EM DIFERENTES TAMANHOS. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2017.

PEDROSO, D.C.; TUNES, L.M.; BARBIERI, A.P.P.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B.M. E MENEZES, V.O. Envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Ciência Rural**, 40: 2389-2392. 2010.

PONCE, R. M.; LIMA, L. H. D. S.; DA COSTA, D. S.; ZUCARELI, C.; TAKAHASHI, L. S. Potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno avaliado por diferentes testes de vigor. **Revista de Ciências Agrárias**, 42.3: 676-683. 2019.

SANTOS, M. M.; BORGES, E. E. L.; ATAÍDE, G. M.; SOUZA, G. A. Germination of seeds of *Melanoxylon brauna* Schott. under Heat stress: production of reactive oxygen species and antioxidant activity. **Forests**, Basel, v. 8, n. 405, p. 1-13, 2017.

SOUZA, G. E.; STEINER, F.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, S. S. C.; CRUZ, S. J. S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de sementes de algodão. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 1, n. 2, p. 35-41, out./dez. 2014.

STEINER, F.; OLIVEIRA, SSC; MARTINS, CC; CRUZ, SJS Comparação entre métodos para avaliação do vigor de lotes de sementes de triticale. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.200-204, 2011.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. DOS; OLIVEIRA, V.A. DE; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. DE; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. DE. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 353p. 2013.

SCHIAVON, A.et al. **A cultura dos Brócolis**. 74. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 153p. 2015.

SILVA, C. P.; GARCIA, K. G. V.; DA SILVA, R. M.; DE ARAÚJO OLIVEIRA, L. A.; DA SILVA TOSTA, M. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*). **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 7-11, 2012.

SILVEIRA, A. L.; SANTANA, M. J.; CAMARGOS, A. E. V.; DE SOUZA JÚNIOR, M. N. Reposição de água no solo em diferentes estádios fenológicos da cultura do brócolis. **Nucleus**, 13(2), 191-198. 2016.

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*, 35.4: 2405-2414. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p. 2009.

TREVISAN, J. N.; MARTINS, G. A.; LÚCIO, A. D.; CASTAMAN, C.; MARION, R. R.; TREVISAN, B. G. Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p. 233-239, abr. 2003. 2013.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: **FUNEP**, p.103-132. 1994.

TORRES, S. B.; PAIVA, E. P. D.; ALMEIDA, J. P. N. D.; BENEDITO, C. P.; CARVALHO, S. M. C. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, 46.3: 622-629. 2015.

TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Condutividade elétrica em sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 58-70, 2010.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; BADINELLI, P.G.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BARROS, A.C.S.A. E MUNIZ, M.F.B. Envelhecimento acelerado em sementes de cebola com e sem solução salina saturada. **Ciência Rural**, 41: 33-37. 2011.

TUNES, L. M. D., TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias**, 35.1: 120-127. 2012a.

TUNES, L. M.; TAVARES, L. C.; DE ARAÚJO RUFINO, C.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B.; DUARTE, V. B. Envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea L. var. italica* Plenck). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, 2012b.

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 255, n. 5, p.1701–1712, 2008.