



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RAISSA MARRAFON PONCE

**TESTES PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR EM SEMENTES DE
TRIGO SARRACENO COM ÊNFASE NA CONDUTIVIDADE
ELÉTRICA E NA LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO**

Londrina
2018

RAISSA MARRAFON PONCE

**TESTES PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR EM SEMENTES DE
TRIGO SARRACENO COM ÊNFASE NA CONDUTIVIDADE
ELÉTRICA E NA LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Profa. Dra. Lúcia Sadayo Assari
Takahashi

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Ponce, Raissa Marrafon .

Testes para avaliação do vigor em sementes de trigo sarraceno com ênfase na condutividade elétrica e na lixiviação de potássio / Raissa Marrafon Ponce. - Londrina, 2018.
48 f. : il.

Orientador: Lúcia Sadayo Assari Takahashi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Fagopyrum esculentum Moench - Tese. 2. Sementes - Tese. 3. Potencial fisiológico - Tese. 4. Vigor - Tese. I. Takahashi, Lúcia Sadayo Assari . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

RAISSA MARRAFON PONCE

**TESTES PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR EM SEMENTES DE TRIGO
SARRACENO COM ÊNFASE NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E NA
LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Sadayo Assari
Takahashi
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Denis Santiago da Costa
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – IFMS

Londrina, 19 de fevereiro de 2018.

Dedico este trabalho a meus pais,
Neide Marrafon Ponce e Antonio
Bonifácio Ponce

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus, por tudo que tens feito em minha vida. Em especial, por ter me protegido, guiado e iluminado durante o mestrado.

A Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade, bem como, a Capes pela concessão da bolsa de estudos.

A querida professora orientadora Doutora Lúcia Sadayo Assari Takahashi, pelos conhecimentos transmitidos. Minha admiração, carinho e respeito.

Aos docentes que participaram de minha formação durante o mestrado.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná, em especial ao Renan Carvalhal, pela atenção e concessão das sementes para realização do estudo.

Aos funcionários da área de fitotecnia e de manejo sustentável do solo, a todos meus colegas de pós-graduação e aos alunos de graduação.

A todos meus familiares, por me incentivarem e apoiarem, sempre!

Ao Luiz Henrique da Silva Lima, pelo companheirismo, incentivo, paciência e amor, e a sua família.

Tudo o que fizerem, façam de todo o coração, como para o Senhor, e não para os homens, sabendo que receberão do Senhor a recompensa da herança. É a Cristo, o Senhor, que vocês estão servindo.

Cl 3:23-24

PONCE, Raissa Marrafon. **Testes para avaliação do vigor em sementes de trigo sarraceno com ênfase na condutividade elétrica e na lixiviação de potássio.** 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

Métodos que avaliem com maior rapidez o vigor das sementes são ferramentas úteis na tomada de decisão na utilização dos lotes de semente. Neste sentido, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes testes de vigor na avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno, bem como, avaliar o efeito do período de embebição das sementes nos resultados dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Foram utilizados seis lotes de sementes de trigo sarraceno da cultivar IPR-92 Altar. Realizou-se as avaliações de teor de água, massa de mil sementes, germinação, primeira contagem da germinação, germinação a baixa temperatura, comprimento e massa seca de parte aérea e raiz, índice de velocidade de emergência, emergência de plântula, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e porcentagem de água absorvida após os períodos de embebição. Para condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, as sementes foram submetidas aos períodos de embebição de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 e 24 horas. Os testes de germinação a baixa temperatura e índice de velocidade de emergência foram eficientes em separar os lotes de semente de trigo sarraceno em níveis de vigor. Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de íons de potássio, nos períodos avaliados, não constituíram uma opção eficiente para ranquear os lotes de semente de trigo sarraceno quanto ao vigor.

Palavras-chave: *Fagopyrum esculentum*. Germinação. Potencial fisiológico.

PONCE, Raissa Marrafon. **Vigor test in buckwheat seeds with emphasis on electric conduction and potassium leaching.** 2018. 48 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

Methods that evaluate seed vigor more quickly are a source of useful information in the use of seed lots. This object, aims at the efficient testing of the effect of potential fatigue seeds of buckwheat, as well as the effect of period of imbibition of seeds in the results of tests of electrical conductivity and leaching of potassium. The cultivation of buckwheat seeds of cultivar IPR-92 Altar. It was realized as the classification of water, germination mass, germination, first count of germination, germination at low temperature, dry and aerial part length and dry mass, emergency speed index, seedling emergence, electrical conductivity, leaching of potassium and percentage of water absorbed after the imbibition phases. For electrical conductivity and potassium leaching, the seeds were submitted to the imbibition bands of 0.5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 and 24 hours. The testes of germination at low temperature and rate of detection were corrected at levels of vigor. The electrical conductivity and potassium ion leaching tests were not an efficient option to obtain buckwheat seed lots for vigor.

Keywords: *Fagopyrum esculentum*. Germination. Physiological potential.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Aquênio do trigo sarraceno (1); desenho esquemático do sarraceno: seção transversal e horizontal (2) pericarpo (A), tegumento (B), endosperma (C) e eixo embrionário (D) e cotilédones (E); seção transversal e horizontal (3) pericarpo (H), tegumento (S), camada de aleurona (A), embrião (G), endosperma amiláceo (E) e cotilédones (C); seção longitudinal (4) eixo embrionário (EA).16
- Figura 2** – Porcentagem de água absorvida em sementes de trigo sarraceno quando submetidas aos períodos de embebição de 0,5; 1; 2; 3; 6 ;9 12 e 24 em solução de 75 mL a temperatura de 25°C.39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Germinação (G), primeira contagem da germinação (PC), Índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), germinação a baixa temperatura (GBT), comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA), em seis lotes de sementes de trigo sarraceno35
- Tabela 2** – Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimado entre os resultados dos testes de emergência de plântulas em estufa (E) e os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (PC), germinação a baixa temperatura (GBT), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), obtidos de seis lotes de sementes de trigo sarraceno35
- Tabela 3** – Resultado da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de trigo sarraceno submetidas a diferentes períodos de embebição.....36
- Tabela 4** – Resultado da lixiviação de íons de potássio ($\text{ppm}\cdot\text{g}^{-1}$) em sementes de trigo sarraceno submetidas a diferentes períodos de embebição.....37
- Tabela 5** – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os resultados do teste de emergência de plântulas em estufa e os testes condutividade elétrica (CE) e lixiviação de íons de potássio (K) avaliados em seis lotes de sementes de trigo sarraceno, quando embebidas em 75 mL de água destilada por diferentes períodos de embebição a 25°C.....38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRATES	Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes
a.C.	antes de Cristo
cm	centímetro
cv	cultivar
g	grama
ha	hectare
ISTA	Internacional Seed Testing Association
K ⁺	Potássio
kg	quilograma
mL	mililitro
mm	milímetro
ppm	parte por milhão
RAS	Regras para Análise de Sementes
$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$	micro Siemens por centímetro por grama
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ASPECTOS GERAIS DO TRIGO SARRACENO	14
2.2	POTENCIAL FISIOLÓGICO EM SEMENTES	18
2.2.1	Testes de vigor	20
2.2.1.1	Testes fisiológicos	20
2.2.1.1.1	<i>Teste de resistência a estresse</i>	22
2.2.1.2	Testes bioquímicos	23
3	ARTIGO- TESTES PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR EM SEMENTES DE TRIGO SARRACENO COM ÊNFASE NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E NA LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO	26
3.1	RESUMO	26
3.2	ABSTRACT	27
3.3	INTRODUÇÃO	28
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.6	CONCLUSÕES	39
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O trigo mourisco, mouro, preto ou sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) é uma cultura agrícola que apresenta múltiplos usos, seus grãos são consumidos na alimentação, bem como, uma alternativa para pessoas com doença celíaca devido à ausência do glúten em sua composição, ainda, inclui-se como possibilidade de adubo verde, cultura de cobertura, alimento animal e atrativo para produção de mel.

Sob alegação do uso potencial do sarraceno, inclui-se a importância de gerar informações que contribuam para a tecnologia de suas sementes. Neste sentido, a utilização de sementes de alta qualidade é necessária para gerar uma lavoura com estande adequado. Por sementes de qualidade, entende-se que apresentam elevado potencial fisiológico, genético, físico, sanitário e pureza. Para se atingir esse objetivo, se faz necessário o controle da qualidade.

Dentre os atributos da qualidade, a avaliação do potencial fisiológico é fundamental na produção das sementes, pois possibilita a identificação de lotes com distintos níveis de desempenho em diferentes condições ambientais, sendo estimado por meio da germinação e do vigor.

O teste de germinação é conduzido sob condições favoráveis, que permite que o lote expresse sua máxima capacidade de germinação. Portanto, quando as condições de campo são ótimas, o teste de germinação pode prever corretamente o desempenho do lote em campo. Porém, na maior parte dos casos, o resultado do teste de germinação superestima os valores reais da emergência de plantas em campo. Tal fato levou a observação de que nem todas as facetas da qualidade das sementes foram devidamente identificadas pelo teste de germinação. Por isso, a utilização de testes de vigor tem se constituído uma alternativa para estimar o comportamento das sementes em uma ampla faixa de condições ambientais, contribuindo assim, para detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação.

Vários testes de vigor têm sido desenvolvidos e aprimorados, dentre eles, o teste de condutividade elétrica, que se destaca por sua facilidade de execução e fácil interpretação. Nele, avalia-se a quantidade de íons lixiviados da semente para a solução de embebição, em função do grau de deterioração em que ela se encontra, deste modo, é possível inferir sobre o nível do vigor da semente ou

do lote. A perda de lixiviados inclui açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos, destacando-se o potássio.

Outra avaliação que vem se destacando é a lixiviação de potássio, que apresenta princípio semelhante ao da condutividade elétrica, baseando-se na integridade do sistema de membrana celulares da semente. A diferença é que na condutividade elétrica infere-se sobre o total de íons liberado durante a embebição, e na lixiviação de potássio, quantifica-se apenas o íon em específico.

Em ambos os testes, o período de embebição das sementes para condução dos mesmos é um fator de grande importância na padronização, sendo responsável pela possibilidade de se obter resultados mais rápidos, o que permite pronta tomada de decisão durante o processo de produção.

A eficiência dos testes bem como a redução do tempo dos mesmos é verificado em diversas espécies, entretanto, faz-se necessário o estudo em relação às sementes de trigo sarraceno. Neste sentido, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes testes de vigor na avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno, bem como, avaliar o efeito do período de embebição das sementes nos resultados dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GERAIS DO TRIGO SARRACENO

O trigo sarraceno é originário da província de Yunnan, localizada no sudoeste da China (CHEN, 2001). No ano de 1979, urnas de cerâmica contendo grãos de milho, sorgo, cevada e trigo sarraceno foram encontradas no túmulo da dinastia Han ocidental, na cidade de Xiangyang da província de Shaanxi, comprovando o seu cultivo desde os séculos II e I a.C. na China (QINYUAN; MANXIA, 1992). Presumivelmente, foi cultivado na China por quase um milênio antes de se espalhar para a Europa, e América do Norte (CAMPBELL, 1997).

Historicamente, as primeiras referências do cultivo de trigo sarraceno, ocorreram a partir do século XV na Alemanha e França. No Brasil há indícios que tenha sido trazido por imigrantes poloneses, russos, alemães e outros, em todos os estados sulinos. Sua história no país data do momento em que o estado do Paraná fixou presença em estatísticas, pela produção do trigo sarraceno. O estado apresentou perspectivas promissoras no cultivo do sarraceno, visto que, entre os anos de 1948 e 1956 houve expansão no cultivo do trigo comum (*Triticum aestivum* L.), devido a medidas governamentais. Fato que levou a ampliação do cultivo, tornando o trigo praticamente uma monocultura e acarretando em sérios problemas. A frustração das safras tritícolas motivou a procura por outras culturas, que aproveitassem o mesmo maquinário exigido no trigo, e cujo produto fosse de fácil comercialização. Neste contexto, o sarraceno destacou-se pelas suas características agrônômicas, e por ser reconhecido como viável para fins de panificação (PACE, 1964).

Posteriormente, sob a alegação de que as instalações para beneficiamento dos grãos de trigo sarraceno não tinham capacidade para suprir a demanda, a farinha do sarraceno foi substituída pela raspa de mandioca e fubá de milho. Como consequência, seu cultivo foi sendo desativado, restringindo-se apenas a pequenas lavouras de subsistência (ANON, 1979 *apud* SILVA et al., 2002).

A produção mundial do sarraceno no ano de 2014 foi entorno de 2 milhões de tonelada, em uma área de cultivo de 2,01 milhões de hectares (ha) com rendimento médio de 956,6 kg ha⁻¹. Ainda no ano de 2014, os maiores produtores mundiais foram a Rússia (34,39%), seguido da China (29,36%), Ucrânia (8,70%),

França (5,78%) e Polônia (4,34%). O Brasil foi o sétimo maior produtor mundial (3,31%), o oitavo em área cultivada (2,44%) e em produtividade (1.306 kg ha⁻¹). A produção no país entre os anos de 2004-2014 cresceu 28%, passando de 50 mil para 64 mil toneladas, bem como, cresceram 7% a área de cultivo e 20% o rendimento, passando de 46 mil para 49 mil hectares e de 1.087 para 1.306 kg ha⁻¹ respectivamente (FAOSTAT, 2014). No estado do Paraná, a área destinada ao cultivo do sarraceno no ano de 2015 foi de 1,8 mil hectares, gerando uma produção de aproximadamente 2,7 mil toneladas, destacando-se na produção os municípios de Cascavel, Céu Azul, Santa Tereza do Oeste, Ibema e Ponta Grossa (SEAB/DERAL, 2015).

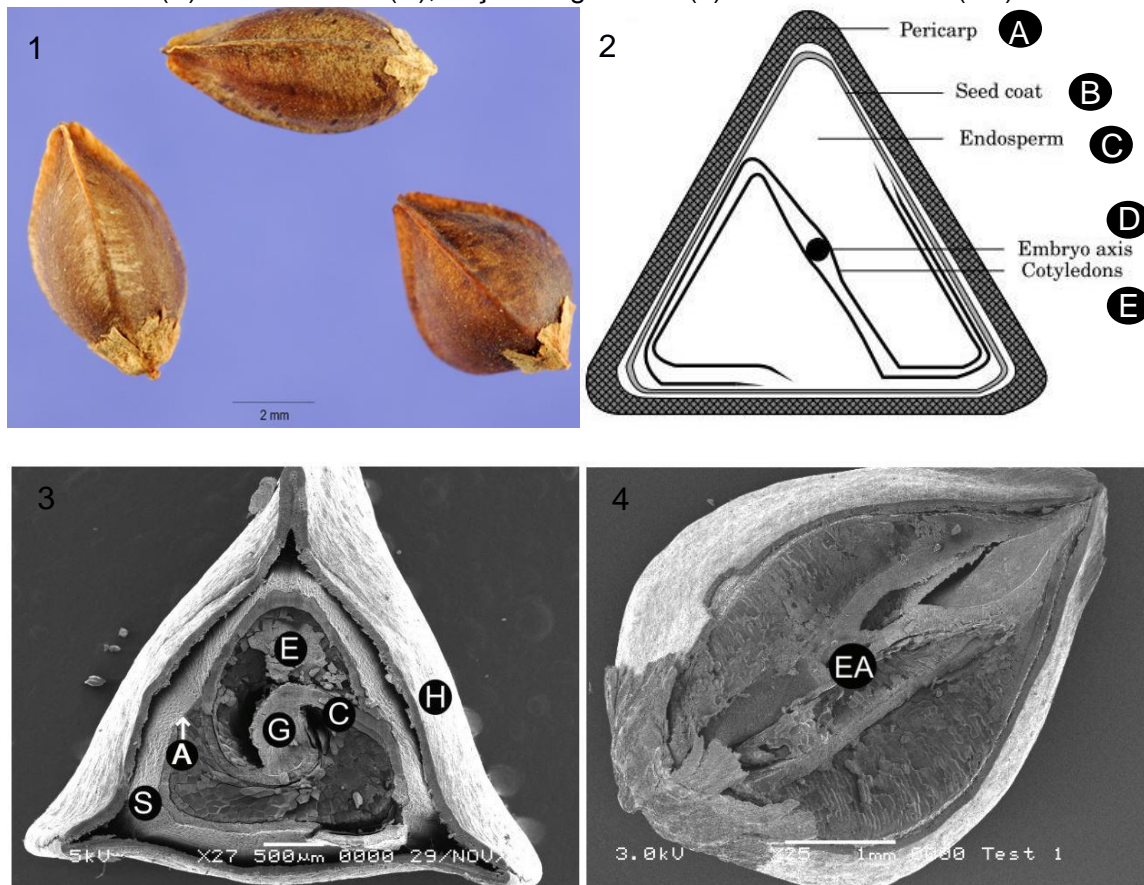
O trigo mourisco, mouro, preto ou sarraceno de acordo com Gondola e Papp (2010), pertence ao reino Plantae, classe Magnoliopsidae, ordem Caryophyllales, família Polygonaceae, gênero *Fagopyrum* e espécie *Fagopyrum esculentum*. Taxonomicamente, o sarraceno compartilha semelhanças com as famílias Aizoaceae (ex: espinafre da Nova Zelândia-*Tetragonia tetragonoides* (Pall.) Kuntze), Amaranthaceae (ex: caruru- *Amaranthus palmeri* S. Watson), beterraba-*Beta vulgaris* L., quinoa- *Chenopodium quinoa* Willd.), Plumbaginaceae (ex: caataia-*Plumba goscardens* L.) e Tamaricaceae (ex: tamarisco- *Tamarix gálica* L.) (CHAUHAN et al., 2010). Portanto, embora inapropriadamente denominado como “trigo”, não possui parentesco com o trigo comum (*Triticum aestivum* L.), da família Poaceae.

O sarraceno é uma planta anual, herbácea, ramificada, com folhas alternas e sagitadas. Possui inflorescências reunidas em ráceros, com flores brancas, rosadas ou vermelhas, as quais são hermafroditas (PRAKASH; YADAV, 2016). A espécie é alógama com polinização entomófila, isto é, a fecundação se realiza quando recebe o pólen de outra planta, ocasionado por insetos, especialmente as abelhas. A floração, maturação dos frutos, formação de novas ramificações e inflorescências, ocorrem concomitantemente durante quase todo seu ciclo. As primeiras flores aparecem 4-5 semanas após a semeadura e os primeiros frutos maduros 3-4 semanas mais tarde, quando então, a floração alcança seu máximo (BALDANZI; AMARAL, 1963).

O fruto é um aquênio, largo-ovalada em contorno, trígona e achatado-triangular em seção transversal, afila gradativamente para um ápice agudo e abruptamente para uma base obtuso-pedicelar, com três faces levemente

convexas e iguais na largura. Desta forma, a semente é presa ao pericarpo, uma estrutura fibrosa rígida com coloração castanha amarelada clara a preta, geralmente variegado ou mosqueado de castanho ou cinza-prateado (Figura 1-1). A semente é envolta por um tegumento e apresenta como tecido de reserva um endosperma (farináceo e duro). Seu embrião é periférico e ruminado, além disso, dois cotilédones finos e foliares se estendem através do endosperma e se ondulam em torno das margens externas próximas ao tegumento (Figura 1- 2, 3, 4), (STEADMAN et al., 2001;WIJNGAARD; ARENDT, 2006;BRASIL, 2009a).

Figura 1- Aquênio do trigo sarraceno (1); desenho esquemático do sarraceno: seção transversal e horizontal (2) pericarpo (A), tegumento (B), endosperma (C) e eixo embrionário (D) e cotilédones (E); seção transversal e horizontal (3) pericarpo (H), tegumento (S), camada de aleurona (A), embrião (G), endosperma amiláceo (E) e cotilédones (C); seção longitudinal (4) eixo embrionário (EA).



Fonte: Adaptado de Natural Resources Conservation Service, Steadman et al., 2001, e Wijngaard; Renzetti., 2007.

De um modo geral, as principais substâncias que compõe essas sementes são 55% de amido, 12% de proteína, 4% de lipídio, 2% carboidratos solúveis, 7% de fibra dietética total, 2% de cinzas e 18% de outros componentes

(ácidos orgânicos, compostos fenólicos, taninos, açúcares fosforilados, nucleotídeos, ácidos nucleicos e compostos desconhecidos). O amido é concentrado no endosperma. Proteínas, lipídeos, carboidratos solúveis e minerais são concentrados no embrião (STEADMAN et al., 2001).

O trigo sarraceno presta-se a diferentes finalidades, tanto para o produtor como para o consumidor. Na produção de grãos ele pode ser semeado entre os meses de setembro e fevereiro, encaixando-se como uma opção imediatamente após a cultura de verão, devido seu ciclo rápido (PACE, 1964; KLEIN et al., 2010).

O uso potencial como alimento animal apresenta ressalvas, pois sua utilização como pasto para animais de pele despigmentada pode acarretar em fagopirismo, doença causada pelo consumo de partes verdes da planta, e quando os animais são expostos ao sol há ocorrência de inchaços, convulsões, paralisia e até a morte do animal, dentre os animais suscetíveis figuram bovinos, suínos e coelhos (BALDANZI; AMARAL, 1963). O uso dos grãos, todavia, é plenamente recomendado, para coelhos em crescimento o trigo sarraceno apresentou valor nutritivo, podendo ser uma alternativa para substituir o farelo de trigo nas rações (FURLAN et al., 2006). Na alimentação de frangos de corte, sua inclusão em até 60 %, em substituição ao milho, não afeta o desempenho das aves e a pigmentação de carcaça (ALBINO et al., 1986).

Outra possibilidade é associação do sarraceno com a apicultura, sendo ele, amplamente utilizado para a produção de mel em muitos países (ALEKSEYEVA; BUREYKO, 2000). Sob condições favoráveis de produção, um hectare suporta até 2,5 colmeias e produz 175 kg de mel em uma estação (CAMPBELL, 1997). A criação de abelhas proporciona desta forma dupla vantagem, a de aumentar o rendimento da lavoura e a produção de mel.

Na alimentação humana pode ser utilizado sob forma de farinha para preparação de panquecas, bolos, pães e biscoitos, ou como grãos descascados que são comercializados tostados ou cru (BRINK; BELAY, 2006; ALVAREZ-JUBETE et al., 2010). Também, devido à ausência de glúten na composição de seus grãos, é utilizado na elaboração de produtos para pessoas com doença celíaca (KATAR; OLGUN; TURAN, 2015). Seus grãos destacam-se ainda pelas suas qualidades nutricionais, com valor nutritivo de proteínas e aminoácidos essenciais como a lisina, treonina e triptofano, ao contrário da maioria dos cereais comuns (EGGUM; KREFT;

JAVORNIK, 1980; TIMOTIJEVIC; RADOVIC; MAKSIMOVIC, 2003; NAIR; ADACHI, 1999).

2.2 POTENCIAL FISIOLÓGICO EM SEMENTES

O desenvolvimento da semente deu às Angiospermas uma grande vantagem seletiva, permitindo que fosse ela, a unidade de dispersão da planta, capaz de sobreviver ao período entre a maturação e o estabelecimento da próxima geração. Portanto, a semente é quem garante a sobrevivência da planta como espécie, bem como, por meio da sua produção, fornece aos humanos e animais, a maioria dos alimentos básicos (BENTSINK; KOORNNEEF, 2008; TETLOW, 2011). Logo, o gerenciamento bem sucedido de sua qualidade é vital para o sistema de produção (BINO et al., 1998).

A qualidade é definida como um somatório de atributos que determinam o desempenho das sementes quando semeadas ou armazenadas. É um conceito múltiplo que engloba fatores genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos (DELL'AQUILA, 2009; BARROZO; MUJUMDAR; FREIRE, 2014). Estes quatro atributos básicos que determinam a qualidade das sementes têm equivalente importância, entretanto, destaca-se o componente fisiológico, pois o estabelecimento do estande apresenta-se como a primeira oportunidade para avaliar o desempenho das sementes adquiridas (MARCOS FILHO, 2015a), que pode ser seguramente estimado por meio das avaliações de germinação e do vigor.

Neste sentido, muitas organizações se dedicam ao desenvolvimento e aplicação de testes rotineiros para avaliações das sementes, por isso, fazem-se necessários a padronização dos procedimentos. No cenário mundial foi fundada em 1924 a International Seed Testing Association (ISTA), com objetivo de desenvolver e publicar procedimentos padrões na área de análise de sementes, cuja finalidade é facilitar a negociação no cenário nacional e internacional (ISTA, 2018). No Brasil o livro das Regras para Análise de Sementes (RAS) teve sua primeira edição publicada pelo Ministério da Agricultura em 1967 e uma última atualização no ano 2009, de acordo com as regras prescritas pela ISTA (BRASIL, 2009b). Além dos métodos propostos pelas regras, outros testes estão disponíveis para complementar a análise, como os testes de vigor, que visam contribuir para o controle de qualidade na produção de sementes (MARCOS FILHO, 1999).

Neste contexto de testes, a realização da germinação segue prescrições de substrato, umidade, luminosidade, temperatura, e técnicas adequadas para cada espécie. Os objetivos principais do teste dirigem-se à obtenção de informações para determinar a semeadura em campo e compara a qualidade de diferentes lotes (BRASIL, 2009b). As condições estudadas neste teste são favoráveis, permitindo que o lote expresse sua máxima capacidade de germinação e que diferentes lotes resultem em níveis semelhantes de germinação. Fato que não prevê seu desempenho no campo, quando as condições de semeadura geralmente não são ótimas, podendo ter habilidades muito diferentes para o estabelecimento das plantas, devido à diferença no seu vigor (BERTOLIN; SÁ; MOREIRA, 2011; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016).

Como consequência das limitações do teste de germinação, houve a necessidade de desenvolver testes que retratassem o comportamento das sementes sob uma ampla faixa de condições ambientais, indicando com maior segurança o potencial fisiológico dos lotes - denominados como testes de vigor - que fornecem informações complementares às obtidas no teste de germinação (PESKE; ROSENTHAL; ROTA, 2003; BLACK; BEWLEY; HALMER, 2006; RAJJOU et al., 2012; SANTOS; MENEZES; VILLELA, 2003).

Neste sentido, o vigor de sementes é conceituado segundo TeKrony (2003), como um conjunto de propriedades que determinam o potencial de lotes, com germinação aceitável, para a emergência rápida e uniforme de plântulas, sob ampla variação de condições de ambiente. É desejável que os testes de vigor apresentem base teórica consistente norteando a metodologia proposta, bem como, simplicidade para execução em diferentes laboratórios sem exigir equipamentos sofisticados, que seja reproduzível, isto é, que possibilite a comparação entre os resultados por diferentes analistas e laboratórios. Também, deve ser um teste rápido, com baixo custo de investimento, e objetivo, facilitando a interpretação dos resultados (MARCOS FILHO, 1999).

Para McDonald Jr (1975) os testes de vigor podem ser classificados em: físicos, fisiológicos e bioquímicos. Os físicos medem as características da semente, como tamanho, massa e densidade. Os fisiológicos utilizam algum parâmetro da germinação ou crescimento, como por exemplo: primeira contagem de germinação, velocidade de germinação, crescimento das plântulas e transferência de matéria seca. Ainda, nestes testes é possível uma subdivisão, acrescentando os

testes de estresses (envelhecimento acelerado e teste de frio). E por fim, os testes bioquímicos, que monitoram as reações químicas envolvidas na manutenção celular, como tetrazólio, respiração, condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

Vários testes são recomendados para avaliação do vigor de sementes das diferentes espécies, adequando-se apenas, as metodologias propostas. Portanto, devem-se identificar quais os testes são eficientes, possibilitando a obtenção de resultados consistentes e reproduzíveis (SOARES et al., 2010; GRZYBOWSKI; VIEIRA; PANOBIANCO, 2015).

Além dos testes padrões para avaliação do vigor, novas abordagens sobre o vigor das sementes estão sendo introduzidos, provenientes dos campos da biologia molecular, biotecnologia, biofísica e tecnologias baseados no processamento de imagens. Essas novas abordagens, melhoram a compreensão de vários aspectos da fisiologia e da tecnologia das sementes (SILVA; CICERO, 2014; MARCOS FILHO, 2015b; XUEGUAN et al., 2016).

2.2.1 Testes de vigor

2.2.1.1 Testes fisiológicos

Os testes fisiológicos medem algum aspecto da germinação ou do crescimento das plântulas (MCDONALD JR, 1975). Avaliações da velocidade de germinação ou emergência de plântulas, primeira contagem de germinação, bem como, o comprimento das plântulas e a transferência de matéria seca, fornecem estimativas confiáveis do vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2015b).

A primeira contagem do teste de germinação é realizada em conjunto com o teste de germinação, registrando-se as plântulas normais, ou seja, aquelas que germinaram mais rapidamente. Portanto, o teste de primeira contagem baseia-se no princípio que, as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais, são mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999).

Em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) o teste de primeira contagem de germinação apresentou sensibilidade em identificar lotes de sementes com diferentes níveis de vigor (AMARO et al., 2015). Similarmente, o teste de primeira contagem da germinação também apresenta sensibilidade em ranquear lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) (SENA; ALVES; MEDEIROS, 2015) e

eficiência em estimar o potencial de emergência de plântulas de canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) à campo (ÁVILA et al., 2005).

Os lotes de sementes com germinação similar, geralmente variam em termos de emergência e velocidade de crescimento das plântulas, sendo o índice obtido ao mesmo tempo em que as porcentagens de germinação são determinadas (MAGUIRE, 1962). O método baseia-se no princípio de que lotes que apresentam maior velocidade de germinação são mais vigorosos, ou seja, há relação direta entre a velocidade e o vigor (NAKAGAWA, 1999).

Resultados satisfatórios com o uso dos testes de índice de velocidade de germinação e emergência no solo foram obtidos para avaliação do vigor em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) (LORENTZ; NUNES, 2013). De acordo com Sena et al., (2017), o teste de emergência de plântulas em campo é eficiente para classificação dos lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.). Também em crambe (*Crambe abyssinica* Höchst. Ex R. E. Fries), o teste de emergência de plântulas em campo é eficiente na classificação dos lotes em distintos níveis de vigor (SANTOS; ROSSETTO, 2013).

O crescimento da plântula pode ser determinado por meio do comprimento da plântula, ou parte desta, ou aferindo a massa de matéria seca da plântula. Tanto a mensuração do comprimento, como a determinação da massa seca por serem grandezas físicas e serem independentes da subjetividade do analista, torna-o fácil de ser reproduzível, além disso, apresentam vantagens de baixo custo e não necessitarem de equipamentos especiais (NAKAGAWA, 1999).

Nas avaliações de crescimento de plântulas, maiores valores médios obtidos, indicam lotes mais vigorosos. Isso porque sementes vigorosas originam plântulas com maiores taxas de crescimento, em função de apresentarem maior capacidade de transformação do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação destes pelo eixo embrionário (DAN et al., 1987).

A eficiência do teste de comprimento e massa seca de plântula para avaliação do potencial fisiológico de sementes de feijoeiro (*P. vulgaris* L.) foi verificado por Amaro et al., (2015). Em milho (*Z. mays* L.) a massa seca das raízes seminais diferencia o vigor de lotes de sementes submetidos a diferentes épocas de colheita (CONCEIÇÃO et al., 2012).

2.2.1.1.1 Teste de resistência a estresse

Há testes de vigor que enfatizam a colocação da semente sob condições estressantes antes da embebição, ou durante o próprio processo de germinação (MCDONALD JR, 1975). Enquadra-se nesta categoria, por exemplo, o teste de germinação a baixa temperatura.

O teste foi desenvolvido inicialmente para avaliar o vigor de sementes de algodão, podendo também se utilizado para outras culturas de verão (AOSA, 1983). A germinação a baixa temperatura é semelhante ao teste de frio por utilizarem baixas temperaturas, diferindo, entretanto este, por não levar em consideração o efeito estressante dos microrganismos de solo. Além disso, para algumas culturas de verão, a temperatura de 10°C usada no teste de frio, pode ser muito severa. O teste baseia-se no fato de que baixas temperaturas principalmente nos estádios iniciais de embebição tem efeito prejudicial na germinação e no desenvolvimento das plântulas. Dependendo das condições fisiológicas, as sementes apresentam respostas diferenciadas quando colocadas para germinar sob temperatura abaixo da ótima. As exigências serão tanto mais específicas quanto menor for o seu vigor, sendo a faixa ótima de temperatura para germinação com alto vigor muito mais ampla, que para de baixo vigor (DIAS; ALVARENGA, 1999).

A principal vantagem deste teste é a semelhança com o teste padrão de germinação, utilizando-se o mesmo critério para interpretação de plântulas normais, bem como, não requer equipamento adicional, sendo de simples execução (COPELAND; MCDONALD, 1991; BARROS et al., 2002).

O teste de germinação a baixa temperatura é empregado principalmente em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) para diferenciação de lotes e estimativa da viabilidade das sementes após o armazenamento (MATTIONI; ALBUQUERQUE; MENDONÇA, 2009; SOUZA et al., 2014; FREITAS et al., 2004). Entretanto, testes demonstram sua aplicabilidade também para espécies como milho e ervilha. Em sementes de milho (*Z. mays* L.), o teste mostrou eficiência para separar lotes com diferentes níveis de vigor quando se utilizou a temperatura de 18°C por sete dias. Para a ervilha (*Pisum sativum* L.), a temperatura de 15°C por cinco dias permitiu ordenar os lotes quanto ao vigor (DIAS; ALVARENGA, 1999).

2.2.1.2 Testes bioquímicos

A obtenção de resultados confiáveis em um período de tempo relativamente curto é um requisito para avaliação do vigor, visto que a toma de decisão deve ser agilizada, principalmente no que se refere às operações de colheita, beneficiamento e comercialização. Neste sentido, dentre os métodos considerado rápido para avaliação do vigor de sementes, destacam-se aqueles baseados na integridade das membranas celulares, como o teste de condutividade elétrica e a lixiviação de potássio (ALVES et al., 2004).

Historicamente o teste de condutividade elétrica foi desenvolvido por Fick e Hibbard (1925), que associaram os baixos valores de germinação em sementes de capim timóteo (*Phleum pratense* L.) à elevada liberação de solutos durante a embebição. Em 1967 Matthews e Bradnock estabeleceram a metodologia como um teste de rotina para prever a emergência de sementes em ervilha (*Pisum sativum* L.) no campo. Desde então, pesquisas são realizadas com outras espécies, a fim de avaliar o vigor (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

O teste baseia-se na relação existente entre o vigor e a integridade do sistema de membranas celulares, proporcionando uma medida rápida e precisa, podendo ser conduzido sem necessidade de equipamentos complexos e treinamento especial de pessoal (PESKE; ROSENTHAL; ROTA, 2003).

O primeiro estágio da germinação é marcado pela embebição, que provoca o reinício da atividade metabólica da semente. Parte da atividade metabólica que ocorre durante o início da germinação, é dirigida para reparar ou substituir os componentes celulares naturalmente danificados com a desidratação durante a maturação da semente. Portanto, ao se iniciar a embebição, ativam-se os mecanismos de reparo, permitindo a recuperação da permeabilidade seletiva e reduzindo drasticamente ou impedindo a liberação de exsudados (MARCOS FILHO, 2015a). A liberação de exsudados das sementes inclui açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos. Por sua vez, esses solutos com propriedades eletrolíticas carregam uma carga elétrica, que pode ser detectada por meio de um medidor de condutividade (POWELL, 1986).

Os resultados do teste de condutividade são obtidos embebendo certo número de semente em água por determinado tempo e temperatura específica, e o lixiviado é medido com um condutímetro (ELIAS et al., 2012). Sementes menos

vigorosas possuem diminuição da integridade da membrana, havendo maior perda de eletrólitos durante o período de embebição, e assim, valores de condutividade mais elevados (COPELAND; MCDONALD, 1991).

Neste teste a duração do período de embebição das sementes, tem efeito sobre a capacidade em distinguir diferenças entre os lotes. Para espécies consideradas como de sementes grandes, recomenda-se normalmente o período de embebição de 24 horas, em trabalhos com espécies de sementes pequenas, o período pode ser reduzido (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; NETO, 1999). Considerando que um teste de vigor será tanto mais eficiente quanto melhor for a separação de lotes, a possibilidade de redução do período é vantajosa para a indústria de sementes à medida que a separação ocorre, pois encurtam o período de tomada de decisão.

Além do período de embebição, outros fatores como genótipo, volume de água, dimensão do recipiente, quantidade de semente, precisão do condutímetro, temperatura de embebição, também podem afetar os resultados do teste (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2005; DIAS et al., 2006; MARCOS FILHO, 2015a).

A condutividade elétrica tem sido reconhecida para avaliação de vigor de sementes em várias espécies, bem como, apresenta restrições e ineficiência para outras (PANOBIANCO; VIEIRA, 2007; FESSEL et al., 2010). Portanto, evidencia-se a importância do estudo para cada espécie, adequando-se a melhor metodologia para avaliação do vigor.

Para sementes de ervilha forrageira (*P. sativum* subsp. *arvense* L.) o uso de 250 mL de água na temperatura de 25°C pelo período de 24 horas, é promissor para diferenciação de lotes (MACHADO et al., 2011). Em milho (*Pennisetum americanum* L.) a redução do período de embebição das sementes de 24 horas para 2 horas possibilita a mesma separação dos lotes quanto o potencial fisiológico (GASPAR; NAKAGAWA, 2002). Em triticale (*X. triticosecale* Wittmack) o uso de 50 mL de água na temperatura de 25°C pelo período de 24 horas, é eficiente em classificar lotes de sementes (STEINER et al., 2011).

Outro teste é o de lixiviação de potássio, que assemelhasse a condutividade elétrica, neste determina-se a quantidade total de íon liberados durante a embebição, já na lixiviação de potássio determina-se a quantidade dos íons de potássio lixiviados na solução, visto que é o íon vazado em maiores quantidades pelas sementes durante a embebição, podendo assim, ser utilizado

como indicador da integridade do sistema de membranas celulares (KIKUT et al., 2009; LOTT; CAVDEK; CARSON, 1991).

Assim como no teste de condutividade elétrica, as sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de estruturação das membranas quando embebidas em água e conseqüentemente, liberam maior quantidade de exsudatos para o exterior da célula que aquelas mais vigorosas, logo, apresentam maior liberação de potássio. O teste apresenta a vantagem adicional de proporcionar informações do potencial fisiológico dos lotes em períodos de tempo consideravelmente reduzidos em relação ao teste de condutividade (DIAS; MARCOS FILHO; CARMELO, 1995).

A lixiviação de potássio tem sido utilizado como uma alternativa promissora para avaliação do potencial fisiológico de diferentes espécies, como sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) (BARBIERI et al., 2012), milho (*Zea mays* L.) (MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002), soja (*Glycine max* L.) (DIAS; MARCOS FILHO; CARMELO, 1995) e trigo (*T. aestivum* L.) (FAVARATO et al., 2011; DOURADINHO et al., 2015).

3- ARTIGO- TESTES PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR EM SEMENTES DE TRIGO SARRACENO COM ÊNFASE NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E NA LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO

3.1 RESUMO

Métodos que avaliem com maior rapidez o vigor das sementes são ferramentas úteis na tomada de decisão na utilização dos lotes de semente. Neste sentido, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes testes de vigor na avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno, bem como, avaliar o efeito do período de embebição das sementes nos resultados dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Foram utilizados seis lotes de sementes de trigo sarraceno da cultivar IPR-92 Altar. Realizou-se as avaliações de teor de água, massa de mil sementes, germinação, primeira contagem da germinação, germinação a baixa temperatura, comprimento e massa seca de parte aérea e raiz, índice de velocidade de emergência, emergência de plântula, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e porcentagem de água absorvida após os períodos de embebição. Para condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, as sementes foram submetidas aos períodos de embebição de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 e 24 horas. Os testes de germinação a baixa temperatura e índice de velocidade de emergência foram eficientes em separar os lotes de semente se trigo sarraceno em níveis de vigor. Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de íons de potássio, nos períodos avaliados, não constituíram uma opção eficiente para ranquear os lotes de semente de trigo sarraceno quanto ao vigor.

Palavras-chave: *Fagopyrum esculentum*. Germinação. Potencial fisiológico

3.2 ABSTRACT

Methods that evaluate seed vigor more quickly are a source of useful information in the use of seed lots. This object, aims at the efficient testing of the effect of potential fatigue seeds of buckwheat, as well as the effect of period of imbibition of seeds in the results of tests of electrical conductivity and leaching of potassium. The cultivation of buckwheat seeds of cultivar IPR-92 altar. It was realized as the classification of water, germination mass, germination, first count of germination, germination at low temperature, dry and aerial part length and dry mass, emergency speed index, seedling emergence, electrical conductivity, leaching of potassium and percentage of water absorbed after the imbibition phases. For electrical conductivity and potassium leaching, the seeds were submitted to the imbibition bands of 0.5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 and 24 hours. The tests of germination at low temperature and rate of detection were corrected at levels of vigor. The electrical conductivity and potassium ion leaching tests were not an efficient option to obtain buckwheat seed lots for vigor.

Keywords: *Fagopyrum esculentum*. Germination. Physiological potential

3.3 INTRODUÇÃO

Fagopyrum esculentum Moench pertencente à família Polygonaceae, é conhecido popularmente como trigo mourisco, mouro, preto ou sarraceno (PACE, 1964). Apresenta uso potencial como adubo verde, cultura de cobertura, alimento animal e seus grãos são uma alternativa na alimentação humana, em especial para pessoas com doença celíaca, devido à ausência do glúten em sua composição (GUO et al., 2007; FESSAS et al., 2008; GONÇALVES et al., 2016).

Por se tratar de uma planta multiplicada via semente, é fundamental a utilização de genótipos superiores, bem como, de sementes com germinação e vigor elevado, a fim de, garantir o estabelecimento das plantas em campo. Sendo assim, a tecnologia de sementes tem procurado aprimorar os testes usados para avaliar o potencial fisiológico das sementes, com objetivo de que os resultados expressem o desempenho do lote sob condições de campo (DUTRA; VIEIRA, 2004).

O potencial fisiológico é rotineiramente avaliado pelos testes de germinação e vigor. Na germinação as condições estudadas no teste são favoráveis, permitindo que o lote expresse sua máxima capacidade de germinação e que diferentes lotes resultem em níveis semelhantes de germinação, fato que não prevê seu desempenho no campo, quando as condições de semeadura geralmente não são ótimas, podendo ter habilidades diferentes para o estabelecimento das plantas, devido à diferença no seu vigor (BERTOLIN; SÁ; MOREIRA, 2011; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). Neste sentido, o emprego de testes de vigor constitui uma alternativa para complementar informações, visando identificar lotes com maior probabilidade de um bom desempenho após a semeadura ou durante o armazenamento (GUEDES et al., 2009).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para se testar o vigor, porém, não existe método padronizado que possa ser recomendado para todas as espécies (MENDONÇA et al., 2008). Para muitas culturas agrícolas, testes como os baseados no desempenho das plântulas, avaliação de alterações bioquímicas e desempenho das sementes quando expostas a estresses, têm sido recomendado (ARAUJO et al., 2011; BERTOLIN; SÁ; MOREIRA, 2011; ZUCARELI et al., 2013). Neste sentido, dentre os testes de vigor que avaliam alterações bioquímicas nas

sementes, destaca-se a condutividade elétrica, pela sua facilidade de execução, fácil interpretação e rapidez nos resultados.

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio que com o progresso da deterioração das sementes, há perda na integridade dos sistemas de membranas da célula, aumentando assim, a sua permeabilidade, e consequentemente, a lixiviação de eletrólitos. Desta forma, o teste mede os eletrólitos liberados durante a reestruturação da membrana celular durante o processo de embebição das sementes, e os maiores valores de condutividade elétrica, caracterizam lotes de sementes menos vigorosos (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; SOARES et al., 2010). A perda dos lixiviados para a solução inclui açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos, destacando-se o potássio (K^+), que aparece em maior concentração na solução de embebição, sendo também, utilizado como um teste na determinação do vigor das sementes (FESSEL et al., 2010; SILVA; PAZETO; VIEIRA, 2012; MARCOS FILHO, 2015b).

A utilização da lixiviação de potássio como um teste de vigor tem sido utilizado como uma alternativa promissora para avaliação do potencial fisiológico de diferentes espécies, como sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) (BARBIERI et al., 2012), soja (*Glycine max* L.) (DIAS; MARCOS FILHO; CARMELO, 1995) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (DOURADINHO et al., 2015). Assim como no teste de condutividade elétrica, as sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de estruturação das membranas quando embebidas em água e consequentemente, liberam maior quantidade de exsudatos para o exterior da célula que aquelas mais vigorosas, logo, apresentam maior liberação de potássio (DIAS; MARCOS FILHO; CARMELO, 1995).

Em ambos os testes, o período de embebição das sementes para condução dos mesmos é um fator de grande importância na padronização, sendo responsável pela possibilidade de se obter resultados mais rápidos, o que permite pronta tomada de decisão durante o processo de produção (GASPAR; NAKAGAWA, 2002; KIKUT et al., 2009).

Portanto, o objetivo do trabalho foi verificar a eficiência de diferentes testes de vigor na avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno, bem como, avaliar o efeito do período de embebição das sementes nos resultados dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Sementes do Departamento de Agronomia, pertencente à Universidade Estadual de Londrina (UEL) em Londrina- PR. Foram utilizadas sementes de trigo sarraceno cultivar IPR-92 Altar, fornecidas pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), representadas por seis lotes, que foram armazenados em sacos de papel Kraft e mantidas sob temperatura constante de 10°C até a realização dos experimentos. Realizaram-se as seguintes avaliações:

Teor de água: duas repetições de 3g de sementes foram submetidas ao método de secagem em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009b).

Massa de mil sementes: determinada pela pesagem de oito repetições de 100 sementes, utilizando balança com sensibilidade de 0,001g, multiplicando a média dos resultados por 10, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes, e o resultado expresso em gramas (BRASIL, 2009b).

Germinação: realizou-se a semeadura de oito repetições de 50 sementes sobre duas folhas de papel toalha e coberta por uma terceira folha, umedecidas na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do papel seco. Em seguida, confeccionaram-se rolos quais foram mantidos em germinador do tipo Mangelsdorf, a temperatura de 25°C. Realizou-se a contagem sete dias após a instalação do teste, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009b), com os resultados expressos em porcentagem.

Primeira contagem: conduziu-se em conjunto com a germinação, sendo registrada a porcentagem de plântulas normais obtidas no quarto dia, após a instalação do teste (BRASIL, 2009b).

Comprimento de parte aérea e raiz: utilizaram-se oito repetições de 10 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas em uma fileira, direcionando-se a ponta da radícula para baixo, sobre duas folhas de papel toalha e cobertas por uma terceira folha, ambas umedecidas na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do papel seco. Posteriormente, confeccionaram-se rolos que foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em germinador do tipo Mangelsdorf a temperatura de 25°C e ausência de luz, por sete dias. O comprimento das plântulas

normais (parte aérea e raiz) foi mensurado com régua e expresso em milímetros (mm) com uma casa decimal, sendo as medidas de cada repetição somadas e divididas pelo número de plântulas normais mensuradas (NAKAGAWA, 1999).

Massa seca de parte aérea e raiz: realizado com as plântulas normais obtidas do comprimento de plântulas. Separou-se parte aérea e raiz, que foram acondicionadas separadamente dentro de saco de papel e levados à estufa com circulação de ar forçada a 80°C por 24 horas. Ao final deste período, a massa seca obtida pela pesagem em balança com precisão de 0,001g foi dividida pelo número de plântulas normais, e expresso em mg/plântula (NAKAGAWA, 1999).

Índice de velocidade de emergência: realizou-se a semeadura de oito repetições de 50 sementes em bandejas plásticas contendo areia e solo na proporção de 1/1. De acordo com análise física, o substrato enquadrou-se na classe textural de areno-argiloso, apresentando 57,11 e 32% de areia, silte e argila, respectivamente. As sementes foram dispostas sobre uma camada de substrato, a uma profundidade de 1 cm. Conduziu-se o teste em estufa, e a umidade foi mantida com irrigação diária. As avaliações foram realizadas diariamente a partir do início da emergência, registrando-se o número de plântulas emergidas até o décimo dia. Para o cálculo do índice utilizou-se a formula conforme Maguire(1962).

Emergência de plântulas em estufa: realizada em conjunto com o índice de velocidade de emergência. Após o período de dez dias, realizou-se a contagem final de plântulas emergidas, com o resultado expresso em porcentagem.

Teste de germinação a baixa temperatura: oito repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre dois papeis e cobertas por um terceiro, umedecidos na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do papel seco. Posteriormente, confeccionou-se rolos quais foram acondicionados em câmara de germinação do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 18°C durante sete dias, permanecendo no escuro até a contagem única, considerando as plântulas normais (DIAS; ALVARENGA, 1999).

Determinação da lixiviação de potássio: quatro repetições de 50 sementes foram imersas em 75mL de água destilada na temperatura de 25°C por períodos de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9; 12; e 24 horas. Posteriormente aos períodos de imersão, as sementes foram retiradas da solução e determinaram-se os íons de potássio, empregando o método de fotometria de chama a partir de leituras diretas na solução. O cálculo da lixiviação de potássio foi feito pela multiplicação da leitura

obtida no fotômetro (potássio/mL), pelo volume de água destilada (mL) e dividido pela massa da amostra (g), sendo os resultados expresso em ppm de potássio/g de semente (KIKUT et al., 2009).

Condutividade elétrica: quatro repetições de 50 sementes foram pesadas, com precisão de duas casas decimais, e em seguida colocadas em copo plástico (200 mL), contendo água destilada no volume de 75 mL, que foi preparada com antecedência de 24 horas em temperatura de 25°C visando o equilíbrio de temperatura. Os recipientes com as sementes foram mantidos em germinador a 25°C por períodos de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 e 24 horas. Após os períodos de embebição, a condutividade elétrica das soluções foi determinada por meio de leitura em condutímetro DiST® (Dissolved Solids Tester) e os resultados obtidos dividido pelo peso da repetição de modo que o resultado foi expresso em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes. À exceção dos períodos de embebição de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9 e 12, o teste foi conduzido conforme descrito por Vieira & Krzyzanowski(1999). Paralelamente, foi determinada a porcentagem de água absorvida pelas sementes após os períodos de embebição, para isso, realizou-se a pesagem de quatro repetições de 50 sementes antes e após os períodos de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 e 24 horas de imersão em água destilada, no volume de 75 mL a temperatura de 25°C. A porcentagem de água absorvida em cada tempo foi calculado pela formula:

$$\% \text{ de água absorvida: } \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

Onde:

Pi: peso inicial das sementes

Pf: peso final das sementes em cada tratamento

Os dados referentes à massa de mil sementes, teor de água e porcentagem de água absorvida após os períodos de embebição não foram submetidos à análise estatística e, para este ultimo, na plotagem dos dados na forma de gráfico, utilizou-se o Microsoft Office Excel.

Para as variáveis de germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de emergência, emergência de plântulas, germinação a baixa temperatura, comprimento e massa seca de raiz e parte aérea, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, correspondendo os lotes de sementes, com quatro ou oito repetições de acordo com a variável. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias comparadas

pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico R.

Para o estudo da condutividade elétrica e da lixiviação de potássio, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 X 8 (lotes e períodos de embebição) com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico R.

Realizou-se, ainda, o teste de coeficiente de correlação simples de Pearson (r), com significância dos valores de r determinados pelo teste t, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Genes, entre os testes de emergência de plântulas em estufa e os testes de vigor e germinação.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os seis lotes de sementes de trigo sarraceno apresentaram massa de mil sementes entre 31,0 e 32,3 g, ou seja, uma variação máxima de 1,3 pontos percentuais. Os teores de água inicial dos lotes situaram-se entre 12,4% e 13,4%, com uma variação máxima de 1,0%. Em ambas as variáveis, há proximidade entre os valores, e essa semelhança de valores é primordial para que os testes não sejam afetados por diferenças na atividade metabólica, velocidade de umedecimento (STEINER et al., 2011), bem como, na transferência de massa seca dos tecidos de reservas para o eixo embrionário. Em geral, tem-se verificado que o efeito do teor de água é estabilizado entre 10 a 14%, e é recomendada sua uniformização apenas quando estes estão fora dessa faixa para avaliações de vigor, como a condutividade elétrica (BARBOSA et al., 2012).

Na Tabela 1 encontram-se os resultados do teste de germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de emergência, emergência, germinação a baixa temperatura e comprimento e massa seca de raiz e parte aérea. Verifica-se que por meio do teste de germinação, os lotes não diferiram entre si. Resultados com elevado percentual de germinação não significam necessariamente, que os lotes possuem alto vigor, uma vez que o teste de germinação é conduzido sob condições favoráveis de temperatura, luminosidades, substrato e umidade, permitindo que o lote expresse o potencial máximo para produzir plântulas normais (GUEDES et al., 2009). Os resultados encontrados no

teste de germinação corroboram com o objetivo do teste de vigor mencionado por Marcos Filho (1999), que visa identificar diferenças importantes na qualidade fisiológica dos lotes comercializáveis, principalmente entre os que possuem poder germinativo semelhante. Em sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), resultados semelhantes foram encontrados, de modo a, identificar diferenças no potencial fisiológico, em lotes com poder germinativo semelhante (SILVA; VIERA, 2006). Com isso, justifica-se a aplicação de testes complementares ao de germinação, a fim de, separar em níveis de vigor os lotes de trigo sarraceno.

A primeira contagem da germinação, bem como, o índice de velocidade de emergência de plântulas, evidenciaram que os lotes 2 e 3 diferiram dos demais, indicando menor vigor. Com a avaliação da emergência de plântulas, as diferenças não detectadas pelo teste de germinação tornaram-se evidentes, como foi observado nos lotes 1, 2 e 3 que apresentaram baixo vigor, em razão das condições adversas que as sementes foram submetidas, às diferenças de qualidade fisiológica entre os lotes foram potencializadas. Tal fato, também foi verificado no teste de germinação a baixa temperatura, qual submete as sementes a um estresse, classificando como lotes de baixo vigor o 2, seguido do lote 1 e 2.

Para as variáveis de comprimento e massa seca de parte aérea e raiz, não houve diferença significativa. Ou seja, os testes não foram sensíveis em detectar diferenças de vigor entre os lotes. Apesar da massa de mil sementes entre os lotes sofrer variação percentual, a transferência de massa seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário não originaram plântulas com maior peso ou tamanho em função do maior acúmulo de matéria.

Tabela 1. Germinação (G), primeira contagem da germinação (PC), Índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), germinação a baixa temperatura (GBT), comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA), em seis lotes de sementes de trigo sarraceno.

Lotes	G	PC	IVE	E	GBT	CR	CPA	MSR	MSPA
	%			%			mm/plântula		
1	96 a	95 a	14,89 a	90 b	79 b	131,45 a	92,58 a	2,36 a	5,50 a
2	95 a	90 b	12,61 b	88 b	66 c	124,11 a	84,37 a	2,47 a	5,52 a
3	93 a	89 b	13,30 b	88 b	76 b	113,62 a	91,68 a	2,33 a	5,68 a
4	94 a	92 a	14,81 a	93 a	97 a	129,46 a	90,20 a	2,51 a	5,38 a
5	94 a	93 a	14,83 a	95 a	91 a	127,78 a	78,67 a	2,48 a	5,36 a
6	96 a	96 a	15,28 a	96 a	93 a	126,37 a	91,68 a	2,37 a	5,63 a
CV (%)	2,35	3,89	7,74	6,40	6,97	10,86	12,53	7,14	5,92

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A análise de correlação entre o teste de emergência de plântulas em estufa e os testes de germinação, primeira contagem da germinação, germinação a baixa temperatura, índice de velocidade de emergência, comprimento e massa seca de raiz e parte aérea encontram-se na Tabela 2. Verifica-se correlação significativa e positiva com a emergência de plântulas em estufa as avaliações de germinação a baixa temperatura ($r=0,88$) e o índice de velocidade de emergência ($r=0,83$).

Neste sentido, as avaliações de germinação a baixa temperatura e índice de velocidade de emergência (Tabela 1), proporcionam confiabilidade das avaliações quanto ao vigor dos lotes, classificando-os de forma adequada. De forma geral, a primeira contagem da germinação, comprimento e massa seca de raiz e parte área, não apresentaram confiabilidade na avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimado entre os resultados dos testes de emergência de plântulas em estufa (E) e os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (PC), germinação a baixa temperatura (GBT), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), obtidos de seis lotes de sementes de trigo sarraceno.

Testes	G	PC	GBT	IVE	CR	CPA	MSR	MSPA
E	0,251 ^{ns}	0,708 ^{ns}	0,877*	0,832*	0,500 ^{ns}	-0,206 ^{ns}	-0,374 ^{ns}	0,265 ^{ns}

^{ns, *} não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Os resultados de condutividade elétrica e lixiviação de íons potássio encontram-se nas Tabelas 3 e 4 respectivamente. Observaram-se em ambas as variáveis que com o avanço dos períodos de embebição, ocorreu aumento nos

valores de condutividade elétrica e no teor de potássio lixiviado. Em sementes de soja (*G. max* L.) também foi reportado o aumento progressivo nos valores de condutividade com o decorrer do período de embebição (CARVALHO et al., 2009), bem como, aumento nas quantidades de potássio lixiviado com o avanço do período de embebição (DIAS; MARCOS FILHO; CARMELO, 1995).

Sabe-se que para um teste de vigor ser considerado eficiente, ele deve proporcionar uma classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor de maneira proporcional a emergência a campo (MARCOS FILHO, 1999) e não somente apresentar alta correlação com o mesmo (ALBUQUERQUE et al., 2001). Neste sentido, os resultados dos testes de condutividade elétrica e da lixiviação dos íons de potássio quando submetidos a diferentes períodos de embebição, encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Verifica-se que em ambos os resultados, há alterações na ordenação dos lotes dentro dos períodos de embebição, não sendo compatível com as avaliações anteriores de classificação dos lotes. Portanto, não é possível indicar de maneira confiável, quais lotes de melhor e pior desempenho.

Tabela 3. Resultado da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de trigo sarraceno submetidas a diferentes períodos de embebição.

Lote	Períodos de embebição (h)															
	0,5		1		2		3		6		9		12		24	
1	19	aC	22	aC	23	aC	24	aC	37	aB	38	aB	40	aB	48	aA
2	9	bE	11	bE	14	bD	16	bD	25	cC	26	bC	30	cB	37	bA
3	9	bD	15	bC	16	bC	23	aB	26	cB	35	aA	36	bA	40	bA
4	12	bE	13	bE	18	bD	22	aD	28	cC	33	aB	35	bB	39	bA
5	11	bD	13	bD	18	bC	19	bC	28	cB	30	bB	32	cB	39	bA
6	11	bE	13	bE	18	bD	24	aC	32	bB	34	aB	35	bB	40	bA

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

Tabela 4. Resultado da lixiviação de íons de potássio (ppm.g⁻¹) em sementes de trigo sarraceno submetidas a diferentes períodos de embebição.

Lote	Períodos de embebição (h)			
	0,5	1	2	3
1	246,17 aE	412,57 aD	560,19 aC	612,88 aC
2	136,81 bF	296,77 aE	419,03 cD	405,72 bD
3	176,84 bE	389,27 aD	443,99 cD	532,66 aC
4	305,09 aE	340,54 aE	531,28 bD	572,92 aD
5	298,37 aD	350,75 aD	518,30 bC	521,60 aC
6	265,32 aD	342,98 aD	511,62 bC	596,83 aC

Lote	Períodos de embebição (h)			
	6	9	12	24
1	780,00 aB	817,18 aB	866,76 aB	1008,15 aA
2	601,51 bC	667,72 bB	716,26 bB	897,76 aA
3	617,05 bC	813,15 aB	880,45 aB	1019,42 aA
4	660,94 bC	797,93 aB	892,77 aA	953,75 aA
5	713,39 aB	683,08 bB	761,84 bB	987,21 aA
6	753,46 aB	758,53 aB	802,97 bB	1001,86 aA

CV (%)_ 9,91

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

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de íons de potássio não apresentaram correlação significativa com a emergência (Tabela 5), com exceção na lixiviação de íon de potássio no período de embebição de 0,5 horas, que apresentou correlação positiva com a emergência de plântulas. Embora apresente correlação, esta não está de acordo, pois no caso da lixiviação de íons de potássio, bem como na condutividade elétrica, espera-se um coeficiente de correlação negativo, ou seja, conforme o vigor aumenta, a liberação do íon diminui. Como verificado em trabalhos com sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.) (SPONCHIADO; SOUZA; COELHO, 2014), milho doce (*Zea mays* L.) (ZUCARELI et al., 2013) e triticale (*X. triticosecale* Wittmack) (STEINER et al., 2011). Portanto, esses resultados corroboram com as Tabelas 3 e 4, que demonstram inconsistência na separação de lotes.

Em sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) o teste de condutividade elétrica não foi eficiente em estratificar os lotes de sementes em níveis de vigor (SOARES et al., 2010). Semelhantemente, os testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio também não foram eficientes na avaliação de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Longo, Pérez, Murcia (1999) ao estudarem a condutividade elétrica em aquênios de girassol (*H. annuus* L), verificaram que o pericarpo é uma estrutura lignificada portadora de substâncias capazes de produzir um aumento na condutividade e sua presença prejudica a avaliação do estado deteriorativo das membranas de girassol, induzido a erros de interpretação. Neste sentido, ao realizar os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio com os aquênios (pericarpo e semente) de trigo sarraceno, não foi possível identificar um melhor períodos de embebição para ser usado nestes testes.

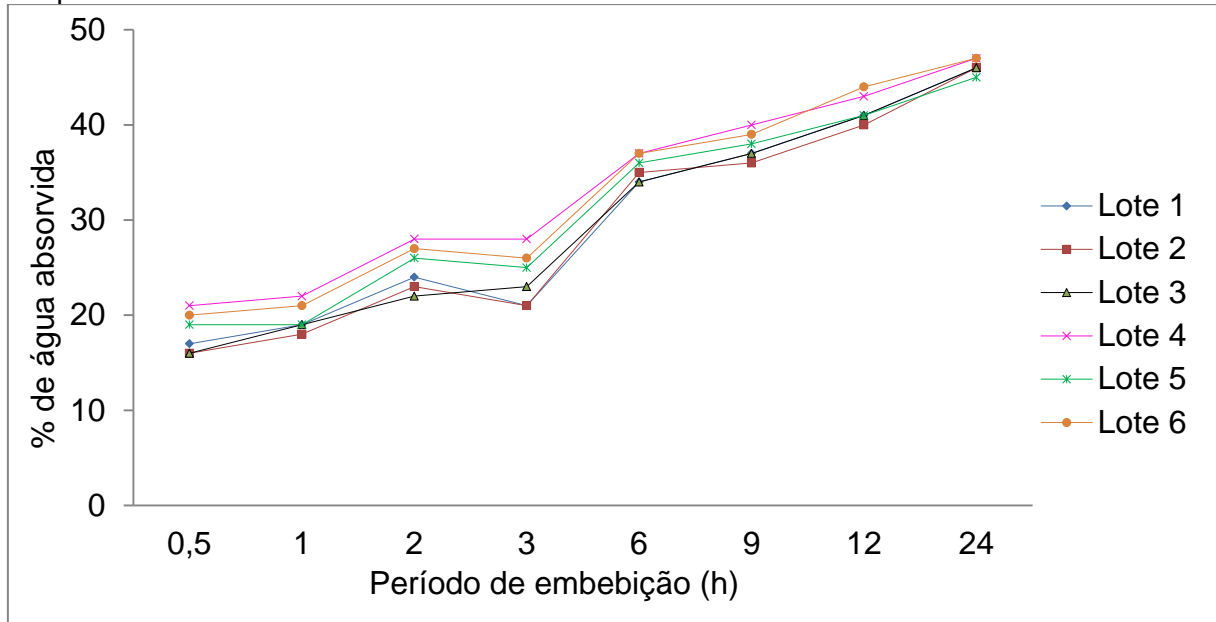
Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os resultados do teste de emergência de plântulas em estufa e os testes condutividade elétrica (CE) e lixiviação de íons de potássio (K) avaliados em seis lotes de sementes de trigo sarraceno, quando embebidas em 75 mL de água destilada por diferentes períodos de embebição a 25°C.

	CE 0,5h	CE 1h	CE 2h	CE 3h	CE 6h	CE 9h	CE 12h	CE 24h
E	0,410 ^{ns}	-0,271 ^{ns}	0,256 ^{ns}	0,286 ^{ns}	0,308 ^{ns}	0,000 ^{ns}	-0,073 ^{ns}	-0,104 ^{ns}
	K 0,5h	K 1h	K 2h	K 3h	K 6h	K 9h	K 12h	K 24h
E	0,835*	-0,131 ^{ns}	0,388 ^{ns}	0,605 ^{ns}	0,591 ^{ns}	-0,141 ^{ns}	-0,071 ^{ns}	0,243 ^{ns}

^{ns, *} não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Após os períodos de embebição, foi mensurada a porcentagem de água absorvida pelas sementes (Figura 2), e verificou-se aumento na porcentagem de água absorvida conforme se acresceu o tempo de embebição. Além disso, observou-se em todos os lotes que no período de 24 horas embebição algumas sementes iniciaram o processo de protrusão da raiz primária, tal fato é confirmado pelo valor médio de água absorvido, próximo a 50%. Também em sementes de feijão, a emissão da radícula situa-se no intervalo de 48-50% (SHIOGA; SILVA, 1998). Tal informação é importante para determinação do período de condução da condutividade elétrica e a lixiviação de íons potássio, pois o início do crescimento da plântula é fator a interferir nos resultados de leitura dos testes.

Figura 2. Porcentagem de água absorvida em sementes de trigo sarraceno quando submetidas aos períodos de embebição de 0,5; 1; 2; 3; 6; 9; 12 e 24 em solução de 75 mL a temperatura de 25°C.



3.6 CONCLUSÕES

Os testes de germinação a baixa temperatura e índice de velocidade de emergência foram eficientes em separar os lotes de semente de trigo sarraceno em níveis de vigor.

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de íons de potássio, nos períodos avaliados, não foram eficientes para ranquear os lotes de semente de trigo sarraceno quanto ao vigor.

Por meio dos testes de vigor, constatou-se que os lotes 4, 5 e 6 são mais vigorosos que os demais lotes.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esclarecimentos referentes à eficiência de diferentes testes de vigor na avaliação do potencial fisiológico e o estudo do período de embebição das sementes nos resultados dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio em sementes de trigo sarraceno, foram obtidos com a pesquisa. Contudo, o contínuo estudo da tecnologia de sementes em trigo sarraceno se faz necessário, visto o uso potencial da cultura, bem como, os escassos estudos no país com a espécie.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, L. F. T.; MARQUES, P. V.; FIALHO, E. T.; FREITAS, A. A.; BLUME, E. Trigo-mourisco na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 21, n. 5, p. 453-460, 1986.
- ALBUQUERQUE, M. C. F.; MORO, F.V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M.C. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 1–8, 2001.
- ALEKSEYEVA, E. S.; BUREYKO, A. L. Bee visitation, nectar productivity and pollen efficiency of common buckwheat. **Fagopyrum**, v. 17, p. 77-80, 2000.
- ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal X ours in gluten-free bread formulations. **European Food Research and Technology**, v. 230, n. 3, p. 437-445, 2010.
- ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M. R.; SOUZA, F. L. G.; CORRÊA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e de proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 119–125, 2004.
- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383-389, 2015.
- ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; HEBERLE, E.; ZONTA, F. M. G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 123–130, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testinghandbook**. AOSA. 1983. 93p. (Contribution, 32).
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 62–70, 2005.
- BALDANZI, G.; AMARAL, R. S. F. **O sarraceno**. Curitiba: Secretaria de agricultura/ Departamento de produção vegetal, 1963. 55p.
- BARBIERI, A. P. P; MENEZES, N. L.; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. M. 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.; MADEIROS, M. A.; CENTURION, M. A. P. C.; VIEIRA, D. V. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 45–51, 2012.

- BARROS, D. I.; NUNES, H. V.; DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 12–16, 2002.
- BARROZO, M. A. S.; MUJUMDAR, A.; FREIRE, J. T. Air-drying of seeds: a review. **Drying Technology**, v. 32, n. 10, p. 1127-1141, 2014.
- BENTSINK, L.; KOORNNEEF, M. Seed dormancy and germination. **The arabidopsis book**, v. 6, p. 1-18, 2008.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011.
- BINO, R. J.; JALINK, H.; OLUOCH, M. O.; GROOT, S. P. C. Seed research for improved technologies. **Scientia Agricola**, v. 55, n. especial, p. 19-26, 1998.
- BLACK, M.; BEWLEY, J. D.; HALMER, P. **The encyclopaedia of seeds: science, technology and uses**. Wallingford: CABI, 2006. 828p.
- BRASIL. **Glossário ilustrado de morfologia**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009a. 406p.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009b. 399p.
- BRINK, M.; BELAY, G. **Plant Resources of Tropical Africa 1 Cereals and pulses**. Wageningen: PROTA Foundation, 2006. 298p.
- CAMPBELL, C. G. **Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 19**. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 1997. 93p.
- CARVALHO, L. F.; SEDIYAMA, C. S.; REIS, M. S.; DIAS, D. C. F. S.; MOREIRA, M. A. Influencia da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 09-17, 2009.
- CHAUHAN, R. S.; GUPTA, N.; SHARMA, S. K.; RANA, J. C.; SHARMA, T. R.; JANA, S. Genetic and genome resources in buckwheat- present status and future perspectives. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 33-44, 2010.
- CHEN, Q. Discussion on the origin of cultivated buckwheat in genus *Fagopyrum* (Polygonaceae). **The 8th. international buckwheat symposium in Korea**, p. 207-213, 2001.
- CONCEIÇÃO, P. M.; SEDIYAMA, C. A. Z.; VIEIRA, R. F.; GALVÃO, J. C. C.; CORRÊA, M. L. P.; CONCEIÇÃO, P. S. Estimativa do vigor de sementes de milho através da avaliação do sistema radicular de plântulas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 600–606, 2012.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of Seed Science and Technology**. 3 ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1991. 409p.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T. POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

DELL'AQUILA, A. Development of novel techniques in conditioning, testing and sorting seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 608-624, 2009.

DIA, D. C. F. S.; MARCOS FLHO, J.; CARMELO, Q. A. C. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja [*Glycine max* (L.)Merrill]. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 3, p. 444-451, 1995.

DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C.; TOKUHISA, D.; HILST, P. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 154-162, 2006.

DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Teste de germinação a baixa temperatura. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. DE B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-4

DOURADINHO, G. Z.; SOUZA, G. E.; OLIVEIRA, C. P.; 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.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004.

EGGUM, B. O.; KREFT, I.; JAVORNIK, B. Chemical composition and protein quality of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 30, n. 3-4, p. 175-179, 1980.

ELIAS, S. G.; COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. L.; BAALBAKI, R. Z. **Seed testing : principles and practices**. East Lansing: Michigan State University Press, 2012. 364p.

FAOSTAT. **Data on food and agriculture**. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data>>. Acesso em: 28 março 2017.

FAVARATO, L. F.; ROCHA, V.S.; ESPÍNDULA, M.C.; SOUZA, M.A.; PAULA, G.S. Teste de lixiviação de potássio para avaliação da qualidade em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 670-674, 2011.

FESSAS, D.; SIGNORELLI, M.; PAGANI, A.; MARIOTTI, M.; IAMETTI, S.; SCHIRALDI, A. Guidelines for buckwheat enriched bread: Thermal analysis approach. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 91, n. 1, p. 9-16, 2008.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FICK, G. L.; HIBBARD, R. P. A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. **Michigan Academy of Science, Arts, and Letters**, v. 5, p. 95–103, 1925.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016.

FREITAS, R. A. DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; OLIVEIRA, M. G. A. Testes fisiológicos e bioquímicos na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 84–91, 2004.

FURLAN, A. C.; SANTOLIN, M. L. R.; SCAPINELLO, C.; MOREIRA, I.; FARIA, H. G. Avaliação nutricional do trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) para coelhos em crescimento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 21-26, 2006.

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 82–89, 2002.

GONÇALVES, F. M. F.; DEBIAGE, R. R.; SILVA, R. M. G. P.; PETRÔNIO, P. *Fagopyrum esculentum* Moench: A crop with many purposes in agriculture and human nutrition. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 12, p. 983-989, 2016.

GONDOLA, I.; PAPP, P. P. Origin, geographical distribution and phylogenetic relationships of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.). **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 17-32, 2010.

GRZYBOWSKI, C. R. S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciencia Agrônômica**, v. 46, n. 3, p. 590-596, 2015.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; SANTOS, S. R. N.; LIMA, C. R. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae -Papilionoideae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1360–1365, 2009.

GUO, Y.-Z.; CHEN, Q. -F.; YANG, L. -Y.; HUANG, Y.-H. Analyses of the seed protein contents on the cultivated and wild buckwheat *Fagopyrum esculentum* resources. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 7, p. 1465-1472, 2007.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.

Handbook of vigour test methods. Zurich: The International Seed Testing Association. 2017.

KATAR, D.; OLGUN, M.; TURAN, M. Analysis of morphological and biochemical characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in comparison with cereals. **CyTA - Journal of Food**, v. 14, n. 2, p. 176-185, 2015.

KIKUT, 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**, v. 30, n. 1, p. 10-18, 2009.

KLEIN, V. A.; NAVARINI, L. L.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; COSTA, L. O. Trigo mourisco : uma planta de triplo propósito e uma opção para rotação de culturas em áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.177. p. 33-35, 2010.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. DE B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-8.

LONGO, O.; PÉREZ, A. H.; MURCIA, M. Efecto de la presencia de pericarpo sobre los valores de conductividad em semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) com diferentes niveles de deterioro. **Informativo ABRATES**, v. 9, n. 1/2, p. 149, 1999.

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

LOTT, J. N.; CAVDEK, V.; CARSON, J. Leakage of K, Mg, Cl, Ca and Mn from imbibing seeds, grains and isolated seed parts. **Seed Science Research**, v. 1, n. 4, p. 229–233, 1991.

MACHADO, C. G.; MARTINS, C. C.; SANTANA, D. G.; SANIELLE, S.; OLIVEIRA, C. Adequação do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pisum sativum* subsp. Arvense. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 988-995, 2011.

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

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p.1-21.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015a.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015b. 659p.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W. T. The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. **International Seed Testing Association**, v. 36, n. 3, p. 553–563, 1967.

MATTIONI, F.; ALBUQUERQUE, M. C. D. F. E.; MENDONÇA, E. A. F. Desempenho de sementes de algodoeiro submetidas a diferentes tipos de estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 80–85, 2009.

- MCDONALD JR, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Association of Official Seed Analysts and the Society of Commercial Seed Technologists**, v. 65, p. 109-139, 1975.
- MENDONÇA, E. A. F.; AZEVEDO, S. C. A.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 1–9, 2008.
- MIGUEL, M. V. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 315–319, 2002.
- NAIR, A.; ADACHI, T. Immunodetection and characterization of allergenic proteins in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). **Plant Biotechnology**, v. 16, n. 3, p. 219–224, 1999.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24.
- PACE, T. **Cultura do trigo sarraceno: História, botânica e economia**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1964. 71p.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 97-105, 2007.
- PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária (UFPel), 2003. 415p.
- POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.
- PRAKASH, S.; YADAV, K. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) as a functional food: a nutraceutical pseudocereal. **International Journal of Current Trends in Pharmacobiology and Medical Sciences**, v. 1, n. 3, p. 1-15, 2016.
- QINYUAN, L.; MANXIA, Y. Preliminary investigation on buckwheat origin in Yunnan, China. **Proc. 5th Int. Symp. on Buckwheat**, p. 44-48, 1992.
- RAJJOU, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J.; JOB, C.; JOB, D. Seed germination and vigor. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, n. 1, p. 507-533, 2012.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L. DE; VILLELA, F. A. Teste de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 28-35, 2003.
- SANTOS, L. A. S.; ROSSETTO, C. A. V. Testes de vigor em sementes de *Crambe abyssinica*. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 223–238, 2013.

SEAB/DERAL. **Área e produção de trigo mourisco por município do paraná,** 2015. Disponível em:

<<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/RelMunicipal20151versao.pdf>>
Acesso em 09 fevereiro 2017.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. Vigor tests to evaluate the physiological quality of corn seeds cv. "Sertanejo". **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, p. 1–7, 2017.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. Vigor de sementes de milho cv. "Sertanejo" por testes baseados no desempenho de plântulas. **Ciência Rural**, v. 45, n. 11, p. 1910–1916, 2015.

SHIOGA, P. S.; SILVA, W. R. Controle da hidratação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 8–14, 1998.

SILVA, C. D.; PAZETO, M. S. R.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and mineral composition of the imbibition solution of bean seeds during storage. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 147-155, 2012.

SILVA, J. B.; VIERA, R. D. Avaliação do potencial fisiológica de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 128–134, 2006.

SILVA, V. N.; CICERO, S. M. Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 145-151, 2014.

SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; SILVA, A. C.; PÓVOA, J. S. R. **Avaliação de Genótipos de Mourisco na Região do Cerrado**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 20 p.

SOARES, M. M.; CONCEIÇÃO, P. M.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Testes para avaliação do vigor de sementes de sorgo com ênfase à condutividade elétrica. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 391-397, 2010.

SOUZA, G. E.; STEINER, F.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, S. C.; SIH LIO, J. S. C. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de sementes de algodão. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 35–41, 2014.

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 Agrarias**, v. 35, n. 4, p. 2405–2414, 2014.

STEADMAN, K. J.; BURGOON, M. S.; LEWIS, B. A.; EDWARDSON, S. E.; OBENDORF, R. L. Buckwheat seed milling fractions: description , macronutrient composition and dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, v. 33, n.3, p. 271-278, 2001.

STEINER, F.; OLIVEIRA, S. S. C.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. J. S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de triticales. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 200–204, 2011.

TEKRONY, D. M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.31, p.435-447, 2003.

TETLOW, I. J. Starch biosynthesis in developing seeds. **Seed Science Research**, v. 21, n. 1, p. 5–32, 2011.

TIMOTIJEVIC, G. S.; RADOVIC, S. R.; MAKSIMOVIC, V. R. Characterization of aspartic proteinase activity in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 7, p. 2100-2104, 2003.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 151-158, 2005.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. DE B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.

WIJNGAARD, H. H.; ARENDT, E. K. Buckwheat. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 4, p. 391-401, 2006.

WIJNGAARD, H. H.; RENZETTI, S.; ARENDT, E. K. Microstructure of buckwheat and barley during malting observed by confocal scanning laser microscopy and scanning electron microscopy. **Journal Of The Institute Of Brewing**, v. 113, p. 34–41, 2007.

XUEGUAN, Z.; YUANYUAN, G.; XIU, W.; CUILING, L.; WANG, S.; QINGCUN, F. Research on tomato seed vigor based on X-ray digital image. **Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology IV**, v. 10020, p. 1-11, 2016.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; JUNIOR, E. U. R.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de íons potássio, cálcio e magnésio para determinação do vigor em sementes de milho doce. **Informativo ABRATES**, v. 23, n. 3, p. 56–60, 2013.