

ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA TESTES DE SEMENTES: UMA REVISÃO DE LITERATURA

STATISTICAL ANALYSIS FOR SEED TESTS: A LITERATURE REVIEW

Janine Farias Menegaes¹

RESUMO

A semente é o ponto-chave para o sucesso da produção vegetal, sendo esse uma área do conhecimento que demanda pesquisas constantes e contínuas. Sendo crucial o planejamento experimental e estatísticos, para verificar as qualidades das sementes ao mesmo tempo que as preservam. Assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura referente as formas de análise estatística para testes de sementes, com foco nos testes rápidos. A metodologia utilizada constitui-se de uma pesquisa bibliográfica por meio de artigos científicos, livros e anais de eventos e endereços eletrônicos científicos, utilizando as palavras-chave como: sementes, experimentos com sementes, parcelas, testes rápidos, germinação e vigor de sementes. Para tal foram consultados 90 documentos citados ao longo dessa revisão e indicados nas referências. Conclui-se que nas áreas das ciências agrônômicas e afins a precisão experimental possibilita evolução do setor agrícola, em especial sobre tecnologia e de beneficiamento de sementes.

Palavras-chave: experimentos com sementes; testes rápidos; germinação; vigor de sementes.

ABSTRACT

The seed is the key point for successful plant production, which is an area of knowledge that demands constant and continuous research. Experimental planning and statistics are crucial to verify the qualities of the seeds while preserving them. Thus, the objective of the present work was to carry out a literature review regarding forms of statistical analysis for seed testing, focusing on rapid tests. The methodology used consists of a bibliographical research through scientific articles, books and annals of events and scientific electronic addresses, using keywords such as: seeds, experiments with seeds, plots, quick tests, germination and seed vigor. To this end, 90 documents cited throughout this review and indicated in the references were consulted. It is concluded that in the areas of agronomic and related sciences, experimental precision enables the evolution of the agricultural sector, especially regarding technology and seed processing.

Keywords: seed experiments; rapid tests; germination; seed vigor.

¹ Eng. Agrônoma, Doutora e professora do Departamento de Produção Vegetal - Horticultura da UNESP câmpus Botucatu, Botucatu, SP. E-mail: janine.menegaes@unesp.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6053-4221>

INTRODUÇÃO

A semente é um dos insumos agrícolas mais importante, pois nela contém as potencialidades produtivas da planta e a preservação dos recursos genéticos vegetais fundamentais para a garantia da sustentabilidade e segurança alimentar. As qualidades dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários determinam a capacidade da semente de originar plantas de alta produtividade (MACHADO, 1988; POPINIGIS, 1985) e, ao longo do tempo esses atribuídos vão se modificando.

A preservação das qualidades das sementes para a implantação da lavoura ocorre devido aos seus tratamentos, que consistem na aplicação de processos e substâncias sobre as mesmas, que auxiliam na expressão do seu potencial genético, visando, especialmente, o vigor das sementes e a eficiência do controle de fitopatógenos (MENTEN; MORAES, 2010).

Em que a qualidade de um experimento está na forma em que o mesmo é planejado. Pois, o planejamento experimental requer cuidados por parte do pesquisador de forma a atender os princípios da repetição e da casualização, os quais resultam no controle local e na minimização do erro experimental, este inerente à pesquisa.

As repetições experimentais são necessárias para estimar o erro experimental e para avaliar de forma mais precisa o efeito de cada tratamento (alternativas propostas para resolver um “x” problema), podendo este ser composto por uma ou várias unidades experimentais, fornecendo dados a serem analisados e comparados. Já, a casualização das unidades experimentais proporciona a obtenção de estimativas imparciais das médias dos tratamentos e do erro experimental (independência do erro). E, por fim, o controle local propicia a homogeneização do ambiente de desenvolvimento do experimento, o que consiste em dividir ambientes heterogêneos em subambientes homogêneos, com o objetivo de fundamentar o delineamento experimental (BANZATTO; KRINKSA, 2013; STORCK; LOPES; LÚCIO, 2004).

A qualidade de um experimento, também, é avaliada pela qualidade da análise estatística verificando o atendimento dos pressupostos do modelo matemático da análise de variância (ANOVA). Para dados paramétricos busca-se a satisfação de pressupostos, principalmente, quanto à normalidade dos erros e a homogeneidade de variâncias dos tratamentos (BANZATTO; KRINKSA, 2013; SANTANA; RAMAL, 2004). Lúcio *et al.* (2012a) e Storck *et al.* (2011) relatam que a violação dos pressupostos compromete a confiabilidade dos resultados dos testes de dados paramétricos, como, a análise de variância, a comparação de médias e a análise de regressão. Sendo necessária a transformação destes dados com intuito de satisfazer às pressuposições, por análises não paramétricas.

Assim, a redução do erro experimental e o aumento da precisão experimental tornam-se pontos-chaves para a qualificação dos experimentos de magnitude aceitável. Em que a aplicação de métodos de determinação do tamanho de parcelas e/ou amostras experimentais fundamentam esta qualificação, bem como, a determinação do número de repetições, forma de casualização e manutenção

da uniformidade ambiental e de manejo, sendo estes procedimentos indispensáveis para a execução de um experimento (STORCK *et al.*, 2005; 2011).

Todavia, são muitos os fatores que influenciam a precisão experimental, por exemplo, as heterogeneidades edafoclimáticas e do material experimental (mudas, folhas, raízes, sementes, grãos, flores, frutos, entre outros), as competições intra e interparcelar, amostragens, incidência de fitopatógenos, entre outros. Visando, assim, reduzir o erro experimental em magnitude aceitáveis a estimativa do tamanho ótimo de parcela ou de amostras, independentemente da cultura e da sua finalidade, deve ser representativa da população de plantas estudada. E, a obtenção de dados precisa ser realizada de maneira a aumentar a precisão experimental, de maximizar as informações e a utilização de recursos, possibilitando futuros trabalhos (SANTOS *et al.*, 2015a; SILVA *et al.*, 2012; STORCK *et al.*, 2011).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura referente as formas de análise estatística para testes de sementes, com foco nos testes rápidos.

METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho realizou-se uma revisão de literatura baseada em artigos científicos, livros e anais de eventos, todos referente a temática abordada conforme sugerido por Pereira *et al.* (2018). Para a obtenção das referências citadas neste trabalho foram consultados os sites eletrônicos de pesquisa, como, *SciELO*, Google Acadêmico e Portal de Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Utilizando seguintes palavras-chave para essa pesquisa: “sementes, experimentos com sementes, parcelas, testes rápidos, germinação e vigor de sementes”. Para tal foram consultados 90 documentos citados ao longo dessa revisão e indicados nas referências.

QUALIDADE DOS EXPERIMENTOS

A importância do tamanho de parcelas ou de amostras experimentais é observada na condução de experimentos agrícolas, obtendo ganho positivo na mensuração de caracteres biométricos e morfológicos das plantas, bem como, o empenho e uso dos recursos humanos e financeiros, contudo, este tamanho deve ser representativo da população de plantas que se está investigando, dentro de um grau de confiança desejado (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010; 2014; LÚCIO *et al.*, 2003; SANTANA; RAMAL, 2004).

Santos *et al.* (2015a) relatam a limitação dos recursos financeiros e humanos como um entrave nos programas de melhoramento genético de plantas, sobretudo, para a avaliação de sementes e de poliembrionia em citros, pois esta atividade caracteriza por ser um processo minucioso e demorado. Brito *et al.* (2012) afirmam que uma forma para contribuir com a qualidade dos experimentos está na

adequação de métodos com regras objetivas para minimizar o erro experimental, como, a determinação do tamanho ótimo de parcelas. Donato *et al.* (2008) afirmam que a correta caracterização do tamanho da parcela no planejamento experimental, independentemente dos objetivos, confere maior precisão, endossando a extrapolação dos resultados.

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com foco na qualificação dos experimentos quanto ao tamanho de parcela para diversas culturas de interesse agroeconômico em distintas situações de cultivos e finalidades, por exemplo, tamanho de parcela de:

- abóbora italiana (*Cucurbita pepo* L.) para parâmetros biométricos em cultivo em estufa (SOUZA *et al.*, 2002);
- alface (*Lactuca sativa* L.) para experimentos em estufa, em túnel e a campo (LÚCIO *et al.*, 2011);
- algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para caracterização da altura de plantas (FREITAS *et al.*, 2001);
- arroz (*Oryza sativa* L.) para variáveis relacionadas à respiração microbiana da planta e do solo e, para a determinação do tamanho de parcela pelo método de curvatura máxima (CONFALONIERI *et al.*, 2009; ROJAS; FLORES, 2014), respectivamente;
- aveia (*Avena sativa* L.) para avaliar o rendimento de grãos de diferentes cultivares (LAVEZO *et al.*, 2017);
- bananeira (*Musa* spp.) para avaliação de descritores fenotípicos (DONATO *et al.*, 2008);
- batata (*Solanum tuberosum* L.) para investigar as relações da largura e do comprimento do tubérculo pelo método da regressão múltipla (STORCK *et al.*, 2005);
- cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para experimentos produção de mudas (FIRMINO *et al.*, 2012);
- cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) para possibilitar a estimação eficiente de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de produção (LEITE *et al.*, 2009);
- candeia (*Eremanthus erythropappus* (D.C.) MacLeish) para avaliação de características dendrométricas (OLIVEIRA *et al.*, 2011);
- canola (*Brassica napus* L.) para a avaliação da produção de matéria verde (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2015a);
- cenoura (*Daucus carota* L.) para avaliação de caracteres em sistemas de cultivo agroecológico (SILVA; VIEIRA; VILLELA, 2009);
- crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) para relações lineares de caracteres morfológicos e produtivos (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010);
- cravina-chinesa (*Dianthus chinensis* L.) para o cultivo em diferentes substratos (LOPES *et al.*, 2016);
- crotalaria-juncea (*Crotalaria juncea* L.) para determinação do método de curvatura máxima (FACCO *et al.*, 2017);

- ervilhaca (*Vicia sativa* L.) para avaliar o número de repetições (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2017);
- eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill) para povoamentos lineares (MUNIZ *et al.*, 2008);
- feijão-gundu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para a estimação da média de caracteres produtivos (FACCO *et al.*, 2016);
- feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para verificar o comportamento da precisão experimental e produção (SANTOS *et al.*, 2012);
- girassol (*Helianthus annuus* L.) para arranjos espaciais de plantas e para experimentação em campo (SANTOS *et al.*, 2015b; SOUSA; SILVA; ASSIS, 2016), respectivamente;
- goiabeira (*Psidium guajava* L.) para avaliação do estado nutricional das plantas com e sem irrigação (ROZANE *et al.*, 2009);
- laranjeira (*Citrus sinensis* L.) para a determinação das lesões provocadas por cancro-cítrico (BELASQUE JUNIOR *et al.*, 2008);
- macieira (*Malus domestica* L.) para estimação de caracteres de pós-colheita em armazenamento refrigerado (TOEBE *et al.*, 2014);
- mamoeiro (*Carica papaya* L.) para cultivo de mudas em casa de vegetação (LIMA *et al.*, 2007);
- mamoneira (*Ricinus communis* L.) para a estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2012a);
- milho (*Zea mays* L.) para avaliar diferentes métodos e as repercussões na precisão experimental e, estimação da média e do coeficiente de variação (STORCK *et al.*, 2006; TOEBE *et al.*, 2014), respectivamente;
- morangueiro (*Fragaria x ananassa*) para cultivo em solo e em hidroponia (COCCO *et al.*, 2009);
- nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) para a estimação de caracteres morfológicos e produtivos (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2014);
- noqueira-pecã (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) para parâmetros biométricos dos frutos (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2015b);
- pimentão (*Capsicum annuum* L.) para avaliação de características em estufa plástica (LÚCIO *et al.*, 2003);
- pimenteiras (*Capsicum baccatum*; *C. chinense*; *C. frutescens*) para caracterização morfológica de frutos (SILVA *et al.*, 2011);
- rabanete (*Raphanus sativus* L.) para as variáveis produtivas pelos métodos de estimação (SILVA; RÊGO; CECON, 2012);
- soja (*Glycine max* L.) para diferentes cultivares (MARTIN *et al.*, 2005);
- sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* L.) para épocas de semeadura e produtividade com diferentes densidades de plantas (BRUM *et al.*, 2008; LOPES *et al.*, 2005), respectivamente;

- tangerineira (*Citrus reticulata* L.) para a determinação das lesões provocadas por cancro-cítrico (BELASQUE JUNIOR *et al.*, 2008);
- tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) para variáveis de crescimento e produtividade (LÚCIO *et al.*, 2012);
- tremço-branco (*Lupinus albus* L.) para a avaliação de caracteres de produção (BURIN *et al.*, 2014);
- trigo (*Triticum aestivum* L.) para da produção em diferentes sistemas de plantio (NETO *et al.*, 2009).

TESTES DE SEMENTES

Contextualizando para a área de semente, o delineamento experimental segue parâmetros e modelos predeterminados que conferem a qualidade estatística do experimento, assim, precisa-se conhecer a variância da população de sementes e estabelecer a magnitude da diferença dos resultados que se pretende encontrar entre os grupos estudados (lotes) (BANZATTO; KRNKSA, 2013). Ferreira e Borghetti (2004) consideram uma população de sementes a que apresentam características agronômicas (biométricas e morfofisiológicas) próximas de uma mesma espécie, cultivar ou variedade, que foram submetidas às mesmas condições edafoclimáticas.

Deste modo, a população de sementes no processo de pós-colheita ou beneficiamento receberá uma triagem para a retirada das sementes de outras espécies, danificadas, de coloração acentuada ao da população, das impurezas e, por fim, realizar-se-á separação por tamanho. Assim, obtêm-se sementes com características agronômicas uniformes e homogêneas denominando-se como lote. E, deste lote retirar-se-á uma amostra a ser submetida aos testes de verificação das qualidades, principalmente, físicas e fisiológicas (BRASIL, 2009; FERREIRA; BORGHETTI, 2004), os mesmos testes são verificados na pesquisa com as mais distintas finalidades, destacando, os testes fisiológicos de vigor e germinação.

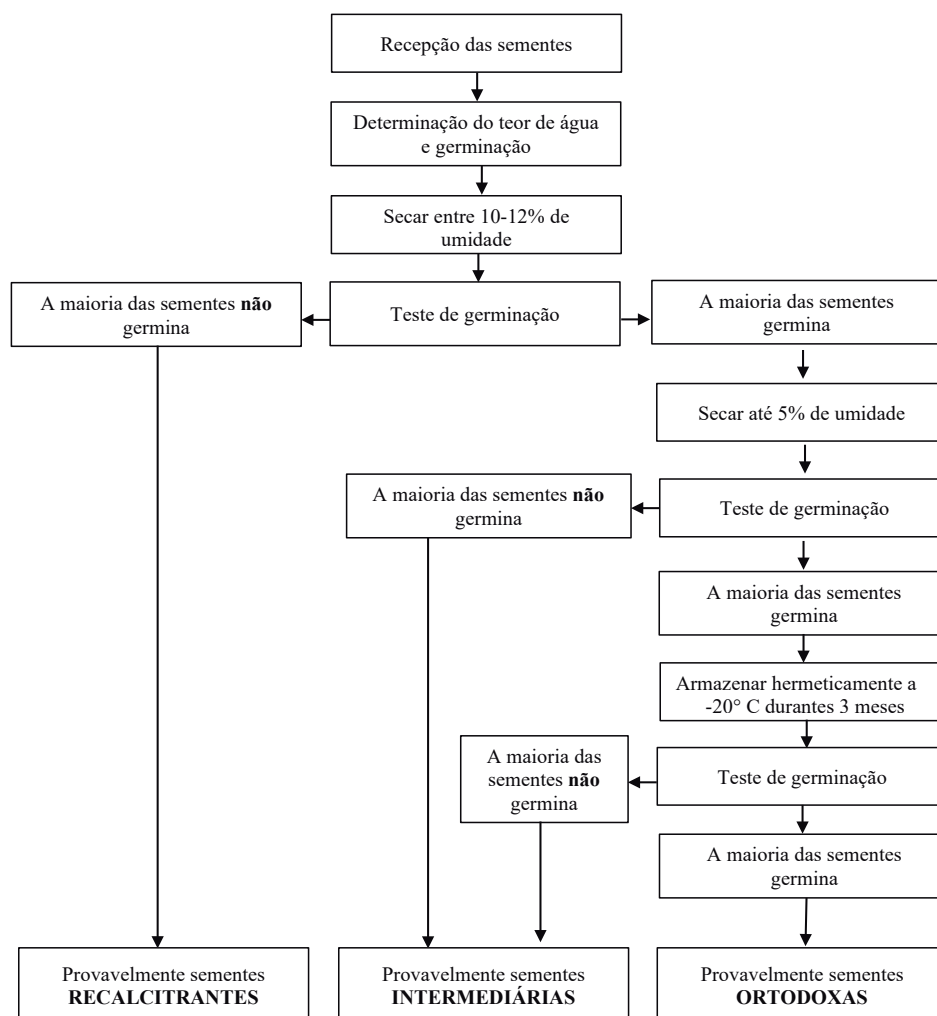
A avaliação da qualidade fisiológica, bem como das qualidades genéticas, físicas e sanitárias, ocorre de diversas formas, sendo específicas a cada espécie, algumas já são preconizadas pelas Regras de Análises de Sementes (RAS; BRASIL, 2009a) e pelo Manual de Análise Sanitária de Sementes (MAS; BRASIL, 2009b) do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Ferreira e Borghetti (2004) destacam que a redução do número de sementes e de repetições implicam na maximização do erro experimental e na baixa precisão, sobretudo, quanto realizados os experimentos em condições ambientais com alta variação, como, de temperatura.

A longevidade e a viabilidade das sementes são classificadas em categorias, como, ortodoxa, recalcitrante e intermediária, em função ao seu comportamento frente à tolerância a dessecação e ao armazenamento em diferentes condições ambientais (ELLIS, 1991; MARCOS-FILHO, 2015;

ROBERTS, 1973; WALTERS *et al.*, 2013). Hong e Ellis (1996) desenvolveram um protocolo que permite identificar o grau de tolerância das sementes a dessecação (Figura 1), classificadas, como:

- **sementes ortodoxas:** são as que podem ser submetidas a secagem até atingir baixos teores de água e toleram a exposição a temperaturas relativamente baixas, sem ocorrências de danos ao metabolismo durante o armazenamento por longos períodos. Das angiospermas aproximadamente 75% das espécies produzem sementes ortodoxas, em que estas apresentam equilíbrio médio próximo de 10-13% umidade relativa do ar (UR);
- **sementes recalcitrantes:** são as incapazes de sobreviver ao armazenamento em ambientes secos e são sensíveis a dessecação e a baixas temperaturas. Das angiospermas aproximadamente 10% das espécies produzem sementes recalcitrantes, em que estas apresentam equilíbrio médio próximo de 90% UR (-1,5 a -2 MPa);
- **sementes intermediárias:** são as que apresentam características intermediárias as sementes ortodoxas e recalcitrantes, com desempenho germinativo a diferentes níveis de temperatura e dessecação. Das angiospermas aproximadamente 15% das espécies produzem sementes intermediárias, em que estas apresentam equilíbrio médio entre 40 a 50% UR.

Figura 1 - Protocolo simplificado para determinar o grau de tolerância à dessecação, adaptado de Hong e Ellis (1996).



Neste sentido, trabalhos visando o tamanho de amostra para a área de sementes ainda são incipientes devido, especialmente, ao número de sementes a ser utilizado em cada amostragem o que qualifica a precisão experimental. Alguns trabalhos com este enfoque têm obtidos resultados interessantes, por exemplo, tamanho de amostra de:

- castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) para estimar produção de sementes (BORGES *et al.*, 2016);
- faveira-benguê (*Parkia multijuga* Benth.) para determinação do grau de umidade de sementes (ANDRADE *et al.*, 2001);
- feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) estimativa da média do comprimento, diâmetro e massa de sementes (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2012b);
- girassol (*Helianthus annuus* L.) para a determinação da condutividade elétrica individual de sementes (HAESBAERT *et al.*, 2017);
- limoeiros (*C. jambhiri* Lush.; *C. volkameriana* V. Ten. & Pasq.; *C. limonia* Osbeck; *C. latifolia* (Yu. Tanaka); *C. sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) para determinação da poliembrionia em sementes de citros (SANTOS *et al.*, 2015a);
- milho (*Zea mays* L.) para avaliar o efeito dos parâmetros físicos da espiga e da qualidade fisiológica de sementes (ROSA *et al.*, 2002); e, para mecanismos dosadores de semeadoras (DIAS *et al.*, 2014);
- mucuna-cinza (*Stizolobium cinereum* (Piper & Tracy)) estimativa da média do comprimento, diâmetro e massa de sementes (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2012b);
- tangerineiras (*Citrus sunki* Hort. ex Tanaka; *C. tangerina* Hort. ex Tanaka; *C. reshni* Hort. ex Tanaka) para determinação da poliembrionia em sementes de citros (SANTOS *et al.*, 2015a).

Nesta perspectiva, sugiro pesquisas para a qualificação experimental na área de sementes com o uso de testes rápidos para a conferência do vigor. O teste de vigor de sementes é definido pela AOSA (Association of Official Seed Analysis, 1983), como, uma das propriedades das sementes que determinam seu potencial para uma rápida emergência a campo, bem como, o desenvolvimento uniforme de plântulas normais em uma faixa ampla de condições ambientais.

Em laboratórios de rotina a qualidade das sementes é determinada, geralmente, pelo teste padrão de germinação específico para cada espécie, em particular, em que o valor percentual atribuído ao potencial fisiológico do lote de sementes caracterizará seu valor de comercialização. Desde que estejam de acordo com a Instrução Normativa n. 45/2013 do MAPA (BRASIL, 2013), que regulamenta os padrões de produção e comercialização de sementes no Brasil. Contudo, o teste padrão de germinação, embora, primordial não informa sobre o vigor e a emergência em campo, ainda necessitando de um prazo médio de 30 dias para informar os resultados. Para muitos produ-

tores de sementes este período é considerado longo em virtude das rápidas tomadas de decisões, sobretudo, as comerciais (CABREIRA; PESKE, 2002; FERREIRA; BORGHETTI, 2004; MARCOS-FILHO, 2015).

Neste sentido, o teste para conferência do vigor das sementes deve apresentar sensibilidade, simplicidade e rapidez na sua execução. Pois, o vigor reflete a manifestação de

um conjunto de características que determinam o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas e, por esse motivo, torna-se muito difícil, senão impossível, o desenvolvimento de apenas um teste que indique com precisão razoável o potencial de desempenho das sementes expostas as mais variadas situações (MARCOS-FILHO, 2015, p. 622).

Deste modo, os testes rápidos para a conferência do vigor das sementes devem possibilitar a detecção de diferenças no potencial fisiológico do lote de sementes semelhantes aos padrões preconizados para germinação, especialmente, demonstrando a deterioração destas sementes (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Por exemplo, os autores Ferreira e Borghetti (2004) e Marcos-Filho (2015) classificam os testes de tetrazólio, de condutividade elétrica, de lixiviação de potássio e de pH do exsudato, entre outros, como, testes rápidos para teste de vigor, conceituando-os simplificadaamente:

Teste de tetrazólio objetiva estimar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes com base na coloração de tecidos vivos, expondo as sementes cortadas longitudinalmente em uma solução contendo salina de cloreto 2, 3, 5 trifênil tetrazólio, onde o sal reage com os íons H^+ formando o composto formazan de coloração avermelhada. A intensidade da coloração ou sua ausência indica o nível de deterioração das sementes. Este teste é já recomendado pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) para várias espécies. Contudo, ainda necessita de ajuste na metodologia para algumas espécies e finalidades, como para:

- aveia-branca (*Avena sativa* L.) na determinação de protocolo (SOUZA; OHLSON; PANOBIANCO, 2010);
- azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.) no condicionamento salino (KLAFKE; LOPES; FRANKE, 2012);
- orquídeas dos gêneros *Brassavola* spp., *Cattleya* spp. e *Dendrobium* spp. teste para identificação de espécies (SOARES *et al.*, 2014).

Teste de condutividade elétrica objetiva quantificar a liberação dos eletrólitos (exsudatos) liberados pela semente na água de embebição (de até 24 h), sendo essa quantidade proporcional ao grau de desorganização da membrana plasmática por perda de solutos até alcançarem um estado de equilíbrio. Em que, os baixos valores de condutividade elétrica correspondem à menor liberação de exsudatos indicando alto potencial fisiológico, que são expressos em $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ de sementes ou

$\mu\text{mho cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes, podendo ser avaliado por amostras de 25, 50 ou 75 sementes ou, ainda individualmente. O uso deste teste tem distintas finalidades, como:

- amendoim (*Arachis hypogaea* L.) para avaliar a deterioração de diferentes graus de umidade nas sementes (BARBOSA *et al.*, 2012);
- coentro (*Coriandrum sativum* L.) para identificar os diferentes níveis de vigor dos lotes de sementes (TORRES *et al.*, 2015);
- feijão-mungo-verde (*Vigna radiata* L.) para estabelecer metodologia para o teste de condutividade elétrica para a espécie períodos de embebição e número de sementes (ARAUJO *et al.*, 2011).

Teste de lixiviação de potássio é conduzido de maneira semelhante ao teste de condutividade elétrica, porém em menor período de embebição de 30 a 240 min, sendo a leitura do potássio pelo fotômetro de chama. Este teste objetiva verificar a exsudação dos íons K^+ , por estar em grande quantidade nas sementes. A lixiviação de potássio no processo de embebição pelas sementes possibilita estudar a permeabilidade das membranas celulares e seu grau de deterioração. O teste tem sido aplicado com sucesso nas espécies, como:

- amendoim (*Arachis hypogaea* L.) para a determinação de protocolo e ajuste (KIKUTI *et al.*, 2008);
- rúcula (*Eruca sativa* L.) para a determinação de protocolo (ALVES; SÁ, 2010);
- trigo (*Triticum aestivum* L.) para determinação da qualidade fisiológica (FAVARATO *et al.*, 2011).

Teste de pH do exsudato objetiva estimar a viabilidade e o vigor de sementes expondo as mesmas cortadas longitudinalmente em uma solução contendo carbonato de cálcio e fenolftaleína. A viabilidade das sementes é verificada pelo pH do exsudato através do processo de coloração do exsudato, o coloração rosa-forte indica sementes viáveis e na ausência de coloração sementes mortas. O teste tem sido aplicado com sucesso nas espécies, como:

- araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze) para pré-condicionamento e diferentes períodos de embebição em água (ARALDI; COELHO, 2015);
- citrumelo (*Citrus paradisi* Macfad. Cv. Duncan \times *Poncirus trifoliata* (L.) Raf) ferramenta que permite maior agilidade nas avaliações da qualidade das sementes (CARVALHO *et al.*, 2002);
- milho (*Zea mays* L.) para a simplificação do processo pela avaliação individual e massal (CABREIRA; PESKE, 2002).

Termoterapia objetiva o tratamento de sementes para o controle de fitopatógenos utilizando o binômio *temperatura x tempo* como meio de tratamento de sementes, deve ser ajustada para cada

espécie, de maneira que não afete negativamente suas qualidades fisiológicas, como, a germinação. Tem apresentado resultados eficientes para diversas espécies com a preservação da qualidade fisiológica das sementes, para ambos as fontes de calor, por exemplo:

- **via calor úmido:** abóbora (*Cucurbita pepo* L.) (CUNHA *et al.*, 2017), canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng.) (LAZAROTTO *et al.*, 2013), mamona (*Ricinus communis* L.) (MARRONI *et al.*, 2009), maracujá (*Passiflora suberosa* L.) (MAROSTEGA *et al.*, 2015), milho (*Zea mays* L.) (COUTINHO *et al.*, 2007), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (MENEGAES *et al.*, 2019), entre outros;
- **via calor seco:** arroz (*Oryza sativa* L.) (MARINI *et al.*, 2012), alfafa (*Medicago sativa* L.) (MENDES *et al.*, 2001), erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) (GAMA *et al.*, 2014), soja (*Glycine max* L.) (SANTOS *et al.*, 2016), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (LOPES; ROSSETTO, 2014), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (MENEGAES *et al.*, 2020), entre outros;

CONCLUSÃO

Nas áreas das ciências agronômicas e afins com sua ampla possibilidade de trabalho e pesquisa que envolve a produção de culturas vegetais alimentares (grãos, tubérculos, frutos, folhosas, entre outros) e, também, as não-alimentares (ornamentais, silvícolas, entre outros) necessitam sempre de um planejamento socioeconômico viável e ambientalmente sustentável, o qual é obtido através de trabalhos científico de qualidade, especialmente, experimental. Estendendo este parâmetro para área de tecnologia e de beneficiamento de sementes em toda a sua abrangência, que requer cuidados especiais, sobretudo, na forma de manejo para sementes de cunho comercial.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 108-116, 2010.

ANDRADE, A. C. S. *et al.* Tamanho mínimo e preparo da amostra na determinação do grau de umidade de sementes de *Parkia multijuga* Benth. (Leguminosae Mimosoideae). **Revista Árvore**, v. 25, n. 2, p. 203-207, 2001.

AOSA, ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS. **Seed vigour handbook**. In: ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS. The handbook of seed testing. East Lansing, 1983, 88p.

ARALDI, C. G.; COELHO, C. M. M. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 426-433, 2015.

ARAUJO, R. F. *et al.* Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 123-130, 2011.

BANZATTO, D. A.; KRINKSA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 4 ed. 237p.

BARBOSA, R, M. *et al.* Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012.

BELASQUE JUNIOR, J. *et al.* Tamanho da amostra para quantificação do diâmetro de lesões de cancro cítrico. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 4, p. 317-322, 2008.

BORGES, F. A. *et al.* Tamanho da amostra para estimar produção de sementes de castanheiras nativas. **Nativa**, v. 4, n. 3, p. 166-169, 2016. DOI: 10.14583/2318-7670.v04n03a09

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 45**. Brasília. MAPA. 2013, 38p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009b. 200p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009a. 395p.

BRITO, M. C. M. *et al.* Estimativa do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 30, n. 3, p. 353-366, 2012.

BRUM, B. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para ensaios com sorgo granífero em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 315-320, 2008.

BURIN, C. *et al.* Dimensionamento amostral para a estimativa da média e da mediana de caracteres de tremoço branco (*Lupinus albus* L.). **Comunicata Scientiae**, v. 5, p. 205-212, 2014.

CABRERA, A. C.; PESKE, S. T. Testes do pH do exsudato para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 134-140, 2002.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Dimensionamento amostral para avaliação da massa e diâmetro de frutos de noqueira-pecã. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 794-798, 2015b.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Plot size and number of repetitions in vetch. **Bragantia**, v. 76, n. 2, p. 178-188, 2017.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra e relações lineares de caracteres morfológicos e produtivos de crambe. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2262-2267, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres morfológicos e produtivos de nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 223-227, 2014.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra para a estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de mamoneira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 953-962, 2012a.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições em canola. **Bragantia**, v. 74, p. 176-183, 2015a.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* **Tamanho de amostra para a estimação da média do comprimento, diâmetro e massa de sementes de feijão de porco e mucuna cinza.** **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1541-1544, 2012b.

CARVALHO, J. A. *et al.* Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de citromelo swingle. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 263-270, 2002.

COCCO, C. *et al.* Tamanho e forma de parcela em experimentos com morangueiro cultivado em solo ou em hidroponia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 681-686, 2009.

CONFALONIERI, R. *et al.* M. Analysis of sample size for variables related to plant, soil, and soil microbial respiration in a paddy rice field. **Field Crops Research**, v. 113, n. 3, p. 125-130, 2009.

COUTINHO, W. M. *et al.* Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho submetidas à termoterapia e condicionamento fisiológico. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 458-465, 2007.

CUNHA, R. P. *et al.* Termoterapia no controle de patógenos associados às sementes de abóbora. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 2, p. 53-57, 2017.

DIAS, V. O. *et al.* Tamanho amostral para ensaios de mecanismos dosadores de sementes de milho em esteira carpetada. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 1019-1029, 2014.

DONATO, S. L. R. *et al.* Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 957-969, 2008.

ELLIS, R. H. The Longevity of Seeds. **Hortscience**, v. 26, n. 9, p. 1120-1125, 1991.

FACCO, G. *et al.* Basic experimental unit and plot sizes with the method of maximum curvature of the coefficient of variation in sunn hemp. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 6, p. 415-423, 2017.

FACCO, G. *et al.* Sample size for estimating average productive traits of pigeon pea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 619-625, 2016.

FAVARATO, L. F. *et al.* 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.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

FIRMINO, R. A. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para experimentos com mudas de café Catuai Amarelo 2SL. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 6, n. 1, p. 9-12, 2012.

FREITAS, J. A. *et al.* Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo *Gossypium hirsutum*. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 583-587, 2001.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behavior**. Rome: IPGRI Technical Bulletin N. 1. International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 62p.

KIKUTI, H. *et al.* Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 10-18, 2008.

KLAFKE, A. V. ; LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém-anual em condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1093-1099, 2012.

LAVEZO, A. *et al.* Plot size and number of replications to evaluate the grain yield in oat cultivars. **Bragantia**, v. 76, n. 4, p. 512-520, 2017.

LAZAROTTO, M. *et al.* Tratamento de sementes de canafístula via calor úmido. **Revista Ciência Agraria**, v. 56, n. 3, p. 268-273, 2013.

LEITE, M. S. O., *et al.*, Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 1562-1574, 2009.

LIMA, J. F. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1411-1415, 2007.

LOPES, F.S.; ROSSETTO, C.A.V. Qualidade de sementes de tomate influenciada pelos tratamentos térmico e osmótico. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 642-646, 2004.

LOPES, S. J. *et al.* Suficiência amostral para cravina de jardim cultivada em diferentes substratos. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 1, p. 63-73, 2016.

LOPES, S. J. *et al.* Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 525-530, 2005.

LÚCIO, A. D. *et al.* Estimativa do tamanho de parcela para experimento com alface. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 510-515, 2011.

LÚCIO, A. D. *et al.* Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 180-184, 2003.

LÚCIO, A. D. *et al.* Tamanhos de amostras e de parcelas para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 660-668, 2012b.

LÚCIO, A. D. *et al.* Violação dos pressupostos do modelo matemático e transformação de dados. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 415-423, 2012a.

- MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107p.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ABRATES: Londrina, 2015. 650p.
- MARINI, P. *et al.* Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 722-730, 2012.
- MAROSTEGA, T. N. *et al.* Efeito de tratamento térmico na superação de dormência de sementes de *Passiflora suberosa* L. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 445-450, 2015.
- MARRONI, I. V. *et al.* Efeito do tratamento com calor seco e água quente sobre a germinação e controle de micro-organismos associados às sementes de mamoneira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 4, p. 761-767, 2009.
- MARTIN, T. N. *et al.* Tamanho ótimo de parcela e número de repetições em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 271-276, 2005.
- MENDES, M. A. S. *et al.* Erradicação de *Fusarium oxysporum* em sementes de alfafa utilizando termo e quimioterapia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 148-152, 2001.
- GAMA, J. S. N. *et al.* Thermotherapy in treating fennel seeds (*Foeniculum vulgare* Mill.): effects on health and physiological quality. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 842-849, 2014.
- MENEGAES, J. F. *et al.* Thermotherapy via dry heat for the treatment of safflower seeds. **Ciência e Natura**, v. 42, n. e92, p. 1-23, 2020.
- MENEGAES, J. F. *et al.* Thermotherapy via humid heat for the treatment of safflower seeds. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 11, p. 3-40, 2019.
- MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo ABRATES**, v. 20, n. 3, p. 52-53, 2010.
- MUNIZ, J. A. *et al.* Estudo do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill usando parcelas lineares. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1002-1010, 2009.

NETO, D. H. *et al.* Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 86-93, 2009.

OLIVEIRA, G. M. V. *et al.* Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2011.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M. PARREIRA, F. J.; SHITSUKA, R. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSM, 2018. 119p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: ABRATES, 1985. 289p.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 414-499, 1973.

ROJAS, J. C. V. ; FLORES, J. R. N. Determination of adequate plot size, using the maximum curvature method, for rice (*Oryza sativa*) trials, in bagaces, Guanacaste. **InterSedes**, v. 15, n. 31, p. 126-144, 2014.

ROSA, S. D. V. F. *et al.* Efeito do tamanho da amostra sobre alguns parâmetros físicos de espiga de milho e da qualidade fisiológica das sementes. **Ciência Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 57-65, 2002.

ROZANE, D. *et al.* Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional de goiabeiras com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 233-239, 2009.

SANTANA, D.; RAMAL, M. A. **Análise da germinação - um enfoque estatístico**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2004. 248p.

SANTOS, A. M. P. B. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para a cultura de girassol em três arranjos espaciais de plantas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 265-273, 2015b.

SANTOS, C. Q. J. *et al.* Tamanho ótimo de amostras de frutos e de sementes para determinação da poliembrionia em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 172-178, 2015a.

SANTOS, D. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 119-128, 2012.

SANTOS, L. A. *et al.* Radioterapia e termoterapia como tratamentos de sementes de soja. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 9, n. 2, p. 37-44, 2016.

SILVA, A.R.; RÊGO, E.R.; CECON, P. R. Tamanho de amostra para caracterização morfológica de frutos de pimenteira. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 125-129, 2011.

SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V. ; VILLELA, M.S. Tamanho de amostra para avaliação de caracteres de cenoura em sistemas de cultivo agroecológico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 166-170, 2009.

SILVA, L. F. O. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v. 59, n. 5, p. 624-629, 2012.

SOARES, J. S. *et al.* Identificação da viabilidade de sementes de orquídeas pelo teste de tetrazólio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2275-2284, set./out. 2014.

SOUSA, R. P; SILVA, P S. L.; ASSIS, J. P. Tamanho e forma de parcelas para experimentos com girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 683-690, 2016.

SOUZA, C. R.; OHLSON, O. C.; PANOBIANCO, M. Avaliação da viabilidade de sementes de aveia branca pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 174-180, 2010.

SOUZA, M. F. *et al.* Tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 123-128, 2002.

STORCK, L. *et al.* Comprimento e largura do tamanho ótimo da parcela experimental em batata. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1043-1048, 2005.

STORCK, L. *et al.* **Experimentação Vegetal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2011. 3. ed. 200p.

STORCK, L. *et al.* Tamanho ótimo de parcela em experimentos com milho relacionado a metodologias. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 1, p. 48-57, 2006.

STORCK, L.; LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. **Experimentação II**. Santa Maria: UFSM. 2004. 3. ed. 270p.

TOEBE, M. *et al.* Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de maçã. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 759-767, 2014.

TOEBE, M. *et al.* Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 860-871, 2014.

TORRES, S. B. *et al.* Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 622-629, 2015.

WALTERS, C. *et al.* Preservation of recalcitrant seeds. **Science**, v. 339, n. 1, p. 915-916, 2013.