

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES
DE AMENDOIM DURANTE O PROCESSO DE PRODUÇÃO**

Rafael Marani Barbosa
Engenheiro Agrônomo

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES
DE AMENDOIM DURANTE O PROCESSO DE PRODUÇÃO**

Rafael Marani Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2014

Barbosa, Rafael Marani
B238q Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o processo de produção / Rafael Marani Barbosa. – – Jaboticabal, 2014
 xi, 59 p. : il. ; 29 cm

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
 Orientador: Roberval Daiton Vieira
 Banca examinadora: Cibele Chalita Martins, Rouverson Pereira da Silva, Marco Eustáquio de Sá, Silvio Moure Cicero
 Bibliografia

 1. *Arachis hypogaea* L. 2. Colheita. 3. Armazenamento. 4. Processamento. 5. Germinação. 6. Vigor. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

 CDU 633.368:631.531

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

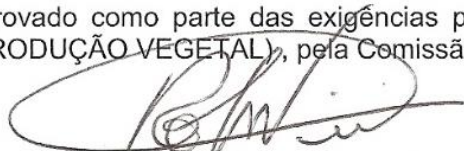
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE AMENDOIM DURANTE O PROCESSO DE PRODUÇÃO

AUTOR: RAFAEL MARANI BARBOSA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ROBERVAL DAITON VIEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



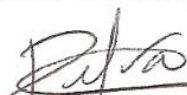
Prof. Dr. ROBERVAL DAITON VIEIRA

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. CIBELE CHALITA MARTINS

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ROUVERSON PEREIRA DA SILVA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. SILVIO MOURE CÍCERO

Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RAFAEL MARANI BARBOSA - nascido em 25 de fevereiro de 1986 em Rancharia, SP, é Engenheiro Agrônomo formado pela UNESP - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira em julho de 2009. Durante o curso de graduação em Agronomia foi bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo período de 12/2006 a 11/2007 e de 07/2008 a 06/2009. Em agosto de 2009, na UNESP Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, iniciou o curso de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), nível de mestrado como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Foi Representante Discente (Suplente) junto ao Conselho do mesmo programa, no período de agosto de 2010 a julho de 2011, quando então, obteve o título de Mestre. Em agosto de 2011, iniciou o curso de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), nível de doutorado como bolsista da FAPESP e em 2014 o finalizou, obtendo assim, o título de Doutor em Agronomia.

*If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants.
Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.*

Sir Isaac Newton

*Á minha avó materna, **Bertha Valla Marani**
(in memorian), por provar que, mesmo ausente,
continua sendo o laço mais forte dentro da família.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Unesp – Universidade Estadual Paulista, por prover a minha formação profissional e permitir a realização deste trabalho.

Ao professor Roberval Daiton Vieira, pela orientação, ensinamentos e pela amizade.

Ao FAPESP, pela concessão de bolsa de estudo que permitiu a realização do curso.

À Maria Célia Marani, minha mãe, e a todos os meus familiares pelo apoio incondicional.

À COPLANA - Cooperativa dos Plantadores de Cana-de-açúcar da Zona de Guariba, por permitir o a utilização da estrutura física e pelo fornecimento de sementes de amendoim.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Análise de Sementes, UNESP, e do Laboratório de Análise de Imagens, USP/Esalq - Universidade de São Paulo, pelo auxílio na realização dos experimentos.

Aos excelentes amigos que fiz durante o curso de pós-graduação.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a minha formação e realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5 CONCLUSÕES	40
6 REFERÊNCIAS.....	41

QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE AMENDOIM DURANTE O PROCESSO DE PRODUÇÃO

RESUMO – A produção de sementes de amendoim de elevada qualidade fisiológica e sanitária requer manejo cuidadoso, visto que durante o processo de produção, as sementes estão sujeitas a etapas que podem interferir na sua qualidade. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito das etapas do processo de produção sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim. Em dois anos experimentais, foram realizadas amostragens após o arranquio das plantas, recolhimento, transporte e secagem. Após essas etapas, as vagens foram armazenadas e amostradas aos dois, quatro e seis meses. No beneficiamento, foram amostradas sementes após a trilha mecânica, classificação por tamanho, separação por densidade e coloração, e após o tratamento químico fungicida. Foi determinado o teor de água e avaliada a qualidade fisiológica, por meio da germinação, vigor e qualidade sanitária. Para o primeiro ano, durante as etapas de arranquio até aos seis meses de armazenamento, houve a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, e com o beneficiamento, perdeu-se a qualidade. No segundo ano, as sementes apresentaram baixo desempenho durante as etapas de arranquio e armazenamento. Com o início do beneficiamento, houve aumento do desempenho das sementes. Durante o processo de produção, a etapa de trilha mecânica pode reduzir a qualidade fisiológica das sementes e as diferentes etapas do processo de produção, quando executadas adequadamente, contribuem para a melhoria do potencial de desempenho de sementes de amendoim.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., colheita, armazenamento, processamento, germinação, vigor

PHYSIOLOGICAL AND SANITARY QUALITY OF PEANUT SEEDS DURING THE PRODUCTION PROCESS

ABSTRACT - The peanut seeds production of high physiological and sanitary quality requires careful handling. During the production process, the seeds are subject to stages that can interfere on their quality. The objective of this work was to verify the effect of the stages of production process on the physiological and sanitary quality of peanut seeds. In two experimental years, sampling after the digging and combining, carriage and drying were performed. After this stages, the pods were stored and sampled at two, four and six months. During processing, seeds were sampled after mechanical threshing, classification by size, density and color separation, and after chemical fungicide seed treatment. The water content, sanitary and physiological quality, by germination and vigor were evaluated. In the first year, from the digging to the end of storage, there was a high seed quality and processing reduced its quality. In the second year, the seeds from the steps of harvesting and storage for six months showed low quality. After processing, increase in the seeds performance was observed. During the production process, the mechanical threshing stage can reduce peanut seed quality. The different stages of the production process, when executed properly contribute to the improvement of the performance potential of peanut seeds.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., harvest, storage, processing, germination, vigor

1 INTRODUÇÃO

A produção de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) de alto potencial fisiológico requer técnica e manejo cuidadoso. No entanto, nem mesmo o agricultor mais tecnificado obtém elevada produção de sementes viáveis e vigorosas. A incapacidade de produzir sementes com germinação suficiente para garantir adequado estande de plantas é um problema comum para os produtores de sementes de amendoim.

O processo de produção de sementes de amendoim compreende etapas que vão desde a escolha da área e implantação do campo, condução da cultura, passando pela colheita, secagem, armazenamento, beneficiamento, culminando com o tratamento químico das sementes. Após a produção, as sementes são destinadas à comercialização e semeadura. Cada etapa apresenta características intrínsecas que podem comprometer a qualidade do lote formado, quando não efetuada adequadamente.

À medida que as sementes são processadas, estão sujeitas a danos mecânicos imediatos e latentes. Embora, os danos às sementes durante a colheita, secagem e armazenamento sejam reduzidos, pois estão protegidas pela vagem, as operações de trilha mecânica, classificação por tamanho e separação por densidade podem causar injúrias, pois as sementes de amendoim possuem tegumento delgado e delicado, tornando-as sensíveis à injúria mecânica, quando o beneficiamento é inadequado.

Durante o processo de produção, problemas nas operações de colheita mecanizada, “cura”, transporte, recebimento, armazenamento e beneficiamento podem ser identificados por meio do monitoramento da qualidade de sementes de amendoim durante todas as etapas. Esses problemas estão relacionados com a redução da qualidade fisiológica das sementes, caracterizada pela queda na germinação e vigor, além de permitir a infestação por patógenos.

Com isso, o processamento pode não aprimorar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim. Porém, sabe-se que as operações de beneficiamento são imprescindíveis para a produção de sementes de elevada

qualidade, como ocorre em outras espécies de importância econômica. Para o amendoim, esta relação não está totalmente esclarecida, visto que muitos fatores podem afetar a qualidade das sementes e, em alguns casos, pode-se estar processando sementes que já vieram do campo com baixa qualidade fisiológica e sanitária. Sendo assim, a produção de sementes de amendoim carece de estudos que visem o aumento da eficiência do processo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito das diferentes etapas do processo de produção sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma espécie da família Fabaceae, cujo centro de origem localiza-se na América do Sul (FÁVERO et al., 2006). Por ser cultura de ciclo curto, ter ampla adaptabilidade (à temperatura, condições hídricas e solos) e ser cultivada em várias regiões tropicais do mundo possui grande importância econômico-social, com destaque no cenário agrícola mundial.

O Estado de São Paulo é o principal produtor brasileiro de amendoim e, no ano agrícola 2012/13, respondeu por 90% da produção nacional e, aproximadamente, 83% do total da área semeada no Brasil (CONAB, 2014). O amendoim paulista é produzido na região de Ribeirão Preto e Jaboticabal, onde a cultura encontra espaço na renovação dos canaviais, com produção na safra das águas, e nas regiões de Marília e Tupã, onde a renovação de pastagens e canaviais disponibiliza áreas para produção na safra das águas e de inverno.

Grande parte do amendoim plantado (80%) é do tipo Runner (*A. hypogaea* subsp. *hypogaea*), altamente produtivo, e que tem sua produção destinada aos mercados europeus (CONAB, 2014). Está bem estabelecido que cultivares de amendoim Runner são mais produtivos que outros tipos, sendo vantajoso, também, em ambientes rústicos ou sob preparo conservacionistas, os quais são característicos das áreas de cultivo e expansão de amendoim (BALOTA; PHIPPS, 2013).

No entanto, cultivares do tipo Runner apresentam maturidade relativamente tardia em relação aos outros tipos, como Virgínia (BALOTA; PHIPPS, 2013). Além disso, o amendoim apresenta desenvolvimento indeterminado (BRANCH et al., 2010), e mesmo quando a colheita ocorre em momento ótimo, são colhidas vagens em diferentes estádios de maturação (CARLEY et al., 2008; DORNER, 2008).

De modo geral, a colheita ocorre quando 70% das vagens contém sementes que atingiram a maturidade fisiológica (BOLONHEZI, 2013). Quando a colheita é realizada prematuramente, o grande número de vagens imaturas acarreta prejuízos econômicos para produtores e indústria (SANTOS et al., 2013a) e baixa qualidade fisiológica das sementes. Por outro lado, se realizada tardiamente, acarreta maiores perdas de vagem por desprendimento, seja pela deterioração do pedúnculo das

vagens em função da idade (ROWLAND et al., 2006), bem como ao ataque de fungos e insetos (BOLONHEZI, 2013).

Nos sistemas de produção de amendoim, principalmente no Estado de São Paulo, a colheita é realizada mesmo quando a maior parte das sementes ainda não atingiram a maturidade fisiológica. Este procedimento é acelerado quando as condições ambientais tornam-se propícias para a instalação da cultura da cana-de-açúcar, caracterizando o sistema agrícola da produção de amendoim nesta região. Quando o ciclo da cultura do amendoim não é respeitado, são gerados grandes problemas, em se tratando de campo de sementes: produção de lotes de sementes com baixa qualidade física, fisiológica e sanitária.

Os produtores utilizam a mecanização em todas as etapas do processo de colheita. Tal prática reduz o custo de produção e aumenta a capacidade operacional. A operação de colheita do amendoim inicia-se com o arranquio e enleiramento das plantas, passando pelo processo de cura em condições de campo e finalizando com o recolhimento das vagens (SOFIATTI; SILVA; BOLONHEZI, 2013). A determinação do momento ideal para o início da colheita do amendoim é fundamental para a obtenção de elevada produtividade e qualidade fisiológica e sanitária das sementes (SANTOS et al., 2013a).

Para o arranquio e enleiramento, são utilizados os equipamentos denominados arrancadores-invertedores, que realizam as duas operações simultaneamente. Após a secagem ao sol ou cura, realiza-se o recolhimento e o despencamento mecanizado das vagens, por outro equipamento denominado recolhedor. Nessa máquina, as vagens são armazenadas em caçamba graneleira durante a operação e, posteriormente, as vagens são descarregadas e toda a produção é transportada por meio de carretas graneleiras (SOFIATTI; SILVA; BOLONHEZI, 2013).

Quando arrancadas, as vagens de amendoim normalmente contêm entre 35 a 40% de teor de água necessitando serem reduzidos para teores entre 18 a 24%, para possibilitar o recolhimento do amendoim (SILVA, 2007).

Quando o processo de cura ou secagem natural no campo não é suficiente para que as vagens atinjam a umidade adequada de armazenamento, é necessária a secagem artificial. O amendoim em vagem segue para as moegas de recebimento da UBS - Unidade de Beneficiamento de Sementes, onde passa por dois processos de

limpeza para eliminação de resíduos mais grosseiros e, posteriormente, as vagens são destinadas a secagem artificial.

Sementes colhidas mecanicamente apresentam grande quantidade de impurezas, como pedaços de ramos, folhas, palhas, e mais especificamente em amendoim, torrões e poeira, além de grãos soltos. Com o objetivo de facilitar e melhorar a eficiência dos sistemas de secagem, o transporte e demais operações do beneficiamento, deve-se eliminar total ou parcialmente as impurezas (SILVA; PARIZZI; CARDOSO-SOBRINHO, 2008).

As sementes quando chegam à UBS com umidade inadequada para o processamento ou o armazenamento, devem ser encaminhadas para o processo de secagem (SILVA; PARIZZI; CARDOSO-SOBRINHO, 2008). A secagem é realizada, normalmente, em carretas secadoras, as quais apresentam um fundo falso perfurado, para insuflação de ar previamente aquecido (SOFIATTI; SILVA; BOLONHEZI, 2013). Para as carretas secadoras de amendoim, quando o ar de secagem é insuflado com 60% de umidade relativa e 34-36 °C, permite ao amendoim entrar em equilíbrio higroscópico em 8% de teor de água.

A operação de limpeza visa essencialmente separar impurezas remanescentes da pré-limpeza e as produzidas pelo sistema de secagem. Por meio de ventiladores e peneiras ocorre separação rigorosa de todos os materiais indesejáveis, incluindo sementes de outras espécies (SILVA; PARIZZI; CARDOSO-SOBRINHO, 2008).

A etapa de classificação separa as sementes por classes de tamanho, além disso algumas operações exigem uniformidade em forma e tamanho para maior eficiência. Essa uniformidade é importante para facilitar as operações de tratamento químico e semeadura. Para a uniformização são usadas máquinas classificadoras, dotadas de peneiras com perfurações, que nem sempre estão perfeitamente adaptados a esse trabalho. Neste caso, podem provocar danos e atingir diferentes partes da semente, sendo capazes de reduzir a qualidade fisiológica dos lotes (MENEZES; LERSCH-JUNIOR; STORCK, 2002).

As sementes imaturas, infestadas por insetos ou patógenos podem diferir em peso específico das sementes maduras e sadias, as quais são adequadamente separadas com a utilização da mesa densimétrica. Neste equipamento, o princípio de separação fundamenta-se em separar materiais que diferem quanto ao peso

específico. As sementes de menor peso específico são descarregadas na parte baixa da zona de descarga da mesa densimétrica (GADOTTI; VILELLA; BAUDET, 2011).

A separação das sementes por densidade também é estratégia utilizada para uniformizar a emergência das plântulas, pois permite a formação de plântulas de tamanhos semelhantes e, ou de maior vigor. Sementes de maior densidade são potencialmente mais vigorosas resultando em plântulas mais desenvolvidas (MARTINS et al., 2005).

O equipamento conhecido como seletora eletrônica, ou classificador de sementes por cor exerce a função da separação de sementes com base na coloração. A classificação é feita a partir de diferenças de tonalidade de sementes aceitáveis e indesejáveis. A máquina é programada para remoção de sementes com cores pré-estabelecidas. Cada semente é analisada individualmente, por meio de dispositivos de detecção. Caso seja detectada a cor padrão da semente, estas são direcionadas para a bica de semente desejável. Porém, quando as sementes apresentarem alteração na cor e manchas, um jato de ar comprimido é acionado e são desviadas para a bica de sementes indesejáveis (SILVA, 2012).

Diante da natural baixa qualidade sanitária de sementes de amendoim, da produção em escala e da crescente mecanização do processo de produção e beneficiamento, o tratamento químico das sementes com fungicidas tornou-se praticamente obrigatório (MAEDA; LAGO; GERIN, 1995). Trata-se de prática importante e recomendada para o controle de fungos associados às sementes de várias espécies, pois visa melhorar o desempenho destas, uma vez que permite o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas e saudáveis (BARBOSA et al., 2013a; SANTOS et al., 2013b).

Para diversas culturas, a mecanização vem sendo bastante utilizada durante o processo de produção de sementes, razão pela qual os equipamentos devem ser regulados de maneira a diminuir as perdas e reduzir os danos mecânicos durante o recolhimento, a trilha e o beneficiamento que são extremamente prejudiciais à qualidade das sementes (ANDRADE et al., 1998).

A colheita de sementes com teor de água acima do recomendado para armazenamento seguro, apesar de inapropriado, torna-se prática comum entre os produtores de sementes, pois, as sementes permanecendo na lavoura após a

maturidade fisiológica, ficam expostas à ação das flutuações de temperatura e umidade relativa do ar que, em processos alternados de sorção e dessorção de água, podem causar significativos danos físicos, fisiológicos e os causados por fungos fitopatogênicos (FRANÇA-NETO; HENNING, 1984).

Durante o beneficiamento, as sementes passam por série de etapas, em sequência apropriada, que devem ser realizadas com o máximo de cuidado, além disso, as sementes não devem ser danificadas por excesso de manuseio. A UBS e seus equipamentos devem ser dispostos de modo que possam ser higienizados adequadamente e com o máximo de facilidade (SILVA; PARIZZI; CARDOSO-SOBRINHO, 2008).

A deterioração de sementes é um processo irreversível (McDONALD, 2004; MARCOS-FILHO, 2005). Muitos fatores contribuem para a deterioração de sementes, incluindo a composição química, o teor de água das sementes, dano mecânico, ataque de insetos e patógenos, idade e maturidade da semente, além da umidade relativa do ar e da temperatura do armazém (MORTON et al., 2008).

A fim de melhorar o sistema de produção agrícola, as sementes utilizadas devem apresentar elevada qualidade, em termos de sanidade, viabilidade e vigor (ALVIM et al., 2007). Estas características são ainda mais relevantes quando não ocorre a semeadura logo após a colheita das sementes e, assim, são armazenadas e semeadas depois de determinados períodos (GUBERAC et al., 2003). Assim, a longevidade das sementes é uma característica importante de ponto de vista agrícola, pois a época de colheita não coincide com a época mais adequada à semeadura (SANTOS et al., 2013b).

Em relação ao armazenamento, a qualidade e o teor de água iniciais das sementes, a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente são os fatores que mais influenciam a sua conservação. Quando o teor de água, a umidade relativa do ar e a temperatura forem mantidos em baixos níveis, haverá melhor conservação da qualidade fisiológica das sementes (FORTI; CICERO; PINTO, 2010). A elevação da temperatura, aumenta a capacidade do ar em conter água e a taxa de metabolismo celular (MORTON et al., 2008).

As sementes de amendoim apresentam, frequentemente, baixos percentuais de germinação e vigor. Durante o armazenamento, condições de temperatura e

umidade elevadas contribuem para acelerar o processo de deterioração destas sementes, além de favorecer o desenvolvimento de insetos e micro-organismos (SANTOS et al., 2013b).

O conhecimento dos fatores que afetam negativamente a obtenção de sementes de alta qualidade, tais como deficiências na nutrição das plantas, ocorrência de insetos e doenças, temperaturas extremas e flutuações das condições de umidade relativa do ar durante a maturação, além da adoção de técnicas inadequadas de colheita, secagem e armazenamento (FRANÇA-NETO; HENNING; KRZYZANOWSKI, 1994), bem como do beneficiamento (FERREIRA; SÁ, 2010) são de primordial importância para o sucesso do sistema de produção de sementes.

Considerando-se que o beneficiamento pode aprimorar a germinação e o vigor de lotes, dependendo da qualidade inicial das sementes (OLIVEIRA; SADER; KRZYZANOWSKI, 1999), procedimentos que visam aumento da eficiência desta etapa podem levar a redução das perdas. Com menores perdas e em posse de material de elevada qualidade, o produtor de sementes poderia obter maior rentabilidade no processo de produção e isto é fundamental para a sua permanência na atividade (TERASAWA et al., 2009).

O beneficiamento de sementes constitui-se em etapa essencial para a manutenção de sementes de alta qualidade. Sementes de amendoim apresentam tegumento delgado e delicado. O manuseio durante o beneficiamento, armazenamento e transporte, pode causar sérias injúrias nas sementes e reduzir sua qualidade fisiológica e capacidade de armazenamento, além de favorecer a entrada de patógenos (SADER; CHALITA; TEIXEIRA, 1991; FESSEL; BARRETO, 2000).

Para as amostras de sementes de amendoim, cv. Tatu Vermelho, obtidas durante o beneficiamento, nas fases de pré-limpeza, separador de pedras, descascador, classificador, mesa densimétrica e seletora eletrônica, não houve melhorias na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. Assim, novos estudos deveriam ser conduzidos com o intuito de aumentar a eficiência do beneficiamento de sementes de amendoim, a otimização dos equipamentos e do fluxo ao longo do processo, para melhorar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes e reduzir os danos mecânicos, uma vez que é processo essencial à produção de sementes (FESSEL; BARRETO, 2000).

O beneficiamento, da forma que é conduzido atualmente nas UBS do Estado de São Paulo, não melhorou a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de amendoim, em função da incidência de injúrias mecânicas resultantes deste processo. O tratamento das sementes, após o beneficiamento, é imprescindível para serem obtidos padrões aceitáveis à sua comercialização (SANTOS et al., 2013b).

Sementes de amendoim apresentam grandes problemas em relação à qualidade sanitária. Trabalhos sobre micro-organismos associados às sementes de amendoim evidenciaram que os fungos mais comumente encontrados foram: *Aspergillus* spp. (*A. flavus*, *A. niger* e *A. glaucus*), *Penicillium* spp. (*P. fumiculosum*, *P. citrunum* e *P. rubrum*), *Rhizopus* spp., *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Botrytis cinerea*, *Chaetomium* sp., *Rizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, e *Phomopsis* sp. (AMARAL; USBERTI, 1983; FESSEL; BARRETO, 2000; SINGH et al., 2003; MARCHI; CICERO; GOMES-JUNIOR, 2011; SANTOS et al., 2013b).

Dentre os fungos mencionados, destaca-se aqueles do gênero *Aspergillus* como potencial produtor de aflatoxinas, substâncias tóxicas carcinogênicas (AFSAH-HEJRI; JINAP; RADU, 2013).

Diante da diversidade de espécies de fungos associados as sementes, alguns são considerados saprófitas e outros não ocasionam enfermidades na cultura, porém é possível que afetem negativamente a qualidade das sementes (NAKAMURA; SADER, 1986). O ataque de fungos acarreta problemas, que tornam as sementes manchadas, chochas, de menor massa ou com lesões necróticas (TEPLIZKY et al., 2011). A partir do ponto de maturidade fisiológica, a presença de fitopatógenos pode ocasionar perdas de qualidade nas sementes. Quando contaminadas, ocorre redução do poder germinativo e do vigor das sementes (SCHUCH et al., 2006).

Condições fisiológicas e sanitárias insatisfatórias, associadas a injúrias mecânicas, facilitam a infecção dos cotilédones e do eixo embrionário por micro-organismos associados às sementes ou presentes no solo que provocam a morte das sementes ou o tombamento das plântulas e, conseqüente, diminuição da população de plantas (MENTEN, 1995; MAEDA; LAGO; GERIN, 1995).

A utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica e sanitária constitui-se como componente essencial para a implantação de qualquer sistema de cultivo,

pelo fato de assegurar populações de plantas adequadas, em ampla faixa de condições ambientais (BARBOSA et al., 2012).

A qualidade fisiológica das sementes, representado pela germinação e vigor, é avaliada com o intuito de proporcionar informações sob o potencial de desempenho de um lote sob condições de campo e, ou armazenamento (MARCOS-FILHO, 2005). Esse potencial relaciona-se à capacidade da semente germinar e produzir plântula que irá emergir e produzir uma planta saudável (EGLI; TEKRONY, 1995).

Por vigor de sementes, entende-se como o conjunto de propriedades que determinam o potencial de lotes de sementes, com germinação aceitável, para a emergência rápida e uniforme de plântulas, sob ampla variação de condições ambientais (TEKRONY, 2003).

A obtenção de sementes com alto desempenho fisiológico é resultado de trabalho cuidadoso em todo o processo de produção do campo ao beneficiamento, armazenamento e comercialização do produto e, também, das condições climáticas, particularmente, umidade do solo, durante o período de semeadura, germinação e emergência da plântula em campo. O uso de sementes de elevada qualidade fisiológica e sanitária, torna-se primordial, pois sob determinado nível de estresse aquelas com maior vigor apresentam melhor desempenho do que aquelas com baixo vigor (VIEIRA; CARVALHO; SADER, 1994; MARCOS-FILHO, 2005; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A avaliação do potencial fisiológico durante todo o processo de produção de sementes de amendoim por meio do teste de germinação, vigor e sanidade devem ser analisados em conjunto, a fim de identificar a eficiência do processo, buscando a padronização para que as empresas produtoras possam utilizar essas informações para a composição de programas internos de controle de qualidade (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Vários testes têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados para a avaliação da qualidade de sementes e identificar diferenças no desempenho de lotes que apresentam germinação semelhante. A utilização de diversos testes para avaliação do vigor de sementes é apontado como prática de grande importância, pois as sementes submetidas a diferentes situações específicas de cada teste podem mostrar reações variáveis (VIEIRA, 1994).

Diante de elevada quantidade de lotes, a definição de qual lote será utilizado para a semeadura não deve ser feita mediante a avaliação somente da germinação ou por algum teste de vigor. Considera-se, portanto, que os vários procedimentos de avaliação de qualidade fisiológica devem ser analisados conjuntamente para atestar a qualidade dos lotes de sementes, visto que existem inúmeros testes disponíveis para avaliá-los (BARBOSA et al., 2013b).

Para a avaliação do vigor de sementes de amendoim, destacam-se os testes de envelhecimento acelerado (ROSSETTO; LIMA; GUIMARÃES, 2004), condutividade elétrica (BARBOSA et al., 2012) e mais recentemente foi desenvolvido o sistema computadorizado para avaliar o vigor de sementes, SVIS® - “Seed Vigor Imaging System”, por meio da aquisição de índices de vigor, de uniformidade e de crescimento das plântulas (HOFFMASTER et al., 2003; MARCHI; CICERO; GOMES-JUNIOR, 2011).

Diante da problemática envolvida com a produção de sementes de amendoim, na qual não são conhecidos os fatores que podem levar a sementes a perderem qualidade durante o processamento, os estudos devem ser dirigidos para identificar as possíveis falhas nas diferentes etapas do processo de produção. Com isso, é possível aumentar a eficiência das operações, preservar a qualidade das sementes produzidas e, assim, garantir retorno econômico ao produtor, além de disponibilizar sementes com alta qualidade fisiológica e sanitária para a safra seguinte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, foram avaliadas sementes produzidas em dois campos de produção de amendoim, cultivar Runner IAC 886 (grupo Virgínia), sob responsabilidade da Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba (COPLANA). No ano agrícola 2011/12, foi amostrado o campo localizado sob as coordenadas 21°14'15"S e 48°21'09"O, a 660 m de altitude, e em 2012/13, 21°06'38"S e 48°18'45"O, a 599 m de altitude, ambos situados dentro dos limites do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

Durante o período de condução da cultura, nos anos agrícolas de 2012/12 e 2012/13, os dados climatológicos, temperatura média (°C), precipitação (mm), insolação (h) e número de dias com chuva, foram registrados pela Estação Agroclimatológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal (Figuras 1 e 2).

As sementes de amendoim, foram amostradas no campo e na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS). Para cada etapa do processo de produção foram obtidas quatro amostras simples que, após homogeneização, formaram a amostra composta, a qual, posteriormente, foi levada ao Laboratório de Análises de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal, UNESP.

As sementes provenientes das etapas de colheita até o fim do armazenamento foram trilhadas manualmente e após cada etapa do processamento realizado na UBS, foram obtidas sementes já descascadas.

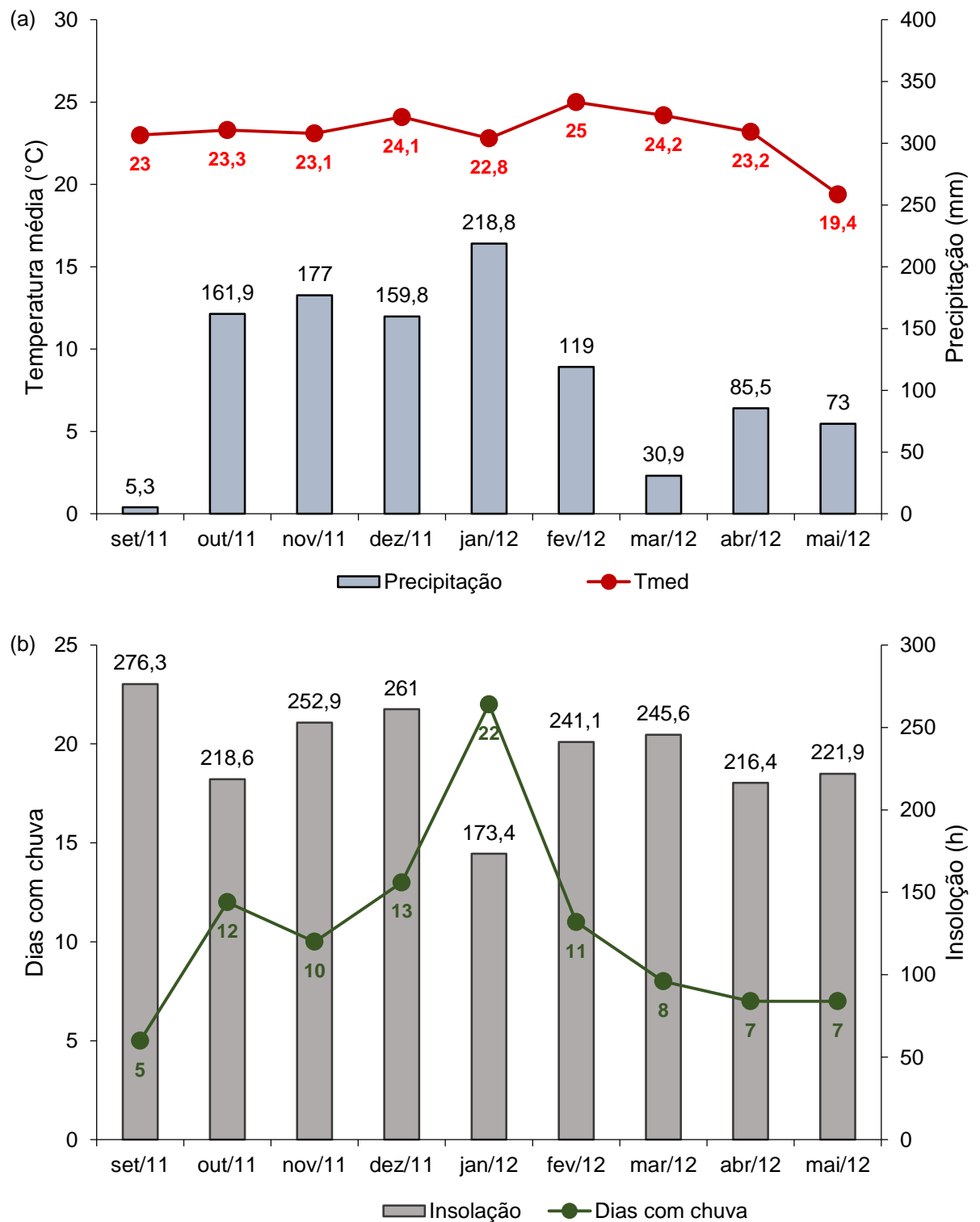


Figura 1. Climograma para o período de implantação e condução da cultura: (a) precipitação (mm) e temperatura média (°C); (b) insolação (h) e número de dias com chuva, para o ano agrícola de 2011/12.

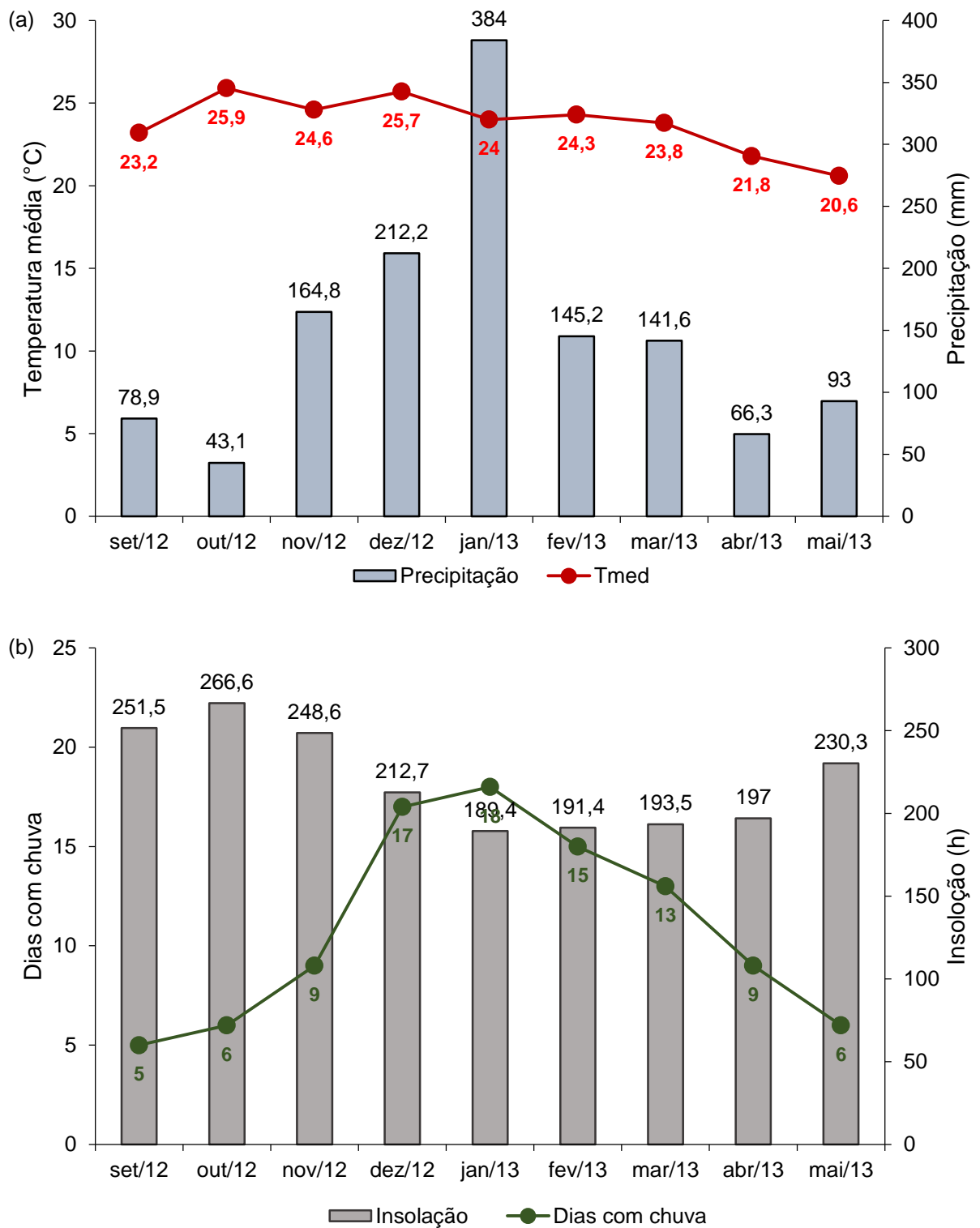


Figura 2. Climograma para o período de implantação e condução da cultura: (a) precipitação e temperatura média; (b) insolação e número de dias com chuva, para o ano agrícola de 2012/13.

Seguem listados e ilustrados (Figuras 3 a 12) as etapas, também denominadas como tratamentos, em que as sementes foram submetidas durante todo o processo de produção.

- T1. Após o arranquio mecanizado e cura natural (Figura 3).
- T2. Após o recolhimento mecanizado, sendo a amostragem realizada junto ao tanque graneleiro da recolhedora com as vagens já desprendidas das plantas no campo (Figura 4).
- T3. Após o transporte do campo à UBS, sendo as sementes ainda em vagens, recém chegadas à UBS, antes do processo de secagem (Figura 5).
- T4. Vagens após a conclusão do processo de secagem, no qual as vagens passaram por processos de pré-limpeza, secagem, e limpeza; antes do ensacamento (Figura 6).
- T5. Amostragem após dois meses de armazenamento: vagens armazenadas em sacos de polietileno trançado de 200 kg, em condição de ambiente de armazém (25 °C e 60% UR_{ar}) (Figura 7).
- T6. Amostragem após quatro meses de armazenamento (Figura 7).
- T7. Amostragem após seis meses de armazenamento (Figura 7).
- T8. Após a trilha mecânica, no beneficiamento (Figura 8).
- T9. Após a classificação por tamanho, na qual, coletaram-se as sementes da peneira 23 (Figura 9).
- T10. Após a separação por densidade das sementes pela mesa densimétrica (Figura 10).
- T11. Após a seleção pela coloração, por meio de seletora eletrônica (Figura 11).
- T12. Após o tratamento químico comercial de sementes.



Figura 3. Operação de arranquio mecanizado, e posterior etapa de cura, na qual as plantas permanecem na área de produção para redução do teor de água.



Figura 4. Operação de recolhimento das plantas e separação entre plantas e vagens.



Figura 5. Caminhão carregado de amendoim em vagens, recém chegado na UBS e realização da amostragem.



Figura 6. Carreta secadora utilizada para o ajuste do teor de água das vagens e sementes de amendoim.



Figura 7. Armazenamento de sementes de amendoim em vagem, com amostragens realizadas após dois, quatro e seis meses de armazenamento.



Figura 8. Operação de trilha mecanizada, na qual as sementes são separada da vagem, realizada dentro da UBS.



Figura 9. Operação de classificação por tamanho, com passagem das sementes pela peneira de tamanho 23.



Figura 10. Operação de separação de sementes por densidade, na qual foram coletadas aquelas da peneira 23 com maior densidade.



Figura 11. Equipamento utilizado para seleção por coloração.

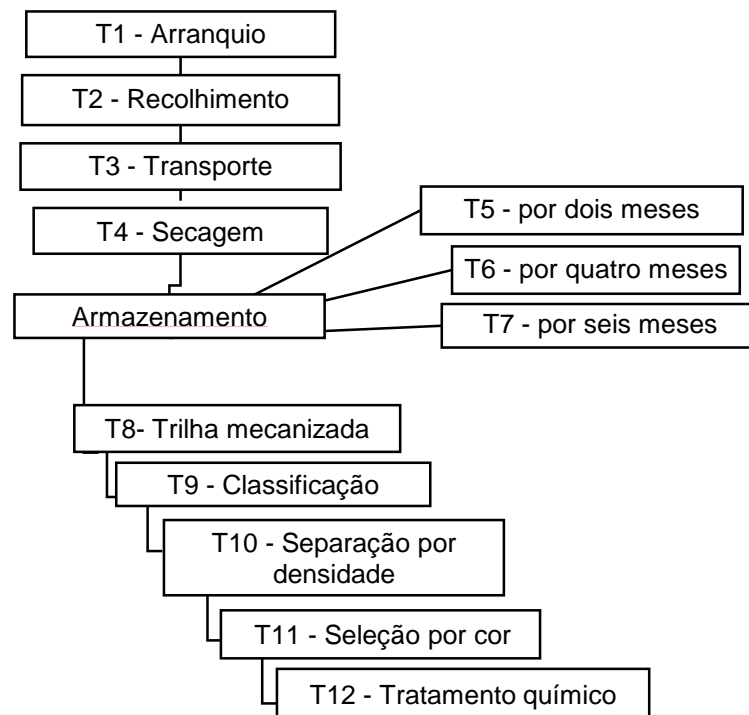


Figura 12. Fluxograma do processo de produção de sementes de amendoim compreendendo as etapas de campo, armazenamento e do beneficiamento.

As amostras de cada tratamento foram devidamente identificadas e mantidas em câmara seca (25 °C e 40% de UR_{ar}), sem tratamento químico com fungicidas ou inseticidas, exceto aquelas provenientes do T12, até o momento da realização das avaliações.

O tratamento químico comercial (T12) constou da aplicação de fungicida, inseticida, micronutrientes e polímero. Foram utilizados o fungicida fludioxonil + metalaxyl, na dose de 200 mL do p.c., produto comercial, em 100 kg de sementes; inseticida tiametoxam, 150 mL do p.c. em 100 kg de sementes; para o fornecimento dos micronutrientes foi utilizado produto com concentração de 1,5% de cobalto e 14% de molibdênio, na dose de 200 mL do p.c. em 100 kg de sementes; polímero comercial destinado ao tratamento e revestimento de sementes, na dose de 200 mL em 100 kg de sementes.

Após o processamento manual, as sementes provenientes dos tratamentos T1 a T7, foram classificadas por tamanho e utilizadas aquelas retidas na peneira de crivo redondo de 23 mm. A obtenção dos demais tratamentos, de T8 a T12, deu-se após o beneficiamento na UBS. Dessa forma, após obtenção das sementes em cada etapa, estas foram submetidas a determinação do teor de água e avaliações das qualidades fisiológica e sanitária, discriminadas a seguir.

Teor de água: realizado com duas repetições de 25 sementes em estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h (BRASIL, 2009); os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

Avaliação da sanidade: foi utilizado o método do papel de filtro, com quatro repetições de 50 sementes, as quais foram incubadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo, três folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada. Foram utilizadas 20 placas por tratamento, com 10 sementes cada. Estas foram mantidas em ambiente controlado, com temperatura de 20 ± 2 °C por sete dias, com fotoperíodo de 12 h. A avaliação foi realizada em cada semente individualmente, sob microscópio estereoscópico e a identificação dos fungos realizada por meio de características morfológicas de seu crescimento e, também, pelo microscópio óptico,

por meio de lâminas feitas do material contido nas sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes infectadas (LIMONARD, 1966).

Germinação: oito repetições de 25 sementes de cada tratamento foram tratadas quimicamente com fungicida thiram (500 g.L^{-1} de ingrediente ativo) na dose de 300 mL de produto comercial para cada 100 kg de sementes (BRASIL, 2009; BARBOSA et al., 2013a) e distribuídas em rolos de papel de germinação umedecidos com quantidade de água desionizada equivalente a três vezes a massa do substrato seco e colocados em câmara de germinação a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. As avaliações foram realizadas no quinto e no décimo dia após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: realizou-se a determinação da porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste de germinação (NAKAGAWA, 1999).

Velocidade de emergência de plântulas (IVE): Foi obtido a partir do teste de germinação em areia, por meio de contagens diárias de plântulas emersas, considerando-se aquelas cujos cotilédones atingiram o nível do substrato. Posteriormente foi cálculo do índice de velocidade (MAGUIRE, 1962).

Envelhecimento acelerado: amostras com aproximadamente 250 sementes de cada tratamento, tratadas quimicamente conforme descrito para a germinação, foram distribuídas em camada única e uniforme sobre tela de inox e colocadas em caixas de plástico ($11 \times 11 \times 3,5 \text{ cm}$), com 40 mL de água desionizada ao fundo. As caixas foram mantidas em câmara de germinação a $42 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h (MARCOS-FILHO, 1999). Posteriormente, duas repetições de 25 sementes foram submetidas à determinação do teor de água (BRASIL, 2009) e oito repetições de 25 sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009), e a avaliação realizada no quinto dia após a semeadura.

Condutividade elétrica: quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento foram pesadas e colocadas para embeber em copos de plástico (capacidade de 200 mL) contendo 75 mL de água desionizada a 25 °C, por 24 h. Após esse período, foi medida a condutividade elétrica da solução e os resultados, expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (MARCOS-FILHO; VIEIRA, 2009; BARBOSA et al., 2012).

Tetrazólio: quatro repetições de 25 sementes de cada tratamento foram pré-condicionadas por 16 h a 25 °C por meio da imersão em água. Posteriormente, os cotilédones foram separados com auxílio de lâmina, e imersos em solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio a 0,075%, por 2 h a 40 °C, para coloração. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis (SANTOS et al., 2012).

SVIS - Análise computadorizada de plântulas: realizada com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram distribuídas em grupos de 25 (cinco fileiras de cinco sementes) em folhas de papel para germinação, umedecidas com água equivalente a três vezes a sua massa seca e colocados em germinador a 25 °C. A aquisição das imagens foi realizada no quinto dia após a instalação do teste. As imagens das plântulas normais ou anormais ou de sementes mortas foram obtidas por escâner HP Scanjet 2400 com área de escaneamento de 30 x 21 cm, instalado em posição invertida, no interior de caixa de madeira (60 x 50 x 12 cm), ajustado na resolução de 100 dpi e acoplado a um computador Core i5 (6 GB de memória RAM e HD de 500 GB). Após o processamento das imagens, realizado no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal, Universidade de São Paulo, foram gerados os índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU). O índice de vigor é resultante da combinação entre os índices de crescimento e de uniformidade, que podem variar de valor mínimo zero ao máximo 1000. Os dados foram obtidos estabelecendo como 4,0 cm o tamanho máximo de plântula. Para a obtenção do índice de vigor foi utilizada a seguinte composição: $IV70/30 = \{(0,7 \times IC) + (0,3 \times IU)\}$. Quando necessário, foram realizados, pequenos ajustes, para reconhecer e marcar corretamente o ponto de ligação entre a raiz primária e a parte aérea das plântulas normais (MARCHI; CICERO; GOMES-JUNIOR, 2011).

Emergência de plântulas em campo: foram semeadas quatro repetições de 50 sementes, tratadas quimicamente conforme descrito para a germinação, e distribuídas em sulcos de 2 m de comprimento e 3-4 cm de profundidade. Os sulcos foram espaçados de 0,4 m e as contagens realizadas aos 15 dias após a semeadura, computando-se as plântulas cujas folhas originárias do embrião (folhas simples) apresentavam-se desenvolvidas e com as margens não mais se tocando (NAKAGAWA, 1999).

Procedimento estatístico

Os dados foram testados quanto à normalidade (Teste de Anderson-Darling) e homogeneidade das variâncias, e por atenderem as devidas exigências, não houve necessidade de transformações dos dados. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1990).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano agrícola, o arranquio do amendoim ocorreu no dia 07 de março de 2012, e para o segundo ano, 21 de fevereiro, de 2013, sendo que em ambos os anos a cultura apresentou ciclo de 130 dias. O recolhimento do amendoim foi realizado três dias após o arranquio, em 2011/12, e após seis dias, em 2012/13, correspondendo ao período de secagem natural ou “cura”, que é realizado no campo.

Durante o período de colheita é desejável elevadas temperaturas, mais horas de insolação e a não ocorrência de chuvas para favorecer o processo de “cura”. Quando estas condições não são atendidas, as sementes de amendoim permanecem no campo, sujeitas aos processos de deterioração, causados pela variação de temperatura e umidade relativa do ar desfavoráveis à manutenção da qualidade das sementes.

Em março de 2012, as condições ambientais foram propícias ao processo de “cura” do amendoim. Na ocasião, houve apenas oito dias com chuva, baixa pluviosidade, temperaturas elevadas e 245,6 horas de insolação (Figura 1), que em conjunto favoreceram a seca natural das plantas e vagens em reduzido período. Sendo assim, a maior disponibilidade hídrica durante o período de colheita para o ano agrícola de 2012/13, prolongou o período de “cura”, em relação ao ano anterior.

Para o segundo ano agrícola, o final do ciclo da cultura deu-se em ambiente com presença marcante da umidade, pois em janeiro de 2013, foi registrado 384 mm de chuva (Figura 2). Adicionalmente, as elevadas temperaturas praticadas neste período ocasionou a elevação da umidade relativa do ar e aumento do período de molhamento da cultura, sendo então, ambiente favorável para o desenvolvimento de micro-organismos e, assim, a cultura do amendoim fica sujeita a pressão de doenças, além de possibilitar o aumento da população de fungos do solo.

O amendoim mesmo tendo ampla adaptabilidade, a sua produtividade é altamente influenciada por fatores ambientais, especialmente temperatura, disponibilidade de água e radiação (SILVEIRA et al., 2013). O que pode, também, implicar diretamente sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

No primeiro ano de cultivo, a cultura desenvolveu-se em ambiente com baixa disponibilidade de água. A deficiência hídrica reduz a produção de flores e, conseqüentemente, ocorre a diminuição do número de vagens por planta, uma vez que há menor produção de foto-assimilados (SILVEIRA et al., 2013).

O teor de água das sementes provenientes das diferentes etapas do processo de produção, no momento da avaliação, variou de 4,2 a 6,2% e 5,4 a 6,4%, para as amostras provenientes dos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de água inicial e após o envelhecimento acelerado de sementes de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes de diferentes etapas do processo de produção dos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13.

Etapas	2011/12		2012/13	
	Inicial	Após EA	Inicial	Após EA
	----- % -----			
T1	6,1	21,0	5,9	19,2
T2	6,2	19,1	5,8	18,7
T3	6,2	19,7	6,0	21,0
T4	6,2	20,4	6,2	18,9
T5	6,2	18,8	6,4	20,4
T6	4,4	16,5	6,2	19,3
T7	4,2	17,3	5,9	18,2
T8	5,6	17,6	5,7	17,6
T9	5,6	17,6	5,5	17,9
T10	5,4	17,0	5,8	18,5
T11	5,5	19,9	5,9	18,3
T12	5,0	18,9	6,2	18,5

¹ T1: Após o arranquio; T2: Após o recolhimento; T3: Após transporte; T4: Após secagem T5: Após armazenamento por dois meses; T6: Após armazenamento por quatro meses; T7: Após armazenamento por seis meses; T8: Após a trilha mecânica; T9: Após classificação por tamanho; T10: Após separação pela mesa densimétrica; T11: Após seleção por coloração; T12: Após tratamento químico comercial.

As sementes de amendoim, como de qualquer outra espécie, estão sujeitas ao aumento da taxa de deterioração quando são armazenadas com teor de água inadequado. Suas sementes oleaginosas apresentam, aproximadamente, 50% de lipídios (NAUTIYAL, 2009; WANG et al., 2012). Devido ao caráter hidrófobo dos lipídios, a obtenção de sementes com baixos teores de água, situados entre 6 a 8%,

é favorecida. Sob condições de armazenamento com teores de água inadequados, a elevada instabilidade química dos lipídios levam a reações de auto-oxidação e peroxidação que liberam radicais livres e aceleram o processo de deterioração de sementes (MARCOS-FILHO, 2005), resultando na rápida perda de viabilidade e vigor (NAUTIYAL, 2009).

A uniformidade do teor de água entre os diferentes tratamentos proporciona segurança na avaliação da qualidade das sementes, sendo imprescindível para a obtenção de resultados consistentes (VIEIRA et al., 2002). Além disso, o teor de água é um dos fatores que mais afetam a qualidade das sementes e, conseqüentemente, sua maior ou menor longevidade.

Baixos teores de água podem afetar a qualidade da semente não só pelos aspectos bioquímicos, mas também dificultando as operações de beneficiamento. Sementes muito secas estão mais sujeitas, no caso de amendoim, a separação dos cotilédones e remoção do tegumento. Em sementes de espécies da família Fabaceae, ausência do tegumento, no caso a película, as configuram como material inerte (BRASIL, 2009).

O teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado apresentou padrão semelhante entre as diferentes etapas do processo de produção. Em ambos os anos agrícolas avaliados apresentou 4,5 e 3,9 pontos percentuais, respectivamente (Tabela 1). Estes valores estão próximos ao limite recomendado de 3 a 4 pontos percentuais (MARCOS-FILHO, 2005), para que o procedimento seja considerado adequado e, além disso, indicam uniformidade nas condições de execução do teste.

Com a colheita e durante o beneficiamento, houve incremento na infestação por fungos nas sementes (Tabela 2). Para a etapa inicial, o arranquio das plantas e posterior “cura” (T1), a incidência foi menos acentuada quando comparada com as demais etapas, sendo que no final do armazenamento, as sementes apresentaram, aproximadamente, 100% de colonização por fungos do gênero *Aspergillus* e 11% para o gênero *Penicillium*.

Com o armazenamento e beneficiamento, para ambos anos agrícolas, as sementes dos diferentes tratamentos apresentaram 100% de infestação por *Aspergillus* spp., exceto T12, formado por sementes tratadas quimicamente com fungicidas. Para o fungo *Penicillium* sp., houve redução da infestação após seis meses

de armazenamento (T7), a níveis mínimos de 2%. A baixa incidência de *Penicillium* sp. pode ser atribuída à competitividade deste com *Aspergillus* spp. (VECHIATO; KOHARA; MENTEN, 1994).

Tabela 2. Incidência de fungos associados a sementes de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes de diferentes etapas do processo de produção dos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13.

Etapas	2011/12		2012/13	
	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> sp.
	-----%			
T1 ¹	38	31	46	26
T2	94	94	49	62
T3	90	97	85	97
T4	93	99	94	92
T5	100	100	100	95
T6	100	2	100	98
T7	100	2	100	11
T8	100	2	100	12
T9	100	8	100	17
T10	100	14	100	8
T11	100	15	100	11
T12	25	8	16	9

¹ T1: Após o arranquio; T2: Após o recolhimento; T3: Após transporte; T4: Após secagem T5: Após armazenamento por dois meses; T6: Após armazenamento por quatro meses; T7: Após armazenamento por seis meses; T8: Após a trilha mecânica; T9: Após classificação por tamanho; T10: Após separação pela mesa densimétrica; T11: Após seleção por coloração; T12: Após tratamento químico comercial.

Há relatos de que sementes infectadas por patógenos diferem em peso específico das sementes sadias, as quais podem ser separadas na mesa densimétrica (GADOTTI; VILELLA; BAUDET, 2011). Porém, para sementes de amendoim, a separação por densidade promovida pela mesa densimétrica não foi capaz de melhorar a qualidade sanitária dos lotes, visto que não alterou os níveis de infecção (Tabela 2).

Os patógenos de sementes verificados neste trabalho (Tabela 2) são considerados fungos de armazenamento e a contaminação, geralmente ocorre em função da facilidade de contato com solo quando do momento da colheita e de condições favoráveis ao desenvolvimento dos fungos durante o armazenamento. No

início do armazenamento de sementes de amendoim com 4% de contaminação por *Aspergillus* spp. após seis meses, atingiu 57% (MARCHI; CICERO; GOMES-JUNIOR, 2011).

Dentre as espécies do gênero *Aspergillus*, *A. flavus* é a que ocorre com mais frequência em sementes de amendoim, no Estado de São Paulo e o isolamento desses fungos em amostras de solo apontam ser este, a fonte primária de contaminação de sementes de amendoim (ATAYDE et al., 2012).

Em sementes de amendoim armazenadas no Estado de São Paulo, há lotes com germinação inferior ao padrão estabelecido para comercialização (70%). Esse baixo desempenho, muitas vezes, é atribuído a elevados índices de infecção causados por fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus* e ao ataque de insetos (SANTOS et al., 2013b). Sendo assim, o tratamento de sementes de amendoim, antes da sementeira, é de fundamental importância para comercialização e estabelecimento adequado do estande (BITTENCOURT et al., 2007; BARBOSA et al., 2013a; SANTOS et al., 2013b).

O nível de infecção fúngica determina a qualidade sanitária de sementes, estabelecendo-se relação inversa com a viabilidade e o vigor (PEREZ; CAVALLO; MAIA, 2007). Porém, sabe-se que a produção de sementes de amendoim não é tarefa fácil e que além da qualidade sanitária, outros fatores podem afetar a qualidade dos lotes, como a falta de uniformidade na maturação das sementes (BRANCH et al., 2010), chuvas durante a “cura” (SANTOS et al., 2013a), danos oriundos de ataque de insetos (SANTOS et al., 2013b), problemas técnicos na colheita, secagem e beneficiamento (LOPES et al., 2011) e falta de monitoramento da qualidade durante o processo de produção (MORTON et al., 2008).

As sementes provenientes das etapas de arranquio até os quatro meses de armazenamento (T1 a T6) apresentaram elevados níveis de qualidade fisiológica, somente para o primeiro ano do estudo (Tabela 3). Em relação à germinação, para o ano agrícola 2011/12, as sementes oriundas destas etapas apresentaram valores acima do padrão estabelecido para comercialização, 70% (BRASIL, 2013). Por estarem, estas etapas, próximas do ponto de maturidade fisiológica, naturalmente, as sementes apresentam maior qualidade fisiológica, evidenciado pelos testes de germinação e vigor. A avaliação pelos testes de primeira contagem de germinação,

índice de velocidade de emergência de plântulas, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica apontou que sementes provenientes das etapas de arranquio até aos quatro meses de armazenamento (T1 a T6) apresentaram elevados níveis de vigor (Tabela 3). Sendo assim, as sementes provenientes dessas etapas apresentam potencial para a rápida germinação, bem como maior resistência à adversidades no armazenamento, além de membranas celulares bem estruturadas.

Tabela 3. Germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas em campo (EPC) e viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ) de sementes de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes de diferentes etapas do processo de produção do ano agrícola 2011/12.

Etapas 2011/12	G %	PC %	IVE	EA %	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$	EPC %	TZ %
T1 ¹	86 a ²	84 a	8,4 a	92 a	5,6 a	63 a	82 a
T2	92 a	90 a	9,1 a	95 a	10,5 a	44 c	76 a
T3	93 a	90 a	9,1 a	87 b	11,8 a	52 b	69 b
T4	88 a	84 a	8,6 a	82 b	12,1 a	55 b	63 b
T5	84 a	75 a	7,9 a	82 b	13,6 a	51 b	64 b
T6	92 a	88 a	8,9 a	90 a	18,9 b	69 a	79 a
T7	53 b	52 b	5,2 b	65 c	48,5 d	34 d	46 c
T8	32 c	29 c	3,0 c	69 c	40,8 c	45 c	42 c
T9	57 b	55 b	5,6 b	54 d	55,5 d	39 c	33 c
T10	48 b	44 b	4,6 b	57 d	49,6 e	30 d	32 c
T11	46 b	44 b	4,5 b	57 d	57,5 d	33 d	45 c
T12	28 c	23 c	2,5 c	27 e	68,1 f	27 d	40 c
Teste F	31,9**	38,6**	36,3**	49,5**	120,5**	13,8**	19,2**
CV (%)	13,3	12,8	12,8	9,3	12,6	10,1	14,9

¹ T1: Após o arranquio; T2: Após o recolhimento; T3: Após transporte; T4: Após secagem T5: Após armazenamento por dois meses; T6: Após armazenamento por quatro meses; T7: Após armazenamento por seis meses; T8: Após a trilha mecânica; T9: Após classificação por tamanho; T10: Após separação pela mesa densimétrica; T11: Após seleção por coloração; T12: Após tratamento químico comercial. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. ** Teste F: significativo ao nível de 1% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação (%).

A elevada qualidade fisiológica de sementes de amendoim obtidas no ano agrícola de 2011/12 pode ter sido obtida devido as boas condições ambientais presentes no momento da colheita que favoreceram o processo de “cura” (Figura 1).

Assim, as sementes não permaneceram no campo por períodos prolongados, e não ficaram sujeitas a problemas decorrentes do armazenamento no campo, como variações do teor de água em função da umidade relativa do ar.

Com o fim do armazenamento e início do beneficiamento (T7 em diante), para as semente do ano agrícola 2011/12, houve decréscimo da qualidade fisiológica com o acúmulo das etapas (Tabela 3). As sementes apresentaram baixa germinação, com valores abaixo do recomendado para a comercialização e baixo vigor, apontado por todas as avaliações.

Sementes com baixos níveis de teor de água apresentam atividade metabólica restrita, embora possam ocorrer reações peroxidativas. Nesse nível, as taxas de deterioração são acentuadas porque a proteção contra efeitos tóxicos dos radicais livres e/ou desnaturação das proteínas é reduzida (MARCOS-FILHO, 2005). Dessa forma, as macromoléculas que se constituem as substâncias de reserva ficariam diretamente expostas ao oxigênio do ar, do que resultariam fortes reações de oxidação e, portanto, transformações, ou deterioração, dessas substâncias (CARVALHO; NAKAGAWA 2012).

O armazenamento de sementes deve ser conduzido de maneira a retardar o processo de deterioração e evitar o desenvolvimento de insetos e micro-organismos, os quais contribuem para a redução da qualidade fisiológica de sementes (SANTOS et al., 2013b).

A etapa de trilha mecânica (T8) contribuiu em demasia para a redução da qualidade fisiológica das sementes. O atrito do cilindro trilhador, empregado para a extração das sementes das vagens, ocasionou elevados níveis de dano. Este fato levou à morte grandes extensões de tecidos do embrião, principalmente do eixo embrionário, verificado pela não coloração destes, no teste de tetrazólio, e fez com que os valores de germinação atingissem os menores níveis dentro do processo de produção, no ano agrícola de 2011/12 (Tabela 3).

Para o ano agrícola de 2011/12, as etapas da classificação até o tratamento químico comercial não contribuíram para a preservação ou manutenção da qualidade fisiológica, em termos de germinação e vigor, avaliado pelos testes de primeira contagem de germinação, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica, bem como a emergência de plântulas em campo (Tabela 3). De acordo com os testes,

as etapas finais do processo de produção de sementes, a partir da trilha mecânica, não contribuíram para a qualidade do lote formado.

O perfil do processo de produção de sementes, do ano agrícola de 2011/12, com a obtenção de sementes com baixa qualidade fisiológica, não se repetiu no ano seguinte (Tabela 4), visto que ao final do processo, as sementes produzidas apresentaram maiores níveis de germinação e vigor.

Tabela 4. Germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas em campo (EPC) e viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ) de sementes de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes de diferentes etapas do processo de produção do ano agrícola 2012/13.

Etapas 2012/13	G %	PC %	IVE	EA %	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$	EPC %	TZ %
T1 ¹	64 c ²	52 d	6,5 b	13 a	23,2 a	61 c	70 b
T2	59 d	38 f	4,8 c	8 a	27,4 a	38 d	59 b
T3	55 e	41 f	4,9 c	15 a	26,8 a	43 d	42 c
T4	52 e	43 e	4,8 c	12 a	35,6 b	23 e	71 b
T5	47 f	37 f	4,2 c	16 a	39,0 b	34 d	59 b
T6	48 f	36 f	4,2 c	11 a	31,4 b	34 d	52 c
T7	50 f	44 e	4,2 c	2 b	34,2 b	53 c	67 b
T8	65 c	61 c	5,9 c	3 b	32,3 b	78 b	79 a
T9	77 b	74 b	7,0 b	0 b	34,6 b	89 a	90 a
T10	78 b	76 b	7,8 a	1 b	32,7 b	87 a	87 a
T11	79 b	77 b	7,5 a	0 b	30,0 a	91 a	85 a
T12	85 a	83 a	8,3 a	6 b	29,0 a	87 a	85 a
Teste F	85,5**	69,1**	12,7**	8,1**	6,6**	61,3**	12,6**
CV (%)	4,6	7,9	14,6	60,7	10,8	10,9	12,2

¹ T1: Após o arranquio; T2: Após o recolhimento; T3: Após transporte; T4: Após secagem T5: Após armazenamento por dois meses; T6: Após armazenamento por quatro meses; T7: Após armazenamento por seis meses; T8: Após a trilha mecânica; T9: Após classificação por tamanho; T10: Após separação pela mesa densimétrica; T11: Após seleção por coloração; T12: Após tratamento químico comercial. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. ** Teste F: significativo ao nível de 1% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação (%).

No ano agrícola 2012/13, as sementes provenientes das etapas de colheita até aos seis meses de armazenamento (T1 a T7) apresentaram desempenho inferior (Tabela 4), avaliados pelo teste de germinação e vigor. Nestas etapas, a germinação apresentou padrão de redução, ou seja, do valor inicial de 64% no arranquio, ao final

do armazenamento, passou para 50%. Nesse caso, é notável que veio do campo de produção de sementes, material muito heterogêneo, composto por sementes maduras, imaturas, atacadas por insetos e micro-organismos e até mesmo sementes dormentes.

Durante o processo de “cura”, no ano agrícola de 2012/13, devido a maior ocorrência de chuvas, as sementes, após a maturidade fisiológica, passaram por ciclos de umedecimento e secagem acelerando o processo de deterioração no campo. Logo, verificaram-se baixos valores para a germinação e vigor das sementes provenientes das etapas de arranquio até o fim do armazenamento (T1 a T7).

O baixo desempenho das sementes no testes de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de emergência, além da emergência de plântulas no campo também pode ser atribuído a presença de micro-organismos, os quais são capazes de reduzir a qualidade das sementes; bem como da expressão do comportamento de dormência, característico de sementes de amendoim do grupo Virgínia (DUKE; KAKEFUDA, 1981).

Com o fim do armazenamento e, posterior, início do beneficiamento, as boas sementes foram selecionadas durante o processo, sendo que com o decorrer das etapas, após a trilha mecânica (T8), houve incremento dos valores de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica e emergência de plântulas no campo (Tabela 4). No final do processo, do ano 2011/12, as amostras apresentaram 28% de germinação, enquanto que em 2012/13 este valor atingiu 85%.

Em 2012/13, o processo de produção de sementes pode ser considerado eficiente, pois promoveu a melhoria da qualidade do lote de sementes. As etapas de trilha mecânica, classificação, passagem pela mesa densimétrica, seleção eletrônica e o tratamento de sementes contribuíram de modo decisivo para o sucesso do processo de produção de sementes, evidenciado pelos elevados valores de germinação e vigor.

Com a etapa de classificação, houve melhorias das características das amostras, no ano agrícola de 2012/13. Sabe-se que o beneficiamento somente aprimora as boas características do lote de sementes (FERREIRA; SÁ, 2010). Logo, pode-se inferir que no segundo ano, vieram do campo sementes de elevada

qualidade, e o beneficiamento somente eliminou, impurezas e materiais não desejáveis da massa de sementes, fazendo com que no final do processo, obtiveram-se sementes de elevada qualidade fisiológica e sanitária.

O beneficiamento, etapa essencial em qualquer programa de produção de sementes, também não melhorou a qualidade fisiológica e sanitária dos lotes de sementes de amendoim (FESSEL; BARRETO, 2000; SANTOS et al., 2013b). Portanto, estudos devem ser conduzidos e medidas corretivas devem ser tomadas, que visem o aumento da eficiência do beneficiamento de sementes de amendoim, por meio da otimização de equipamentos e do fluxo ao longo do processo, na tentativa de reduzir a ocorrência de danos mecânicos (FESSEL et al., 2003).

Após a identificação de problemas durante o beneficiamento, no ano agrícola de 2011/12, e comunicação do fato ao responsável técnico pela empresa, foram tomadas medidas de regulagens das máquinas de beneficiamento e agilização da recepção das sementes na UBS. Dessa forma, quando os caminhões carregados com sementes chegavam na UBS, foram direcionados a amostragem quanto à umidade, e logo em seguida, às moegas de recebimento. Assim, não aguardaram no pátio, na fila juntamente com caminhões carregados com grãos por até seis dias como ocorreu no primeiro ano agrícola do trabalho, ficando sujeito à intempéries enquanto não realizavam a descarga, prática comumente observada em outros anos agrícolas.

Ainda no sentido de melhorar a eficiência do processo, na etapa de trilha mecânica, houve a substituição por novo equipamento responsável pela operação. Os resultados dessas alterações foram notórios: houve melhoria acentuada na germinação e no desempenho em campo das sementes provenientes do ano 2012/13, logo após as mudanças no processo de produção das sementes.

Dentre os procedimentos utilizados para a avaliação do vigor, o teste de envelhecimento acelerado não detectou diferenças na qualidade de sementes oriundas do ano agrícola 2012/13. O padrão homogêneo de teor de água durante o envelhecimento indicou que as condições de execução do teste foi adequado (MARCOS-FILHO, 2005), porém os resultados não se enquadraram ao padrão de qualidade proveniente das outras avaliações de germinação e vigor.

Para o teste de envelhecimento acelerado, fatores tais como, contaminação inicial das sementes por micro-organismos e absorção de água pelas sementes

podem interferir na interpretação dos resultados. Quanto à contaminação por fungos, a alta incidência de *Aspergillus* spp. e de *Rhizopus* spp. limita a estimativa do vigor das sementes de amendoim, pois estes microrganismos influenciam na deterioração das sementes durante o teste (ROSSETTO; LIMA; GUIMARÃES, 2004). Para contornar esse problema, o uso da solução saturada de sais, em substituição à água destilada durante a realização do teste, permite reduzir a umidade relativa do ar no interior das caixas de plástico e, com isso retardar a absorção de água pelas sementes (JIANHUA; MCDONALD, 1996).

No primeiro ano avaliado, nas etapas de trilha mecânica até o tratamento químico (T8 a T12), para as avaliações de germinação e emergência de plântulas em campo, a hipótese da ocorrência de dormência tornou-se mais evidente em função do baixo desempenho apresentado pelas sementes. Porém, verificou-se pelo teste de tetrazólio, que as sementes não germinaram por estarem mortas ou com graves lesões nos tecidos do eixo embrionário, sendo consideradas inviáveis (Figura 13). Os resultados da avaliação da condutividade elétrica da solução de embebição também corroboram esta constatação. Os elevados valores indicam que ocorreu maior liberação de lixiviados para a solução, devido a problemas de integridade das membranas celulares, nos diversos tecidos que compõem a semente (BARBOSA et al., 2012).

A medida em que se transcorre o período pós-colheita, a deterioração se procede inevitavelmente alterando aspectos fisiológicos nas sementes como a respiração e a permeabilidade seletiva das membranas (PEREZ; CAVALLO; MAIA, 2007).

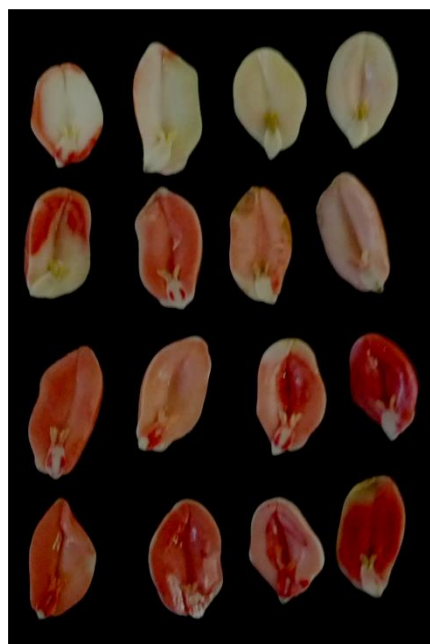


Figura 13. Cotilédones de sementes de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes da coleta após tratamento químico de sementes (T12) consideradas inviáveis, pelo teste de tetrazólio.

Em relação à análise computadorizada de plântulas, os maiores valores dos índices de vigor, crescimento e uniformidade foram obtidos para sementes provenientes dos tratamentos amostrados após o arranquio das plantas (T1), para o ano agrícola de 2011/12 (Tabela 5). A partir deste momento, os resultados apresentaram redução da qualidade com o acúmulo de etapas durante o processo de produção. Para o ano agrícola 2012/13, os melhores resultados foram obtidos para sementes preparadas para a comercialização, pois apresentaram elevados valores de vigor e uniformidade.

As sementes produzidas no primeiro ano agrícola não apresentaram potencial para a formação de plântulas normais, prejudicando o estabelecimento do estande no campo. Por outro lado, as sementes provenientes do segundo ano originaram plântulas com potencial para a plena formação da lavoura, em termos de populações adequadas (Figura 14).

Tabela 5. Análise computadorizada de plântulas - SVIS: índices de vigor (IV) de crescimento (IC) e de uniformidade (IU) de sementes de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes de diferentes etapas do processo de produção dos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13.

Etapas	2011/12			2012/13		
	IV	IC	IU	IV	IC	IU
T1 ¹	630 a ²	547 a	828 a	622 b	623 a	622 c
T2	157 e	42 d	427 d	444 c	404 b	538 c
T3	490 c	390 b	724 b	303 d	215 c	508 c
T4	476 c	366 c	734 b	425 c	383 b	526 c
T5	445 c	319 c	741 b	270 d	167 c	512 c
T6	546 b	435 b	805 a	283 d	188 c	507 c
T7	246 d	116 d	550 c	479 c	416 b	569 c
T8	208 d	88 d	491 c	489 c	455 b	569 c
T9	524 b	431 b	743 b	661 b	655 a	676 b
T10	138 e	17 d	423 d	755 b	765 a	692 b
T11	176 e	63 d	440 d	707 b	709 a	704 b
T12	167 e	58 d	425 d	876 a	903 a	816 a
Teste F	63,4**	55,9**	48,7**	11,7**	10,8**	9,5**
CV (%)	13,1	21,4	7,7	21,9	29,7	10,6

¹ T1: Após o arranquio; T2: Após o recolhimento; T3: Após transporte; T4: Após secagem T5: Após armazenamento por dois meses; T6: Após armazenamento por quatro meses; T7: Após armazenamento por seis meses; T8: Após a trilha mecânica; T9: Após classificação por tamanho; T10: Após separação pela mesa densimétrica; T11: Após seleção por coloração; T12: Após tratamento químico comercial. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. ** Teste F: significativo ao nível de 1% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação (%).

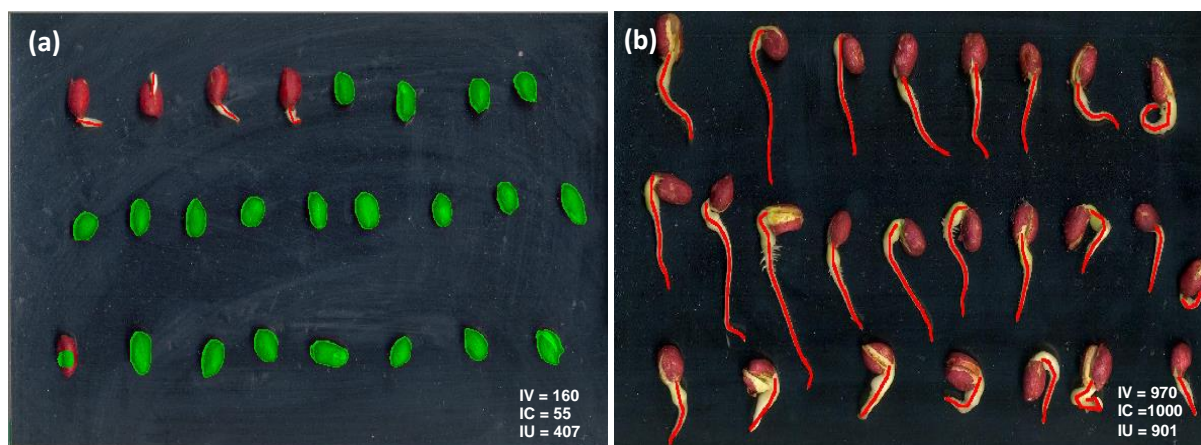


Figura 14. Análise computadorizada de plântulas de amendoim, cv. Runner IAC 886, provenientes de amostras retiradas após ao tratamento químico das sementes (T12), ano agrícola 2011/12 (a) e 2012/13 (b). IV: índice de vigor; IC: índice de crescimento; IU: índice de uniformidade. Valores de uma repetição.

A análise computadorizada corroborou as informações sobre a qualidade fisiológica verificada pelas outras avaliações (Tabela 3 e 4), rotineiramente utilizadas no laboratório de sementes. Além disso, também apontou a redução da qualidade fisiológica durante as diferentes etapas do processo de produção, para o primeiro ano do estudo, e para o ano seguinte, a melhoria de qualidade das sementes com o advento de cada etapa (Tabela 5).

A análise computadorizada é eficiente para a detecção de lotes com diferenças de qualidade fisiológica e os resultados se relacionaram com os obtidos por outros testes de vigor para sementes de melão (MARCOS-FILHO et al., 2006). Para sementes de soja, o vigor avaliado pelo programa apresentou resultados comparáveis os obtidos nas avaliações de primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas no campo (MARCOS-FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Para sementes de amendoim, a análise computadorizada apresenta eficiência comparável aos procedimentos de envelhecimento acelerado e emergência de plântulas no campo, quando tratadas com fungicidas e inseticidas (MARCHI; CICERO; GOMES-JUNIOR, 2011). Neste trabalho, os resultados obtidos pelo programa relacionaram-se, de modo geral, com os obtidos pelos testes de vigor.

Para outras espécies cultivadas, o beneficiamento apresenta inúmeras vantagens. Para sementes de arroz, a qualidade física do lote aumentou gradativamente após a passagem por cada máquina ao longo do beneficiamento (PEREIRA; ALBULQUERQUE; OLIVEIRA, 2012). Para sementes de milho, o beneficiamento promoveu melhoria na qualidade das sementes e aquelas obtidas após a mesa densimétrica e as prontas para ensaque apresentaram melhor desempenho (FERREIRA; SÁ, 2010).

A produção de sementes de amendoim de alta qualidade requer alto nível de gerenciamento, que se inicia antes do plantio e culmina com a comercialização dos lotes de sementes. O teor de água das sementes durante todo o processo deve ser monitorado, pois baixos teores associado com a possibilidade de ocorrência de dano mecânico e presença de patógenos podem tornar as sementes inviáveis.

O comprometimento da viabilidade e vigor, durante o processo de produção, deu-se em função das condições desfavoráveis à manutenção da qualidade

fisiológica. No final do processo, o desempenho de sementes de amendoim depende da sua qualidade inicial, do teor de água no armazenamento e ao tratamento que a semente recebe durante toda a linha do beneficiamento. Dessa forma, é imprescindível que todas as etapas sejam realizadas adequadamente para prover lotes de sementes de elevada qualidade fisiológica e sanitária.

A identificação de falhas ou de etapas que podem causar redução do desempenho das sementes é de primordial importância para o sucesso do processo de produção de sementes. Ainda mais importante, é a atitude tomada visando sanar tais deficiências. Neste trabalho foi verificado que a etapa de trilha mecânica ocasionou redução da qualidade no primeiro ano agrícola. Com a intervenção, o processo foi otimizado e já no segundo ano do estudo, foi possível obter sementes de qualidade elevada.

Após o ponto de maturidade fisiológica, no qual a semente apresenta o máximo potencial de germinação e vigor e máximo acúmulo de massa de matéria seca, o processo de deterioração ocorre naturalmente atuando na degradação dos tecidos e demais partes constituintes da semente, e assim reduz seu potencial de desempenho ao longo do tempo. Juntamente com o processo de deterioração, após a maturidade fisiológica, também pode ocorrer, como visto neste trabalho, redução da qualidade fisiológica devido ao manuseio durante a colheita, transporte e no beneficiamento das sementes na UBS. Dessa forma, o tratamento destinado à semente durante estas etapas pode comprometer todo um lote de sementes, caso não seja efetuado de forma adequada a assegurar todo o potencial de desempenho quando atingido a maturidade fisiológica.

5 CONCLUSÕES

Durante o processo de produção:

- a etapa de trilha mecânica pode reduzir a qualidade fisiológica das sementes de amendoim,

- as diferentes etapas do processo de produção, quando executadas adequadamente, contribuem para a melhoria do potencial de desempenho de sementes de amendoim.

6 REFERÊNCIAS

AFSAH-HEJRI, L.; JINAP, S.; RADU, S. Occurrence of aflatoxins and aflatoxigenic *Aspergillus* in peanuts. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 11, n. 3 & 4, p. 228-234, 2013.

ALVIM, M. N.; RAMOS, F. T.; FRANÇA, M. G. C. Seed storage period reduces aluminum tolerance in rice (*Oryza sativa*). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 35, n. 3, p. 688-697, 2007.

AMARAL, H. M.; USBERTI, R. Detecção de fungos em sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) armazenadas com e sem fungicida. III Congresso Brasileiro de Sementes. **Resumo dos trabalhos técnicos**. ABRATES, Campinas, p. 80, 1983.

ANDRADE, E. T.; CORRÊA, P. C.; ALVARENGA, E. M.; MARTINS, J. H. Efeitos de danos mecânicos controlados sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 41–51, 1998.

ATAYDE, D. D.; REIS, T. A.; GODOY, I. J.; ZORZETE, P.; REIS, G. M.; CORREA, B. Mycobiota and aflatoxins in a peanut variety grown in different regions in the state of São Paulo, Brazil. **Crop Protection**, Londres, v. 33, n. 1, p. 7-12, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2011.11.013>.

BALOTA, M.; PHIPPS, P. Comparison of Virginia and Runner-type peanut cultivars for development, disease, yield potential, and grade factors in eastern Virginia. **Peanut Science**, Tifton, v. 40, n. 1, p. 15-23, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3146/PS12-4.1>.

BARBOSA, R. M.; SANTOS, J. F.; LOPES, M. M.; PANIZZI, R. C.; VIEIRA, R. D. Chemical control of pathogens and the physiological performance of peanut seeds. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 11, n. 2, p. 322-326, 2013a.

BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, M. A.; CENTURION, M. A. P. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000100008>.

BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; FERRAUDO, A. S.; CORÁ, J. E.; VIEIRA, R. D. Discrimination of soybean seed lots by multivariate exploratory techniques. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 302-310, 2013b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000300005>.

BITTENCOURT, S. R. M.; MENTEN, J. O. M.; ARAKI, C. A. S.; MORAES, M. H. D.; RUGAI, A. D.; DIEGUEZ, M. J.; VIEIRA, R. D. Eficiência do fungicida carboxin + thiram no tratamento de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 214-222, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200028>.

BOLONHEZI, D. Colheita e pós-colheita do amendoim. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. (Ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA. 2013. p. 239-254.

BRANCH, W. D.; BOSTICK, J. P.; WILLIAMS, E. J.; BEASLEY-JUNIOR, J. P. Determination of the relative maturity range for the 'Georgia-02C' peanut cultivar. **Peanut Science**, Tifton, v. 37, n. 2, p. 106-109, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3146/PS09-023.1>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45 de 17 de set. de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes espécies inscritas no RNC. **Diário Oficial da União**, n. 183, 20 de setembro de 2013, Seção 1, p. 6.

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

CARLEY, D. S.; JORDAN, D. L.; DHARMASRI, L. C.; SUTTON, T. B.; BRANDENBURG, R. L.; BURTON, M. G. Peanut response to planting date and potential of canopy reflectance as an indicator of pod maturation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 2, p. 376-380, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/agrojn12006.0352>.

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

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2013/2014** – Quarto Levantamento, 2014 Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf. Acesso em 15 Jan. 2014.

DORNER, J. W. Relationship between kernel moisture content and water activity in different maturity stages of peanut. **Peanut Science**, Tifton, v. 35, n. 2, p. 77-80, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3146/PS07-101.1>.

DUKE, E. H.; KAKEFUDA, G. Role of testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 67, n. 3, p. 449-456, 1981.

EGLI, D. B.; TEKRONY, D. M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n. 3, p. 595-607, 1995.

FÁVERO, A. P.; SIMPSON, C. E.; VALLS, J. F. M.; VELLO N. A. Study of the evolution of cultivated peanut through crossability studies among *Arachis ipaënsis*, *A. duranensis*, and *A. hypogaea*. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 4, p. 1546-1552, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2005.09-0331>.

FERREIRA, R. L.; SÁ, M. E. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de sementes de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 99-110, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400011>.

FESSEL, S. A.; BARRETO, M. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 126-130, 2000.

FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 2, p. 70-76, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222003000400010>.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3 p. 123-133, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300014>.

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: Embrapa- CNPSo, 1984. (Circular Técnica, 9).

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C. Seed production and technology for the tropics. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tropical soybean: improvement and production**. Roma: FAO, p.217- 240. 1994.

GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A.; BAUDET, L. Influência da mesa densimétrica na qualidade de sementes de cultivares de tabaco. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 372-378, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000200020>.

GUBERAC, V.; MARIC, S.; LALIC, A.; DREZNER, G.; ZDUNIC, Z. Hermetically sealed storage of cereal seeds and its influence on vigour and germination. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 189, n. 1, p. 54-56, 2003.

HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M. B.; BENETT, M. A. An automated system for vigour testing three-day-old soybean seedling. **Seed Science and Technology**, Zürich, n. 1, v. 33, p. 701-713, 2003.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, p. 123-131, 1996.

LIMONARD, T. A modified blotter test for seed health. **Netherland Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 72, p. 319-321, 1966.

LOPES, M. M.; PRADO, M. O. D.; SADER, R.; BARBOSA, R. M. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 230-238, 2011.

MAEDA, J. A.; LAGO, A. A.; GERIN, M. A. N. Tratamentos com fungicidas no comportamento de sementes de amendoim. **Bragantia**, Campinas, v. 1, n. 54, p. 103-111, 1995.

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

MARCHI, J. L.; CICERO, S. M.; GOMES-JUNIOR, F. G. Utilização da análise computadorizada de plântulas na avaliação do potencial fisiológico de sementes de amendoim tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 652-662, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000400007>.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

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

MARCOS-FILHO, J.; BENNETT, M. A.; EVANS, A. S.; GRASSBAUGH, E. M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 34, n. 2, p. 507-519, 2006.

MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012>.

MARCOS-FILHO, J.; VIEIRA, R. D. Seed vigor tests: procedures - conductivity tests. In: BAALBAKI, R. ELIAS, S. G., MARCOS-FILHO, J. AND McDONALD, M. B (Ed.). **Seed vigor tests handbook**. Ithaca, USA: AOSA, 2009. p.186-200.

MARTINS, G. N.; ILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P. Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo formosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 12-17, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000200003>.

McDONALD, M. B. Orthodox seed deterioration and its repair. In BENECH-ARNOLD, R. L.; SANCHEZ, R. J. (Ed.). **Handbook of Seed Physiology**. Food Products Press and Haworth Reference Press, New York. 2004. p. 273-296.

MENEZES, N. L.; LERSCH-JUNIOR, I.; STORCK, L. Qualidade física e fisiológica das sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 97-102, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222002000100014>.

MENTEN, J. O. M. Prejuízos causados por patógenos associados às sementes. In: MENTEN, J. O. M. (Ed.) **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. São Paulo: Ciba Agro, 1995. p. 203-224.

MORTON, B. R.; TILLMAN, B. L.; GORBET, D. W.; BOOTE. K. J. Impact of seed storage environment on field emergence of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. **Peanut Science**, Tifton, v. 35, n. 2, p. 108-115, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3146/PS07-111.1>.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Abrates: Londrina, 1999. cap. 2, p. 1-24.

NAKAMURA, A. M.; SADER, R. Efeito da infecção por fungos na germinação e vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 8, n. 1, p. 101-111, 1986.

NAUTIYAL, P. C. Seed and seedling vigour traits in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Seed Science and Technology**. Zürich, v. 37, n. 3, p. 721-737, 2009.

OLIVEIRA, A.; SADER, R.; KRYZANOWSKI, F. C. Danos mecânicos ocorridos no beneficiamento de sementes de soja e suas relações com a qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 59-66, 1999.

PEREIRA, C. E.; ALBULQUERQUE, K. S.; OLIVEIRA, J. S. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz ao longo da linha de beneficiamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, suplemento 1, p. 2995-3002, 2012.

PEREZ, M. A.; CAVALLO, A. R.; MAIA, M. S. Nivel de infección fúngica natural en relación a la calidad de semillas de maní. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 53-59, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200008>.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468p.

ROSSETTO, C. A. V.; LIMA, T. M.; GUIMARÃES, E. C. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 795-801, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800010>.

ROWLAND, D. L.; SORENSEN, R. B.; BUTTS, C. L.; FAIRCLOTH, W. H. Determination of maturity and degree day indices and their success in predicting peanut maturity. **Peanut Science**, Tifton, v. 33, n. 2, p. 125-136, 2006. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.3146/0095-3679\(2006\)33\[125:DOMADD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3146/0095-3679(2006)33[125:DOMADD]2.0.CO;2).

SADER, R.; CHALITA, C.; TEIXEIRA, L. G. Influência do tamanho e do beneficiamento na injúria mecânica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 13, n.1, p. 45-51, 1991.

SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; BERTONHA, R. S.; NORONHA, R. H. F.; ZERBATO, C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 695-702, 2013a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000400005>.

SANTOS, F.; MEDINA, P. F.; LOURENÇÃO, A. L.; PARISI, J. J. D.; GODOY, I. J. Qualidade de sementes de amendoim armazenadas no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 310-317, 2013b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.029>.

SANTOS, J. F.; SANCHES, M. F. G.; BARBOSA, R. M.; LEÃO, E. F.; VIEIRA, R. D. Optimising tetrazolium test procedures to evaluate the physiological potential of peanut seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 40, n. 2, p. 215-228, 2012.

SCHUCH, J. Z.; LUCCA-FILHO, O. A.; PESKE, S. T.; DUTRA, L. M. C.; BRANCÃO, M. F.; ROSENTHAL, M. D. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz com diferentes graus de umidade e tratadas com fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 45-53, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000100007>.

SILVA, C. A. T. **Efeitos de manchas na qualidade de sementes híbridas de milho processadas em separador por cor**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2012.

SILVA, J. S.; PARIZZI, F. C.; CARDOSO-SOBRINHO, J. Beneficiamento de grãos. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda fácil, 2008. p. 307-323.

SILVA, R. P. Perdas na colheita mecanizada do amendoim. In: ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 4, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2007. 1, CD-ROM.

SILVEIRA, P. S.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S.; PASSOS, A. P.; BORGES, V. P.; BLOISI, L. F. M. Fenologia e produtividade do amendoim em diferentes épocas de semeadura no recôncavo sul baiano. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 553-561, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13437>.

SINGH, S. D.; GIRISH, A. G.; RAO, N. K.; BRAMEL, P. J.; CHANDRA, S. Survival of *Rhizoctonia bataticola* in groundnut seed under different storage conditions. **Seed Science and Technology**. Zürich, v. 31, n. 1, p. 169-175, 2003.

SOFIATTI, V.; SILVA, O. R. R. F.; BOLONHEZI, D. Mecanização no cultivo do amendoimzeiro. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. (Ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA. 2013. p. 555-585.

TEKRONY, D. M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 31, n. 2, p. 435-447, 2003.

TEPLIZKY, M. D. F.; SCHUCH, L. O. B.; AMARAL, A. S.; HENNING, F. A. Época e horário de aplicação de fungicida sobre a qualidade de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v. 33, n. 1, p. 95-103, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000100011>.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000300025>.

VECHIATO, M. H.; KOHARA, E. Y.; MENTEN, J. O. M. Efeito do armazenamento em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 204-208, 1994.

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

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep. 1994. p. 31-47.

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

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900018>.

WANG, M. L.; RAYMER, P.; CHINNAN, M.; PITTMAN, R. N. Screening of the USDA peanut germplasm for oil content and fatty acid composition. **Biomass and bioenergy**, Amsterdam, v. 39, p. 336-343, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.025>.