Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Avaliação da qualidade de sementes de tomate e de berinjela por meio de análise de imagens

Vanessa Neumann Silva

Tese apresentada para obtenção do
título de Doutor em Ciências.
Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2012

Vanessa Neumann Silva
Engenheiro Agrônomo

Avaliação da qualidade de sementes de tomate e de berinjela por meio de análise de imagens

Orientador:
Prof. Dr. **SILVIO MOURE CICERO**

Tese apresentada para obtenção do
título de Doutor em Ciências.
Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Silva, Vanessa Neumann
Avaliação da qualidade de sementes de tomate e de berinjela por meio de análise de imagens / Vanessa Neumann Silva.- - Piracicaba, 2012.
164 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Berinjela 2. Embrião 3. Raios X 4. Sementes - Vigor 5. Tomate I. Título

CDD 635.642
S586a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por todas as graças que me concede a cada dia, especialmente pela força para concluir esse trabalho, em um dos momentos mais difíceis da minha vida, o Senhor Jesus Cristo me inspirou e acalmou meu coração para que esta obra se realizasse, essa tese dedico a ti, assim como toda minha vida, tudo que sou e possuo é por tua graça, muito obrigada por tudo!

À Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura ‘’Luiz de Queiroz’’ pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Aos meus familiares Cléa Neumann Silva, Walfrido Silva Filho, Andressa Neumann Silva e Eva Pederzolli Neumann, obrigada por tudo, sem vocês eu jamais teria chegado aqui.

Ao meu orientador Prof. Doutor Silvio Moure Cicero pelos ensinamentos transmitidos, amizade e pelo exemplo profissional, que possibilitou me um crescimento profissional maior do que as minhas expectativas no início do curso.

Ao professor Dr. Julio Marcos Filho pela contribuição na minha formação, especialmente pelo incentivo para a realização do doutorado sanduíche na Ohio State University, que foi uma experiência inesquecível e importantíssima na minha formação profissional.

Aos professores Dr. Mark Bennett e Dr. Pablo Jourdan pela orientação e amizade durante o período de doutorado sanduíche na Ohio State University.

À Eng. Agrônoma Helena Maria Pascarim Chamma por ser muito mais do que técnica do Laboratório de Análise de Sementes, você é um exemplo de profissional e pessoa, uma inspiração para todos que convivem contigo, muito obrigada por tudo, pelo apoio, ensinamentos e pela amizade, por ser nossa ‘mãe’ no Setor de Tecnologia de Sementes.

Aos funcionários do departamento de produção vegetal Rafael Aragon e Luciane Lopes Toledo pelo apoio e ao Técnico Responsável pelo Laboratório de Análise de Imagens, Francisco Guilhein Gomes Junior pelo apoio na etapa inicial do trabalho e pela amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Sementes: Adilson, Zezé e Cida pela amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida de março de 2009 à janeiro de 2010.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela bolsa concedida de fevereiro de 2010 a fevereiro de 2012.

À empresa Sakata Seed Sudamérica pelo fornecimento de sementes para realização desta pesquisa.

Ao meu grande amigo Mário Borges Trzeciak pelo apoio e incentivo em muitos momentos, muito obrigada por tudo!

Aos amigos Fábio Mielezrski e Fabrício Peske pela acolhida em Piracicaba, pela amizade e incentivo.

As amigas Lorena Andrade Nunes, Gleydiane Novais Lopes e Andreia Santos do Nascimento por serem minha família em Piracicaba.

Aos amigos do laboratório: Victor, Cristiane, Roberta, Simone, Denis, Nilce,Thatiana, Natália, Adrielle, Juliana, Márcio, Marcão, Renê e Bruna pela amizade e incentivo, especialmente a Cartiane Rocha e Renata Alvarenga pelo apoio nas horas dificeis e pela amizade sincera, vocês são muito especiais para mim, obrigada por tudo!

À todos meus amigos de fé, do Grupo de Oração Universitário Água Viva, pelos bons momentos, amizade e pelo incentivo em momentos difíceis, vocês fizeram essa etapa da minha vida mais alegre e feliz, jamais esquecerei vocês!

À todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

EPÍGRAFE

“Feliz o homem que encontrou a sabedoria,
e alcançou o entendimento,
porque a sabedoria vale mais que a prata,
e dá mais lucro que o ouro.
Ela é mais valiosa do que as pérolas,
e não existe objeto precioso que se compare a ela.”

Provérbios (3,13 -15)

SUMÁRIO

RESUMO 9
ABSTRACT 11
1 INTRODUÇÃO 13
2 RELAÇÃO ENTRE A MORFOLOGIA INTERNA E A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE TOMATE E DE BERINJELA 15
Resumo 15
Abstract 15
2.1 Introdução 15
2.2 Desenvolvimento 18
2.2.1 Material e métodos 18
2.2.2 Resultados e discussão 21
2.2.2.1 Tomate cultivar Santa Clara 21
2.2.2.2 Tomate cultivar Mariana 35
2.2.2.3 Berinjela 46
2.3 Considerações Finais 56
2.4 Conclusão 58
Referências 59
3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE TOMATE E DE BERINJELA POR MEIO DE ANÁLISE COMPUTADORIZADA DE PLÂNTULAS 67
Resumo 67
Abstract 67
3.1 Introdução 68
3.2 Desenvolvimento 70
3.2.1 Material e métodos 70
3.2.2 Resultados e discussão 75
3.2.2.1 Tomate 75
3.2.2.3 Berinjela 127
3.3 Considerações Finais 156
3.4 Conclusão 157
Referências 159

RESUMO

Avaliação da qualidade de sementes de tomate e de berinjela por meio de análise de imagens

Os objetivos deste trabalho foram verificar a relação existente entre a morfologia interna de sementes de tomate e de berinjela e a germinação e verificar a possibilidade de utilização do sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas SVIS (Seed Vigour Image System) para detectar diferenças de vigor entre lotes de sementes de tomate e de berinjela em comparação as informações fornecidas por testes de vigor tradicionalmente utilizados. A primeira etapa da pesquisa foi o estudo da morfologia interna de sementes, que foi realizado com sementes de tomate dos cultivares Santa Clara e Mariana, representadas por 10 lotes cada, e sementes de berinjela, cultivar Embu, também representada por 10 lotes, as quais foram avaliadas por meio do teste de raios X e após submetidas ao teste de germinação, com avaliação aos 5 e 7 dias (tomate e berinjela, respectivamente) após a instalação do teste. As imagens das sementes foram analisadas com o *software* Image Pro Plus® e o espaço livre entre o embrião e o endosperma de cada semente foi mensurado, calculando-se, por diferença, o espaço da cavidade interna das sementes preenchido pelo embrião e endosperma; com base nestes dados e na análise visual das sementes, foi realizada a classificação das sementes em categorias e estes resultados foram confrontados com os dados de germinação. Na segunda etapa do trabalho dez lotes de sementes de tomate dos cultivares Santa Clara e Mariana e dez lotes de sementes de berinjela cultivar Embu foram armazenados por 12 meses em sala com ambiente controlado a 20±1°C e 45-50% de umidade relativa do ar. O teor de água das sementes foi monitorado e o potencial fisiológico avaliado aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses após o armazenamento, com os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado (tradicional e com solução salina saturada), condutividade elétrica, emergência de plântulas e o sistema de análise computadorizada de plântulas SVIS (comprimento de plântulas, índices de vigor, de crescimento e de uniformidade de crescimento). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Concluiu-se que a análise de raios X permite a visualização clara das partes componentes das sementes de tomate e de berinjela e, assim, possibilita o estudo da relação entre a morfologia interna das sementes e a germinação; para sementes de tomate e de berinjela a presença de maior área livre na cavidade interna das sementes não significa necessariamente redução na capacidade germinativa; a presença de danos nas sementes pode afetar a germinação, dependendo da extensão destes e de sua localização; a análise computadorizada de plântulas com o software SVIS® é eficiente para avaliar o potencial fisiológico de sementes de tomate e de berinjela; a coerência de seus resultados com as informações fornecidas por meio dos testes de vigor tradicionalmente utilizados depende do índice utilizado; de maneira geral, os índices de vigor e de crescimento de plântulas e o comprimento de plântulas são mais eficientes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate. Para sementes de berinjela, todos os índices obtidos na análise via SVIS são eficientes para separar os lotes em níveis de vigor de forma similar às avaliações rotineiramente utilizadas para essa finalidade.

Palavras-chave: Raios X; *Solanum lycopersicum*; *Solanum melongena*; Embrião; SVIS

ABSTRACT

Tomato and eggplant seed quality evaluated by image analyzis

The aim of this work was study the relationship between eggplant and tomato seed morphology and seed germination and verify the possibility of computerized seedling image system (SVIS) detect vigour differences between tomato and eggplant seed lots compared to traditional vigour tests. Tomato seeds cultivars Santa Clara and Mariana, represented by 10 lots each one, and eggplant seeds cultivar Embu, also represented by 10 lots, were used in this work. In the first study seeds were evaluated by X ray image analysis and germination standard test. Seed image analysis was performed by Image Pro Plus® *software* and whole seed area and free spaces between embryo and endosperm were measured. Seed internal area filled by embryo and endosperm was calculated by difference between whole seed area and free space areas. Based in these results and visual seed analysis, seeds were classify in to three categories, in each one germination information were studied. In the second experiment tomato and eggplant seeds were stored for 12 months in a room with controlled environmental conditions at 20±1 °C and 45-50% RH. Seed moisture content was verified and seed physiological potential evaluated at 0, 3, 6, 9 and 12 months after storage, by germination test, first count of germination, accelerated aging (traditional and with saturated salt solution), electrical conductivity, seedling emergence, and with SVIS system (seedling length, vigour index, growth index and uniformity of growth index). A randomized complete design was used with 4 replications. Data were submitted to Tukey test at 5% of probability. In the first experiment was possible verify that X ray image analyzis allows a perfect view of internal seed parts and seed morphology studies. Increase on seed areas filled by endosperm and embryo do not improve seed germination. Seed damages could affect germination, but it depends of damage extension and localization. Seedling image analysis by SVIS was efficient to evaluate tomato and eggplant seed physiological potential; coincidence on SVIS results and traditional vigour tests results is dependent of each index is used; in general, vigour index, growth index and seedling length are more efficient to evaluate tomato seed vigour; for eggplant seeds all SVIS indexes are efficient to classify seed lots by vigour as traditional tests.

Keywords: X ray; *Solanum lycopersicum*; *Solanum melongena*; Embryo; SVIS

1 INTRODUÇÃO

As sementes de hortaliças possuem alto valor comercial devido aos elevados investimentos realizados no processo produtivo. A família das Solanáceas destaca-se neste mercado, representada principalmente pelo tomate, uma das hortaliças mais consumidas no mundo. Outra representante importante desta família é a berinjela; no cenário atual ainda é pouco consumida, mas apresenta potencial para aumento de produção, em razão de sua qualidade nutricional. Esta espécie possui uma série de compostos em seus frutos, chamados fitoquímicos, substâncias que podem ser ingeridas diariamente em determinadas quantidades e mostram potencial para modificar o metabolismo humano de maneira favorável à prevenção do câncer e de outras doenças degenerativas (ADA, 1999). A obtenção de mudas de qualidade no processo produtivo de hortaliças é influenciada por vários fatores, e um dos principais é a qualidade de sementes.

A utilização de procedimentos eficientes para análise de sementes é fundamental para programas de controle de qualidade. No entanto, poucos estudos têm sido conduzidos sobre o uso de testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. Para sementes de tomate e de berinjela, a pesquisa não tem oferecido alternativas suficientes para a avaliação segura da qualidade fisiológica, especialmente quando se considera a importância da obtenção relativamente rápida das informações.

A avaliação do potencial fisiológico de sementes normalmente é realizada por meio do teste de germinação; porém, este apresenta limitações por ser conduzido sob condições ideais, podendo fornecer resultados que superestimam o potencial das sementes; em razão disto surgiram os testes de vigor. O vigor de sementes reflete um conjunto de características que são, em parte, responsáveis pelo desempenho das sementes no campo após a semeadura ou durante o armazenamento; devido ao vigor não ser uma única característica é difícil que um só teste seja capaz de estimar o potencial dos lotes, o que nos leva a estudar e desenvolver vários testes para esta finalidade. Para obtenção de resultados consistentes e comparáveis é fundamental a padronização das metodologias utilizadas durante a condução dos testes, porém isto ainda apresenta-se como um desafio aos tecnologistas de sementes, pois dependendo da experiência do analista os resultados fornecidos por laboratórios distintos podem variar além do erro experimental aceito e somado á isso existe a subjetividade das avaliações, inerente ao testes, que podem prejudicar a avaliação dos lotes de sementes.

O uso de sistemas automatizados para avaliação do potencial fisiológico de sementes pode contribuir para a redução das subjetividades das análises, pois elimina o erro humano, além de tornar o processo rápido e com isso mais eficiente. A análise de imagens de plântulas e de sementes vem se destacando neste sentido. Resultados promissores tem sido relatados na literatura para diversas espécies, porém para sementes de solanáceas ainda são escassas as informações.

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram relacionar a morfologia interna de sementes de tomate e de berinjela com a germinação e o vigor e verificar a possibilidade da utilização do sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (SVIS) para detectar diferenças de vigor entre lotes de sementes em comparação com as informações fornecidas por testes de vigor tradicionalmente utilizados para as duas espécies.

2 RELAÇÃO ENTRE A MORFOLOGIA INTERNA E A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE TOMATE E DE BERINJELA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar a relação existente entre a morfologia interna de sementes de tomate e de berinjela e a germinação. A morfologia interna de sementes de tomate do cultivar Santa Clara e do híbrido Mariana, representadas por 10 lotes cada, e sementes de berinjela, cultivar Embu (10 lotes) foram avaliadas por meio do teste de raios X e submetidas ao teste de germinação, com avaliação aos 5 e 7 dias (tomate e berinjela, respectivamente) após a instalação do teste. As imagens das sementes foram analisadas com o *software* Image Pro Plus® e o espaço livre entre o embrião e o endosperma de cada semente foi mensurado, calculando-se, por diferença, o espaço da cavidade interna das sementes preenchido pelo embrião e endosperma; com base nestes dados e na análise visual das sementes, foi realizada a classificação das sementes em categorias e estes resultados foram confrontados com os dados de germinação. Concluiu-se que a análise de raios X permite a visualização clara das partes componentes das sementes de tomate e de berinjela e, assim, possibilita o estudo da relação entre a morfologia interna da semente e a germinação; para sementes de tomate e de berinjela a presença de maior área livre na cavidade interna das sementes não significa necessariamente redução na capacidade germinativa; a presença de danos nas sementes pode afetar a germinação, dependendo da extensão destes e de sua localização.

Palavras-chave: Raios X; *Solanum Licopersicum*; *Solanum melongena*; Embrião

Abstract

The aim of this work was study the relationship between tomato and eggplant seeds morphology and germination. Tomato seeds cultivars Santa Clara and Mariana and eggplant seeds cultivar Embu, represented by 10 lots each one, were evaluated by X ray image analysis and germination standard test. Seed image analysis was performed by Image Pro Plus® software and whole seed area and free spaces between embryo and endosperm were measured. Seed internal area filled by embryo and endosperm was calculated by difference between whole seed area and free space areas. Based in these results and visual seed analysis, seeds were classify in to three categories. X-ray image analysis allows a perfect view of internal seed parts and seed morphology studies. Increase on seed areas filled by endosperm and embryo do not improve seed germination. Seed damages could affect germination, but it depends of damage extension and localization.

Keywords: X-ray; *Solanum Licopersicum*; *Solanum melongena*; Embryo

2.1 Introdução

Durante o processo de formação de sementes podem ocorrer condições estressantes para as plantas, como por exemplo, extremos de temperatura, falta ou excesso de água, ataque de patógenos, entre outras, que podem prejudicar o metabolismo vegetal e como

consequência disto as sementes produzidas podem apresentar mal formação e, também, redução no acúmulo de reservas em seus tecidos, substâncias essas importantes durante o processo de germinação, pois constituem a fonte primária de nutrientes para o crescimento do embrião.

Em algumas espécies, como o tomate, que possui hábito de crescimento indeterminado, o florescimento é contínuo e de grande desuniformidade nos estádios de maturação dos frutos por ocasião da colheita (VIDIGAL et al., 2006) e, consequentemente, as sementes podem estar em diferentes estádios de maturação neste período. Sendo assim, sementes maduras podem apresentar diferenças estruturais, incluindo a ocorrência de anormalidades as quais podem afetar diretamente a germinação e o vigor. Essas características podem ser avaliadas por meio da análise de imagens de raios X. A primeira pesquisa relatada na literatura sobre a técnica de raios X para avaliação de sementes foi realizada com espécies de coníferas em 1953 por Simak e Gustafsson.

O teste de raios X consiste na análise radiográfica da estrutura interna das sementes, por meio de sua exposição a uma fonte de baixa energia de raios X e um filme fotossensível. Ao atravessarem as sementes e atingirem o filme, os raios permitem a formação de uma imagem caracterizada por diferentes níveis de cinza. O princípio da técnica é definido pela absorção de raios X em diferentes quantidades pelos tecidos das sementes, em função de sua estrutura, composição e densidade, além do período de exposição à radiação (ISTA, 2004). É um teste relativamente rápido e está padronizado nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA, 1996) e sugerido nas Regras Brasileiras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Embora os raios X sejam potencialmente nocivos às sementes, a baixa dose absorvida durante essa análise não causa mutações genéticas e não afeta a germinação das sementes (SIMAK e GUSTAFSSON, 1953). A exposição de sementes de abóbora à radiação não afetou a qualidade fisiológica destas mesmo após seu armazenamento (período de um ano) em condições controladas (CARVALHO et al., 2009). Trata-se, portanto, de um método não destrutivo, possibilitando a realização de testes fisiológicos com as sementes e, desse modo, pode permitir o estabelecimento de relações de causa e efeito (CICERO; BANZATTO JUNIOR, 2003).

Este teste tem sido utilizado com sucesso para várias finalidades, como identificação de danos internos causados por insetos em sementes de *Eugenia pleurantha* (MASSETTO et al., 2007), defeitos internos em sementes de ipê amarelo (*Tabebuia serratiolia*) e ipê roxo (*Tabebuia impetiginosa*) (OLIVEIRA et al., 2004) e abóbora

(CARVALHO et al., 2009), danos em sementes de mamona (SILVA et al., 2008) e de sucupira (*Bowdichia virgilioides*) (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES, 2008), danos por umidade em sementes de soja (PINTO, CICERO; FORTI, 2007), danos mecânicos em feijão (FACCION et al., 2011), trigo (SILVA; MARCOS FILHO; KRZYZANOWSKY, 2011), milho doce (GOMES JUNIOR, 2009), soja (FLOR et al., 2004; PARMEJIANI; YAGUSHI; GOMES JUNIOR, 2011) e milho (CICERO; BANZATTO JUNIOR, 2003), danos mecânicos e por insetos em soja (PINTO et al., 2009), caracterização morfológica de embriões de *Tecoma stans* (SOCOLOSWSKY; CICERO, 2008), estudo da relação da estrutura interna da semente e a germinação de *Cecropia pachystachya* (PUPIM et al., 2008), avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso (PINTO et al., 2009), avaliação da sensibilidade à dessecação de sementes de quercus (GOODMAN; JACOBS; KARRFALT, 2005), avaliação da morfologia interna de sementes de girassol (ROCHA; CICERO, 2011), ipê roxo (AMARAL et al., 2011), corda-de-viola (SANTANA et al., 2011), *Platypodium elegans* (SOUZA et al., 2008) e aquênios de arnica (MELO et al., 2009), identificação do nível de maturidade dos embriões de *Pinus silvestris* (SAHLEN; BERGSTEN; WIKLUND, 1995), embriões mutantes de *Arabidopsis thalliana* (BINO et al., 1993), fração de sementes fisicamente puras de aveia (CRAVIOTTO et al, 2002), identificação de sementes cheias, vazias, danificadas morfologicamente e para caracterizar e detectar danos internos em sementes (CICERO et al., 1998), como girassol (LUZ et al., 2011) e *Dalbergia nigra* (MARTINS et al., 2011), avaliação da estrutura e o estádio de desenvolvimento de embriões de sementes de acerola (NASSIF; CICERO, 2006).

Além de todas estas possibilidades de uso, o teste de raios X tem sido realizado com sucesso para relacionar a morfologia interna da semente com a germinação ou a morfologia de plântulas de tomate (van der BURG et al., 1994), pimentão (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011; DELL'ÁQUILLA, 2007), milho (CÍCERO et al., 1998; CARVALHO et al., 1999), canafístula (OLIVEIRA, 2003), cipreste italiano (BATTISTI et al., 2000) e aroeira branca (MACHADO, 2003). No estudo da morfologia interna uma característica passível de avaliação é o tamanho do embrião; este pode ser definido por seu grau de desenvolvimento e o espaço livre na cavidade interna da semente (MARCOS FILHO et al., 2010). Este espaço é descrito na literatura como espaço vazio ou livre e é uma expressão usada para ocorrência de espaços vazios entre o embrião e o endosperma ou entre o conteúdo da semente e o tegumento. Pode ocorrer em diferentes partes da semente, porém normalmente ocorre ao redor do embrião e foi determinado pela primeira vez para sementes de tomate (LIU et al., 1993). Quando a cavidade interna não é completamente

preenchida pelo embrião e pelos tecidos do endosperma ou contém tecidos menos densos, a análise de raios X produz imagens com manchas escuras pois a resistência não é suficiente para bloquear a passagem dos raios X (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011).

Para quantificar este espaço vazio dois *softwares* são destacados na literatura: Tomato Analyzer e Image Pro Plus®. O primeiro foi desenvolvido na The Ohio State University para análise de frutos de tomate e foi adaptado para a análise de sementes. O Tomato Analyzer foi sensível para avaliar a extensão do crescimento do embrião de sementes de cucurbitáceas e de algodão e é alternativa promissora para avaliação de outras espécies (MARCOS FILHO et al., 2010), como melancia (YAGUSHI; GOMES JUNIOR; NOVEMBRE, 2011) e pimenta habanero (NASCIMENTO et al., 2011). Porém, este *software* é mais indicado para sementes de espécies que possuam tegumento e embrião sem endosperma, porque estas com frequência possuem espaços vazios que podem ser reconhecidos entre a periferia do embrião e o tegumento (MARCOS FILHO et al., 2010). Uma forma de fazer a avaliação da morfologia interna de sementes que possuem endosperma é o uso do software Image Pro Plus®. Este foi utilizado com sucesso para a quantificação do espaço livre em sementes de pimentão, sendo que sementes com espaços vazios maiores que 2,7%, em relação à área total da semente, mostraram redução progressiva de plântulas normais no processo de germinação (DELL'ÁQUILLA, 2007). Em outra pesquisa, foi verificado resultado semelhante para a mesma espécie, na qual o número de plântulas anormais aumentou de forma diretamente proporcional ao aumento de espaço livre (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011); porém, nesta pesquisa a quantificação do espaço vazio foi realizada de forma visual, o que pode ser subjetivo. Certamente o dinamismo dos pesquisadores em Tecnologia de Sementes pode contribuir significativamente para o aumento de conhecimento nessa área por meio das mais diversas abordagens e novas sugestões de pesquisa na área de análise de imagens de sementes e plantas (MARCOS FILHO et al., 2010).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar a relação existente entre a morfologia interna de sementes de tomate e de berinjela e a germinação.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Material e métodos

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes, no Laboratório de Análise de Imagens, ambos do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP e no

Laboratório de Sementes da The Ohio State University, em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América. Foram utilizados dez lotes de sementes de tomate, das cultivares Santa Clara e Mariana, e de berinjela, cultivar Embu. Estas estavam armazenadas em embalagens de papel aluminizado, hermeticamente fechadas, as quais permaneceram em sala com ambiente controlado a 20±1°C e 45-50% de umidade relativa do ar por 12 meses. As sementes de tomate cultivar Santa Clara e de berinjela estavam tratadas com Thiram, já as sementes de tomate da cultivar Mariana não estavam tratadas com fungicida e permaneceram sem tratamento ao longo de toda a pesquisa. As sementes foram submetidas a análise de raios X e posteriormente ao teste de germinação, conforme a descrição a seguir.

Teste de Raios X: oito repetições de 25 sementes foram colocadas sobre fita adesiva dupla em lâmina plástica transparente; as sementes foram numeradas de acordo com a posição ocupada, de maneira que pudessem ser identificadas nas determinações posteriores. A lâmina plástica foi colocada no interior de um equipamento digital de raios X, Faxitron modelo MX-20 DC-12 acoplado a um computador Core 2 Duo (3.16 GHz, 2 GB de memória RAM, Hard Disk de 160 GB) e monitor MultiSync (LCD1990SX de 17 polegadas) e submetidas à radiação por 20 segundos à 20 KV. Em seguida, as imagens geradas foram salvas no disco rígido do computador para posterior análise. As sementes foram retiradas da lâmina transparente e transferidas para bandeja acrílica com células individuais, numerando-se na mesma ordem em que estavam nas imagens de raios X. Posteriormente, foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrição a seguir.

Teste de germinação: realizado em substrato papel toalha umedecido com água destilada na proporção de 1: 2,5 (papel: água). As sementes, previamente numeradas, foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha (no terço superior do substrato, para permitir o desenvolvimento das plântulas de maneira individualizada) e cobertas com mais uma folha. Os rolos foram levados ao germinador à 20-30ºC e a avaliação foi realizada no quinto (tomate) e sétimo (berinjela) dia após a semeadura (BRASIL, 2009). As plântulas normais, anormais e as sementes mortas foram retiradas do substrato e fotografadas por uma câmera fotográfica digital marca Nikon modelo D10 acoplada ao computador. As imagens foram salvas no disco rígido do computador para posterior análise.

As imagens das sementes radiografadas foram analisadas com o *software* Image Pro Plus®, versão 7.0, determinando-se a área da semente, a área do espaço livre no interior da semente e a proporção entre essas áreas. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Sementes da The Ohio State University, assim como a análise estatística destes dados e o

estudo da relação entre espaço vazio e germinação. Foi realizado cálculo descontando-se a área de espaço livre da área total da semente para obtenção da área ocupada pelos tecidos do embrião e do endosperma. Foi calculado o valor médio da área de cavidade da semente ocupada pelo embrião e endosperma para cada lote, e depois a média geral (X), de todos os lotes, assim como o desvio padrão (DP).

Para facilitar a discussão dos resultados foi calculado valor médio da área da cavidade interna das sementes ocupada pelo embrião e endosperma na amostra, para cada lote, como pode ser visualizado na Tabela 2.2. Com base nestes resultados, foram atribuídas três classes para categorizar as sementes. Porém, como existem outros aspectos a serem considerados na avaliação da morfologia das sementes, utilizou-se mais um critério para classificação, que foi a presença de danos como mal formação e,ou, manchas escuras que indicam deterioração dos tecidos das sementes, e isto foi avaliado em cada classe de área da semente, constituindo-se portanto 6 classes, discriminadas na Tabela 2.1.

O estudo da relação entre a morfologia das sementes e a germinação foi realizado dentro de cada classe e comparando-se as classes, considerando-se sementes sem danos e com diferenças na área interna ocupada pelo embrião e endosperma, sementes com danos e com diferenças na área interna das sementes e sementes com e sem danos com mesma área de cavidade interna preenchida. Exemplos de sementes com e sem danos podem ser observados na Figura 2.1.

Tabela 2.1 - Critérios utilizados na avaliação das sementes submetidas ao teste de raios X

Categoria	Critério de avaliação das sementes	
	Morfologia da semente	Espaço ocupado pelo embrião e endosperma
1	Sem danos	< X* – DP*
2	Sem danos	intervalo X –DP a X
3	Sem danos	>X+ DP
4	Com danos	< X – DP
5	Com danos	intervalo X –DP a X
6	Com danos	>X+ DP

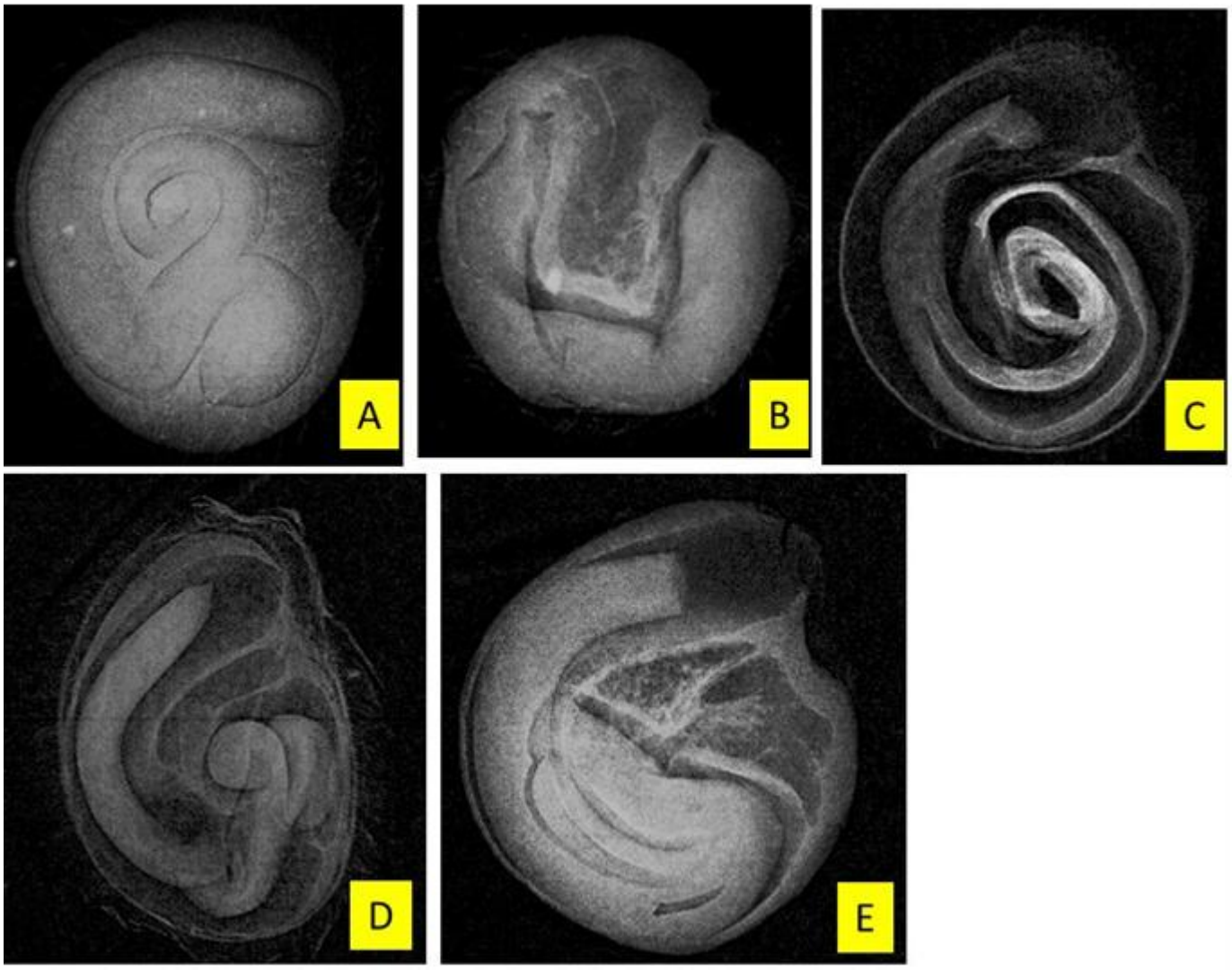


Figura 2.1 - Exemplos de sementes de tomate sem danos (A) e com danos (B, C, D e E)

2.2.2 Resultados e discussão

2.2.2.1 Tomate cultivar Santa Clara

Sementes de tomate cultivar Santa Clara tiveram mais de 90% da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma, sendo que na maioria dos casos esse valor foi superior a 98% (Tabela 2.2 e Figuras 2.2 a 2.4). Exemplos de sementes com diferenças na área de preenchimento da cavidade interna podem ser observados na Figura 2.5. As áreas no interior das sementes sem tecidos embrionários ou com tecidos escurecidos pela deterioração não oferecem resistência à passagem dos raios X formando imagem escura. Nas sementes 2.5A e 2.5 B pode-se observar nitidamente maior área escura, isto é, sem tecidos do embrião e endosperma, comparadas a semente 2.5 C.

É possível que quanto maior for a área interna da semente ocupada pelo embrião e endosperma, menor espaços livres, maior seja o potencial germinativo, pois com o embrião mais desenvolvido será necessário menor gasto energético para seu crescimento, além de

que a maior quantidade de endosperma representa maior disponibilidade de energia para o processo. Entretanto, poucos estudos foram conduzidos até o presente momento sobre este assunto. Em outro estudo semelhante à este, foi verificado que em sementes de pimentão, quando o espaço livre entre o embrião e o endosperma foi superior a 2,7%, ou seja sementes com área do endosperma e embrião inferior a 97,3%, houve redução da germinação com o aumento do percentual de plântulas anormais (DELL'ÁQUILA, 2007).

No entanto, deve-se ressaltar que dentro do estudo da morfologia de sementes vários aspectos devem ser considerados, além da área da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma, como presença de danos mecânicos, manchas que indiquem deterioração dos tecidos das sementes e mal formação da semente, pois estes caracteres podem influenciar a germinação.

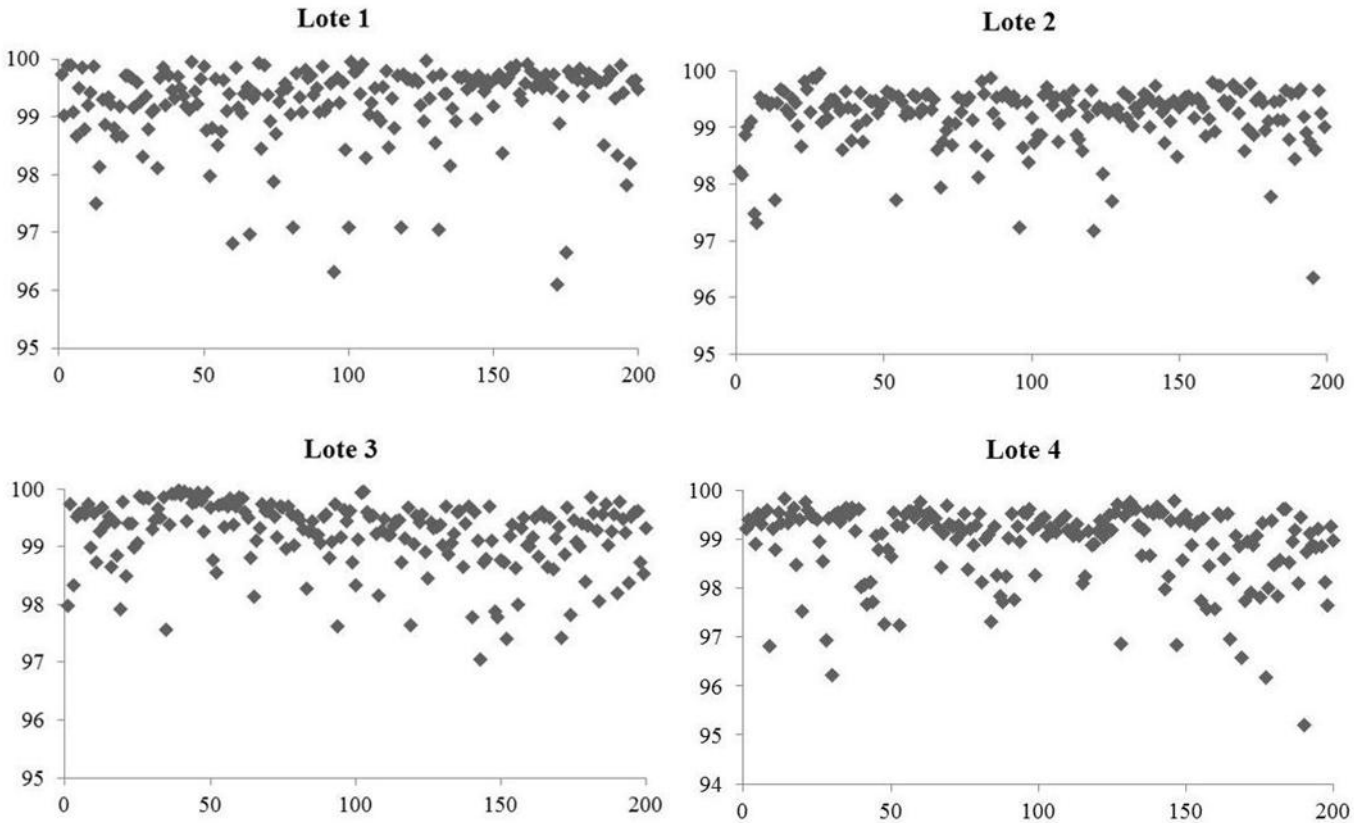


Figura 2.2 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate cultivar Santa Clara, lotes 1 a 4. Cada ponto no gráfico representa uma semente da amostra

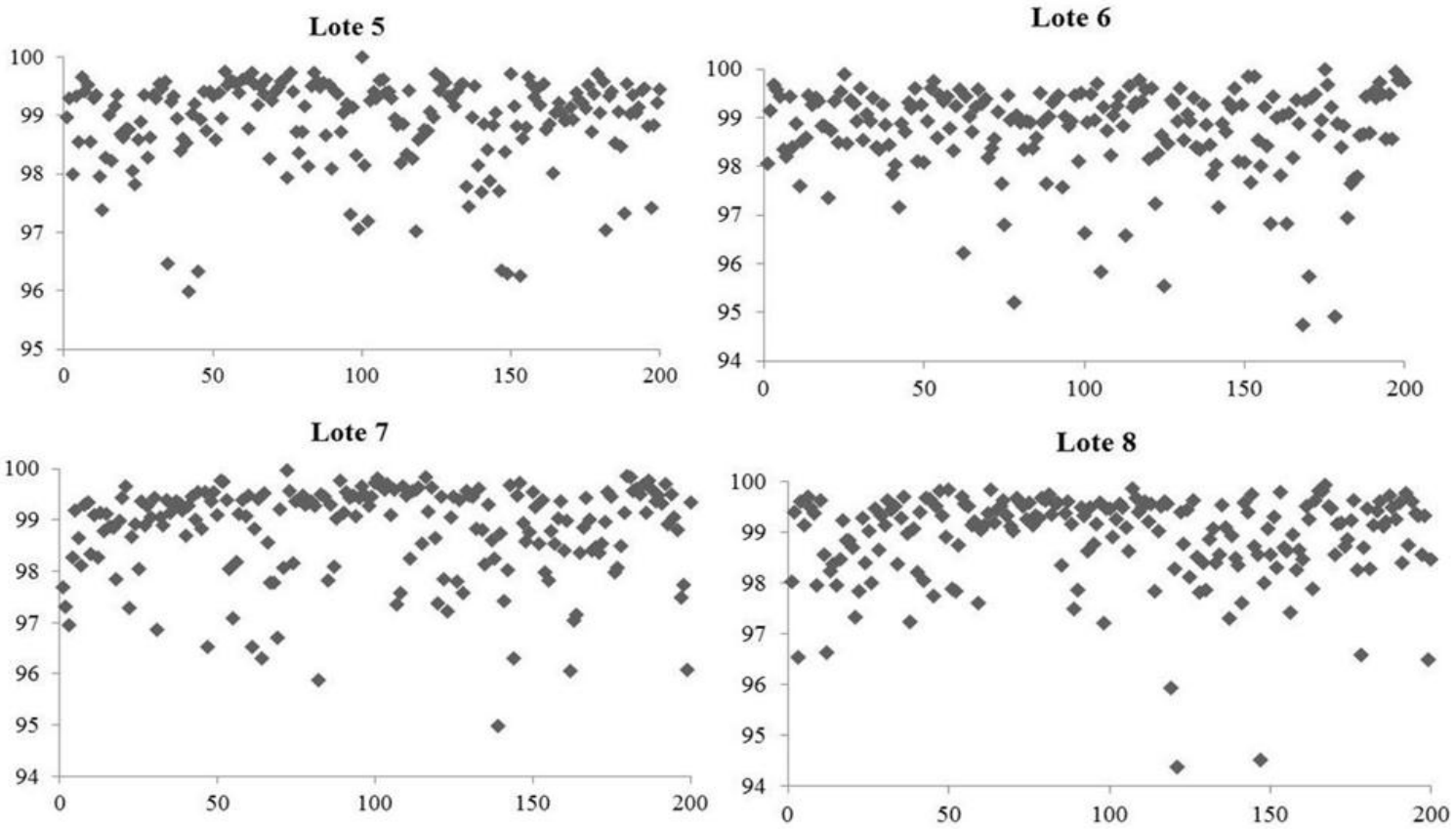


Figura 2.3 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate cultivar Santa Clara, lotes 5 a 8. Cada ponto no gráfico representa uma semente da amostra

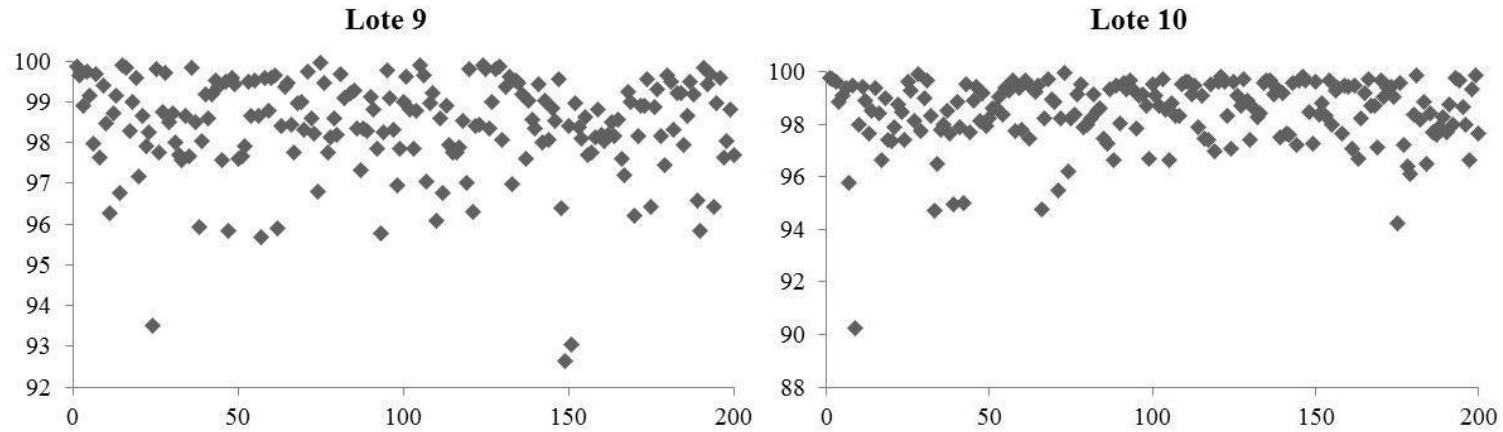
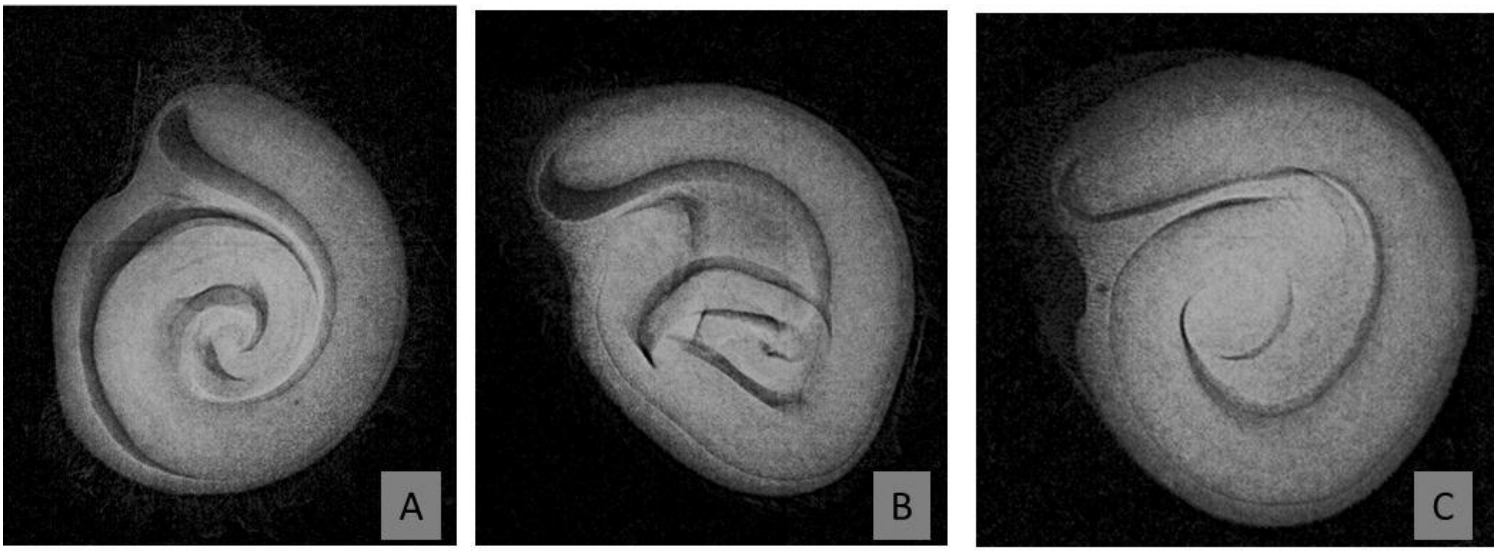


Figura 2.4 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate cultivar Santa Clara, lotes 9 e 10. Cada ponto no gráfico representa uma semente da amostra



Categoria 1 (<97,97) Categoria 2 (97,97 - 98,87) Categoria 3 (>98,97)

Figura 2.5 - Exemplo de áreas internas ocupadas pelo embrião e endosperma de sementes de tomate, cultivar Santa Clara, lote 9, categoria 1 (A), categoria 2 (B) e categoria 3 (C)

Tabela 2.2 - Área (%) ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate, cultivar Santa Clara, em relação á área total da semente, e valores das classes utilizadas para análise dos dados

Lote	Área média (Embrião +Endosperma)	Desvio Padrão	Classe (área embrião + endosperma)		
1	99,228	0,713169			
2	99,165	0,789233	1	2	3
3	99,213	0,585311			
4	98,929	0,799016			
5	98,895	0,769135			
6	98,727	0,945338	<97,97	97,97-98,87	>98,87
7	98,809	0,916553			
8	98,917	0,874593			
9	98,386	1,301333			
10	98,439	1,276636			
Média	98,871	0,8970			

Os resultados de germinação e o percentual de sementes de cada categoria de morfologia podem ser visualizados na Tabela 2.3. A análise das imagens radiográficas das sementes revelou que na maioria dos lotes mais de 70% das sementes apresentavam

embrião e endosperma bem desenvolvidos e sem tecidos deteriorados, classificadas nas categorias 1 a 3 conforme a área de cavidade embrionária ocupada pelo embrião e endosperma (Tabela 2.3), exceto os lotes 9 e 10, que tiveram mais de 50% das sementes com danos, como pode ser visualizado na Figura 2.6. Nas Figuras 2.6A e 2.6E pode-se observar que é evidente o escurecimento causado pela presença de tecidos deteriorados, além da mal formação do embrião; nas Figuras 2.6B e 2.6F podem ser observados exemplos de fissuras no embrião, que podem prejudicar a germinação, assim como os tecidos deteriorados verificados nas sementes (Figuras 2.6C e 2.6D).

O baixo percentual de sementes com danos nos lotes indica que a maioria destes (1 a 8) foi constituído por sementes produzidas e beneficiadas adequadamente, especialmente considerando-se que plantas de tomate possuem hábito de florescimento indeterminado, o que provoca desuniformidade de maturação dos frutos e, consequentemente, das sementes. Estudando a influência da maturação dos frutos na qualidade de sementes de tomate, Valdes e Gray (1998) verificaram que a germinação foi máxima em frutos com coloração externa ainda verde, mas com coloração interna já avermelhada, permanecendo elevada até o estádio completamente maduro; contudo, maior velocidade de germinação foi observada nas sementes extraídas de frutos colhidos maduros e que o atraso na colheita levou à deterioração das sementes.

Em pesquisa semelhante à esta, com uso do teste de raios X para avaliar a qualidade de sementes de mamona, verificou-se que quanto maior for o número de sementes que conseguiram atingir o estádio da maturidade fisiológica, com o máximo acúmulo de matéria seca (sementes cheias e opacas) por ocasião da colheita, melhor será o potencial fisiológico e, consequentemente, o de conservação das sementes no armazenamento (KOBORI; CICERO; MEDINA, 2012). Portanto, métodos que permitam identificar sementes em diferentes estádios de maturação e de deterioração nos lotes, como a análise de raios X, são importantes, pois podem possibilitar a separação das sementes imaturas e deterioradas que provavelmente irão resultar em menor potencial fisiológico do lote, como aconteceu nos lotes 9 e 10, onde mesmo as sementes sem danos tiveram reduzida germinação (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Percentual de sementes (S) de cada categoria (C) de morfologia interna e plântulas normais (PN), anormais (PA) e sementes mortas (SM) obtidas no teste de germinação de sementes de tomate cultivar Santa Clara

Lote	C*	S (%)	PN (%)	PA (%)	SM (%)	Lote	C*	S (%)	PN (%)	PA (%)	SM (%)
1	1	69	34	59	7	6	1	47	53	42	5
	2	8	71	6	23		2	24	55	37	8
	3	3	50	50	0		3	6	75	17	8
	4	12	48	48	4		4	8,5	24	35	41
	5	5	0	10	90		5	7	21	21	58
	6	3	14	86	0		6	7,5	40	60	40
2	1	67	30	65	5	7	1	58	55	31	14
	2	7	39	46	15		2	12,5	60	40	0
	3	2	75	0	25		3	10	65	25	10
	4	13	19	69	12		4	2	50	25	25
	5	7	14	71	15		5	9	72	12	6
	6	4	38	38	24		6	8,5	77	23	0
3	1	67	49	44	7	8	1	53	62	25	11
	2	6	8	75	7		2	13	65	23	12
	3	0	0	0	0		3	7	57	29	14
	4	10	20	70	10		4	9	72	22	6
	5	11	9	72	19		5	11	32	36	32
	6	6	8	42	50		6	7	29	42	29
4	1	67	68	26	6	9	1	34,5	63	31	6
	2	12,5	36	56	8		2	8,5	23	59	18
	3	9	28	67	5		3	2,5	100	0	0
	4	2,5	80	20	0		4	12,5	48	28	24
	5	6	50	33	17		5	21,5	37	51	12
	6	3	0	50	50		6	20,5	22	27	51
5	1	57	54	41	5	10	1	32,5	11	68	21
	2	21,5	60	26	14		2	7	14	72	14
	3	6	58	33	9		3	3	67	33	0
	4	4,5	34	44	12		4	13,5	22	52	26
	5	5	60	40	0		5	20	18	64	18
	6	6	50	40	20		6	24	17	65	18

*Categorias descritas na Tabela 2.1.

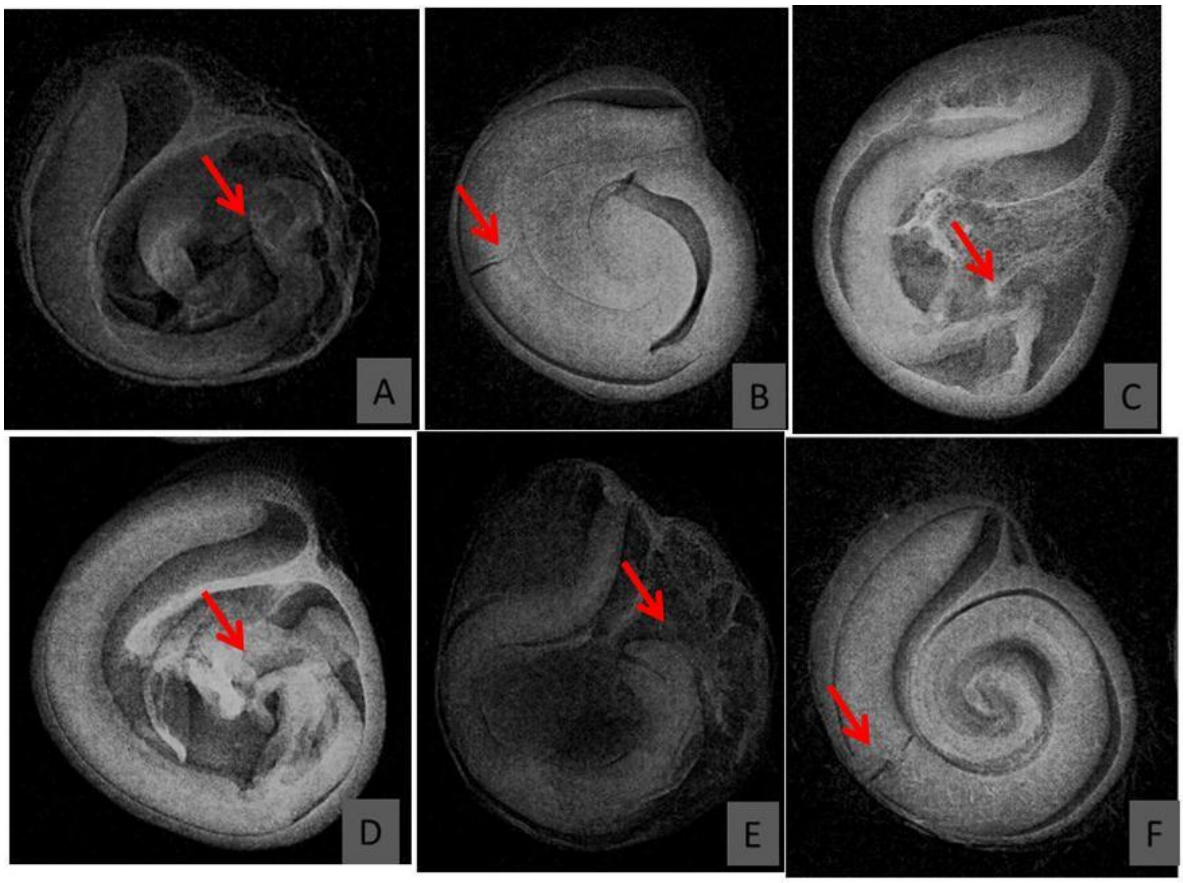


Figura 2.6 - Exemplos de sementes de tomate com danos, como tecidos deteriorados (A, C, D e E), danos mecânicos (B e F) e mal formação do embrião (A, C, D e E), cultivar Santa Clara, provenientes do lote 9

A relação entre a morfologia das sementes e a germinação foi diferente para os lotes analisados (Tabela 2.3 e Figura 2.7). Nos lotes 1, 2, 3, 5 e 6 as sementes sem danos, categorias 1 a 3, geralmente originaram maior percentual de plântulas normais em relação aquelas sementes que possuíam algum tipo de dano (categorias 4 a 6). Para o lote 8, somente as sementes com danos classificadas na categoria 4 tiveram maior percentual de germinação que as sementes sem danos, porém, cabe destacar que somente 9% das sementes da amostra pertenciam à esta classe, o que eleva a probabilidade de ocorrer maior germinação, quando comparado a categoria 1, por exemplo, que tinha 53% das sementes da amostra (Tabela 2.3). Em outro trabalho de pesquisa, a porcentagem de sementes de pimentão sem danos e com a cavidade interna completamente ocupada pelo embrião e endosperma correspondeu a porcentagem de plântulas normais no teste de germinação (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011).

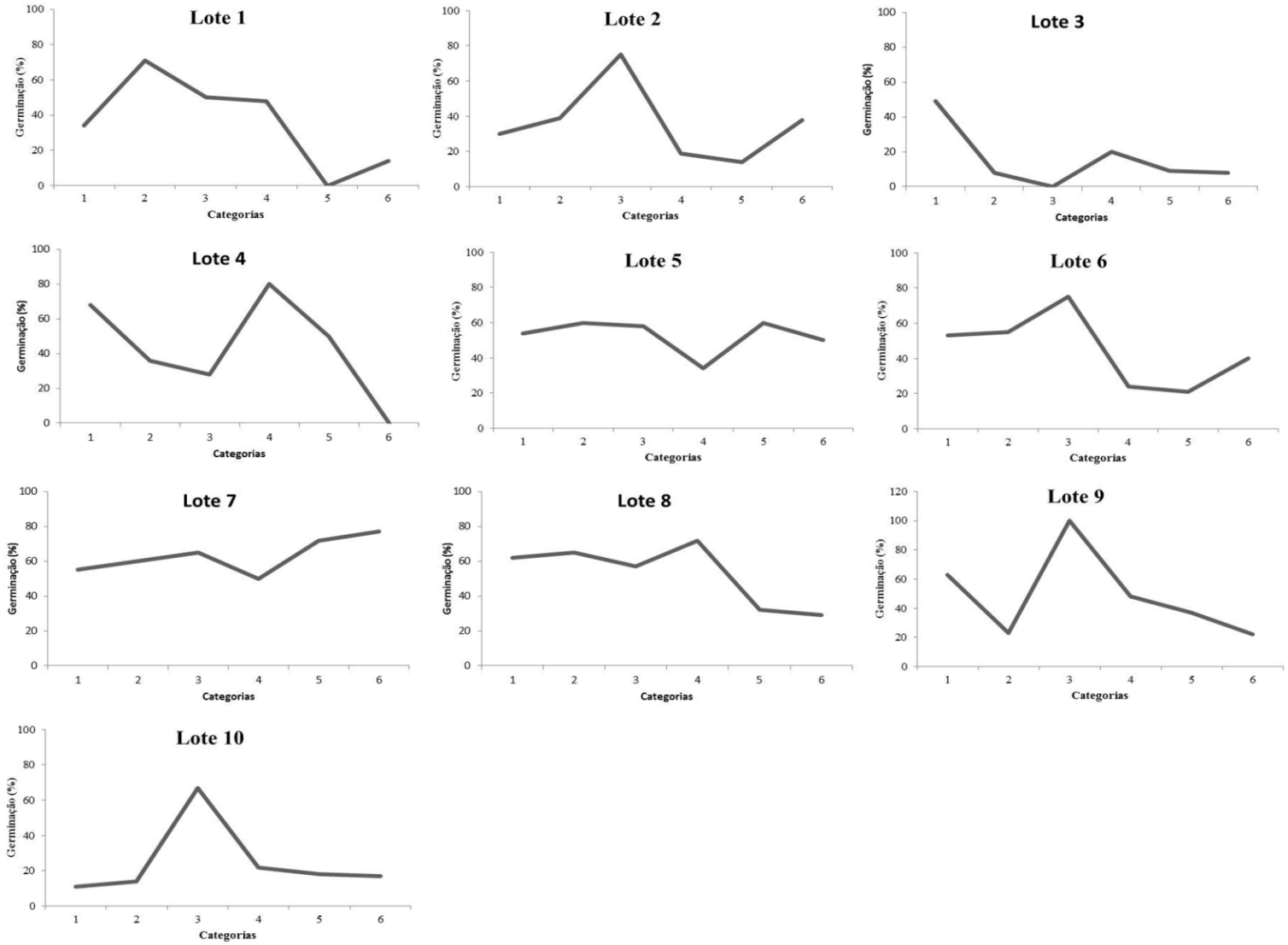


Figura 2.7 - Germinação de sementes de tomate cultivar Santa Clara, lotes 1 a 10 em cada categoria de morfologia

Na Figura 2.8 são apresentados alguns exemplos de sementes com danos e seu desempenho na germinação; nas Figuras 2.8A e 2.8C pode-se observar efeito nítido dos danos, resultando em uma semente morta (Figura 2.8B) e uma plântula anormal (Figura 2.8D), sendo que na Figura 2.8C observa-se uma fissura na região da radícula, que gerou uma anormalidade na raiz da plântula. Assim como nestes exemplos, sementes de tomate com danos não foram capazes de produzir plântulas normais para o uso na produção de mudas (van der BURG et al., 1994) e em sementes de aroeira branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.) a morfologia do embrião avaliada pelo teste de raios X relacionou-se com as plântulas originadas no teste de germinação (MACHADO; CICERO, 2003). Em sementes de mamona os danos detectados pela análise radiográfica das sementes afetaram negativamente a germinação (CARVALHO; ALVES ; OLIVEIRA, 2010). No entanto,

nem sempre os danos afetam a germinação, como por exemplo na semente relativa à Figura 2.8E, a originou uma plântula normal (2.8F).

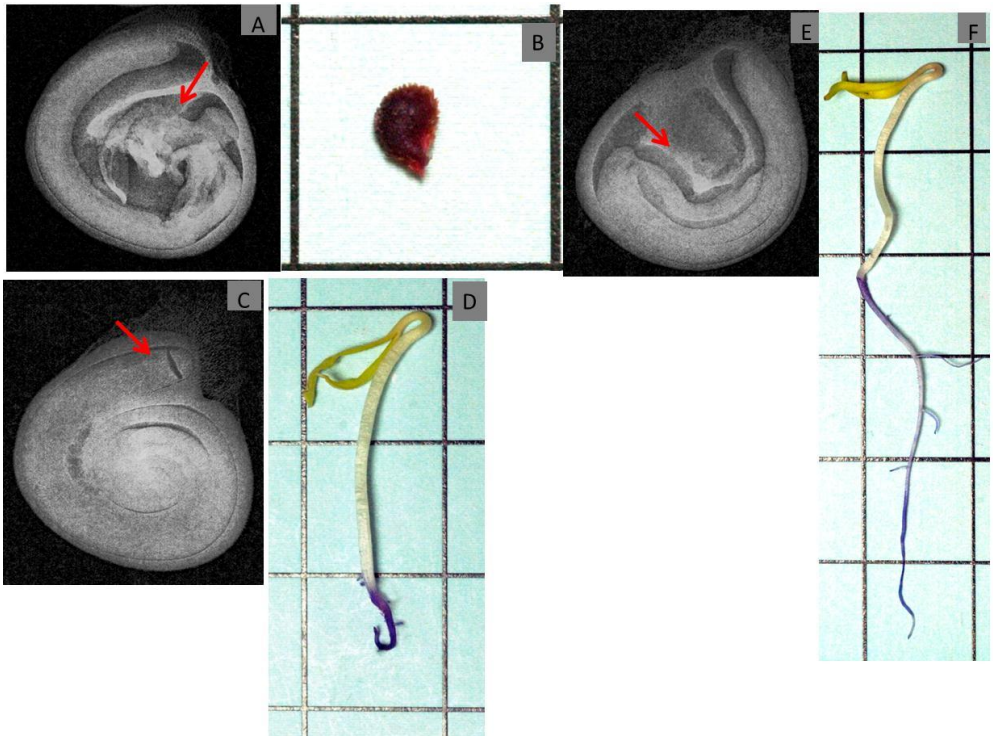


Figura 2.8 - Exemplos de sementes com danos causados pela deterioração dos tecidos (A e E) e dano mecânico (C) e respectivas semente morta (B), plântula anormal (D) e plântula normal (F)

Quanto à germinação, em alguns casos, as sementes com danos tiveram maior germinação que as sementes sem danos. Um exemplo disto são as sementes da categoria 4 dos lotes 4 e 8; é possível que os danos não tenham prejudicado a germinação das sementes, porém, deve se considerar que a ocorrência de sementes da categoria 4 na amostra foi baixa, sendo 2,5 e 9%, respectivamente para lotes 4 e 8, em relação à amostra total, o que aumenta a probabilidade de ocorrer maior germinação, visto que poucas sementes representam esta categoria, quando comparadas a categoria 1 (sem danos), na qual estavam 67% e 53% das sementes da amostra, para os lotes 4 e 8, respectivamente (Tabela 2.3).

As sementes da categoria 4, em sua maioria, apresentavam pequenas manchas nos cotilédones ou no embrião que não foram capazes de afetar a germinação, como pode ser observado na Figura 2.9. Resultado semelhante foi encontrado para sementes de ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* Vahl Nich.), que mesmo com defeitos na estrutura originaram 63% de plântulas normais (OLIVEIRA et al., 2004).

Para o lote 5, não houve diferença no percentual de plântulas normais obtido de sementes com e sem danos das categorias 2 e 5, as quais tinham mesma área de cavidade interna da semente ocupada pelo embrião e endosperma; é importante destacar, que assim como para os lotes 4 e 8, a quantidade de sementes com danos, classificadas na categoria 5, foi pequena, representando somente 5% da amostra total, comparado a 21,5% da categoria 2, o que eleva a possibilidade de ocorrer maior número de plântulas normais na categoria 5. Já para o lote 7, por exemplo, as sementes da categoria 6 originaram maior percentual de plântulas normais que as sementes da categoria 3 e a porcentagem de ambas categorias na amostra foi próxima, 10% e 8,5% para categorias 3 e 6, respectivamente; neste caso, é possível que as sementes da categoria 3 embora não tivessem danos tinham menor potencial fisiológico. Assim como nestes resultados, estudando o uso da técnica de raios X para avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso, Pinto et al. (2009) verificaram grande número de plântulas anormais e sementes mortas vindas de sementes sem danos tanto no embrião como no endosperma.

Para o lote 9, as sementes com danos (categoria 5) tiveram maior germinação que as sementes sem danos (categoria 2), sendo que ambas categorias possuem mesma área interna da semente ocupada pelo embrião e endosperma. Sabe-se que sementes que mostram boas características na análise de raios X podem falhar na germinação em razão de infecções causadas por microrganismos ou pelo baixo potencial fisiológico (van der BURG et al., 1994).

Para o lote 10, tanto sementes com danos, como as sem danos tiveram baixos percentuais de germinação, devido ao baixo potencial fisiológico das sementes. Em outra pesquisa utilizando-se a técnica de raios X, verificou-se que sementes de milho doce mesmo sem danos originaram alto percentual de sementes mortas e plântulas anormais nos testes de germinação e de frio, fato atribuído ao baixo potencial fisiológico das sementes (GOMES JUNIOR; CICERO, 2012). Exemplos de sementes dos lotes 5, 7, 9 e 10 com danos que não afetaram a germinação são ilustrados na Figura 2.10. Para sementes de milho, danos ocorridos verticalmente na região intermediária da semente, sem atingir o eixo embrionário não prejudicaram o desenvolvimento das plântulas (CICERO; BANZATTO JUNIOR, 2003).

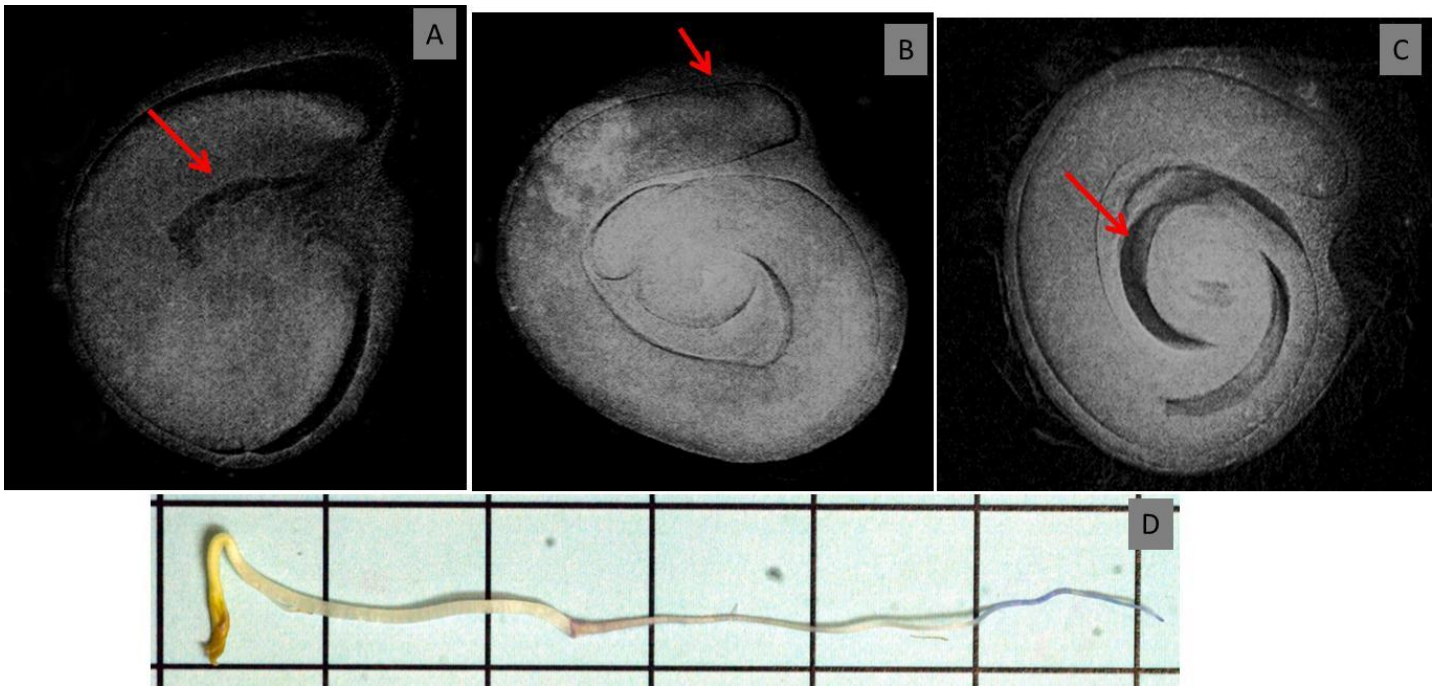


Figura 2.9 - Exemplos de sementes de tomate da categoria 4 com danos por deterioração (A, B e C) que originaram plântula normal (D)

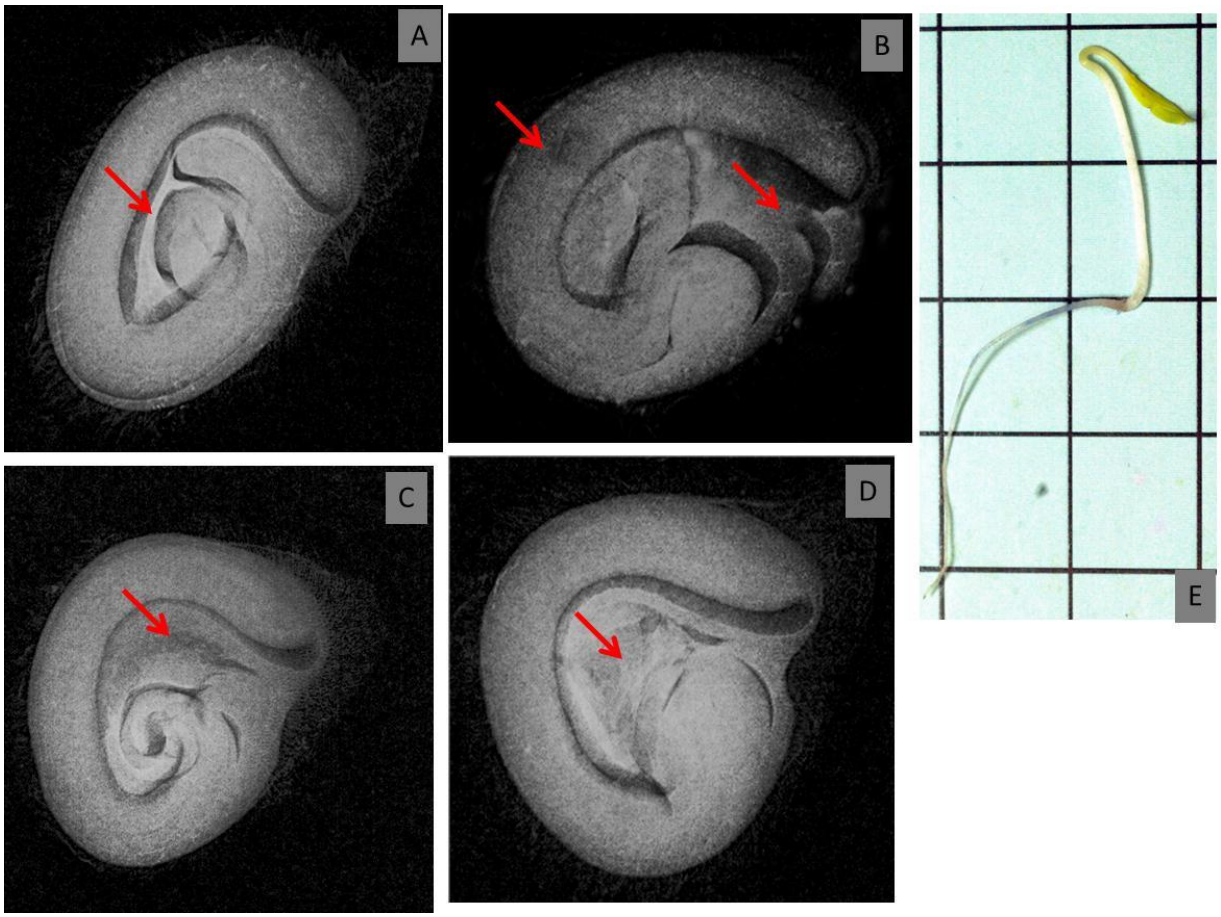


Figura 2.10 - Exemplos de sementes dos lotes 5 (A), 7 (B), 9 (C) e 10 (D) com danos na estrutura, indicados pela seta vermelha, que originaram plântula normal (E)

Apesar de em vários lotes as sementes com danos nem sempre terem originado plântulas anormais ou sementes mortas, em várias situações os danos presentes nas sementes prejudicaram a germinação, como pode ser visualizado nos exemplos da Figura 2.11. As sementes 2.11A, 2.11C e 2.11E resultaram em semente morta (2.11B) e plântulas anormais (2.11D e 2.11F) respectivamente. Vários trabalhos de pesquisa relatam a redução da germinação e da qualidade de sementes pela presença de danos, para espécies como milho doce (GOMES JUNIOR; CICERO, 2012), mamona (KOBORI; CICERO, 2012; CARVALHO; ALVES; OLIVEIRA, 2010), abóbora (CARVALHO et al., 2009), ipê roxo (AMARAL et al., 2011), entre outras. É possível que esses danos causem interrupção na translocação de nutrientes do endosperma para o embrião (MENEZES et al., 2012; MASSETO; FARIAS; QUEIROZ, 2008; CICERO; BANZATTO JUNIOR, 2003), causando redução do potencial fisiológico, ou quando existem danos como a mal formação da semente ou de alguma de suas partes pode haver redução do potencial fisiológico, como foi verificado para sementes de acerola (NASSIF; CICERO, 2006), aroeira branca (MACHADO; CICERO, 2003), cedro (MASSETO; FARIAS; QUEIROZ, 2008), embaúba (PUPIM et al., 2008), candeia (*Eremanthus erythropappus*) (FEITOSA et al., 2009), jacarandá-branco (*Platypodium elegans*) (SOUZA et al., 2008), entre outras.

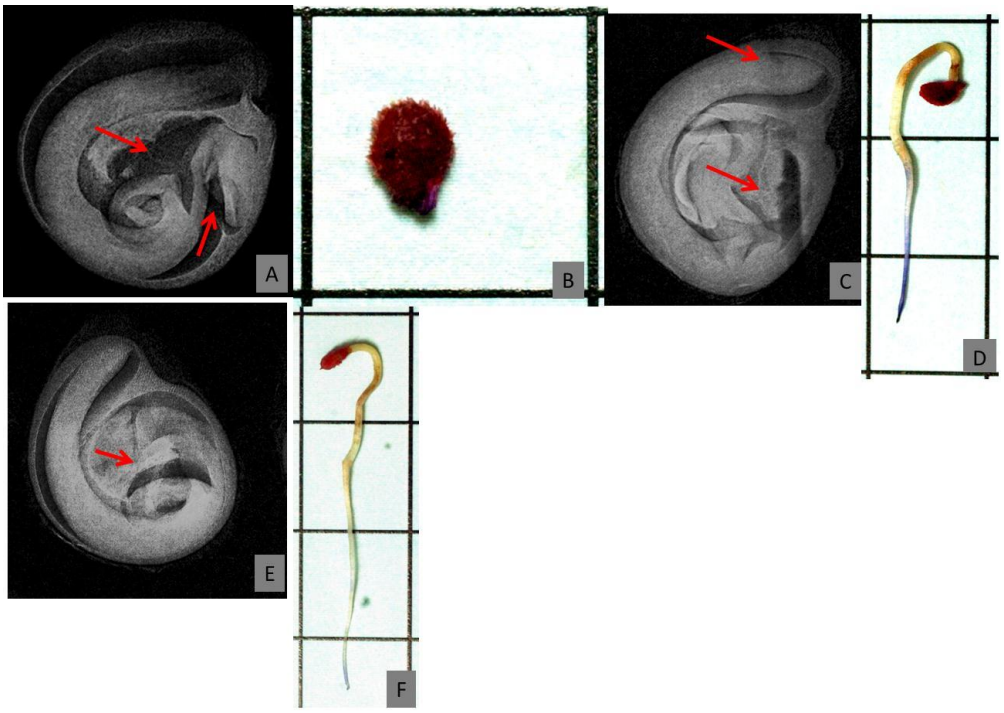


Figura 2.11 - Exemplos de sementes com danos causados pela deterioração, indicados pela seta em vermelho (A, C e E), que prejudicaram a germinação, resultando em semente morta (B) e plântulas anormais (D e F)

A relação entre o aumento da área de preenchimento, pelo embrião e endosperma, das sementes e a germinação foi diretamente proporcional para a maioria dos lotes, considerando-se as sementes sem danos (categorias 1 a 3) (Figura 2.7). Resultados semelhantes foram verificados para sementes de pimentão (DELL'ÁQUILLA, 2007; GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011). Considerando este aspecto, alguns lotes, entretanto, se comportaram de forma diferente, como por exemplo, os lotes 3 e 4, que tiveram maior germinação das sementes com menor área ocupada pelo embrião e endosperma (Tabela 2.3); porém, é necessário observar que o percentual de sementes nas categorias 2 e 3 foi muito inferior ao da categoria 1, ou seja, para o lote 3, por exemplo, 6% das sementes estavam na categoria 2, isso representa 12 sementes em uma amostra de 200 (tamanho da amostra utilizado nesta pesquisa); neste caso se germinassem, teríamos 100% de germinação. Por outro lado, na categoria 1 estavam 67% das sementes da amostra, o que corresponde a 134 sementes, sendo que a probabilidade de ocorrer 100% de germinação nesta categoria é bem menor, comparado a categoria 2; o mesmo raciocínio aplica-se para os demais casos.

Para sementes com algum tipo de dano, categorias 4 a 6, na maioria dos lotes, a maior área ocupada pelo embrião e endosperma não resultou em maior potencial fisiológico, considerando que os danos afetaram a germinação.

Sementes com embrião e endosperma bem formados, sem anormalidades ou danos, possuem maior probabilidade de gerar plântulas normais, considerando-se que o endosperma é a estrutura responsável pelo armazenamento de substâncias de reservas, as quais serão consumidas para gerar a energia necessária para desencadear os processos de síntese que levarão ao crescimento do embrião e, consequentemente, a protrusão da raiz primária e posterior crescimento da plântula. No entanto, não é possível afirmar que as sementes com maior quantidade de tecidos de reserva e sem danos, irão produzir necessariamente plântulas normais, pois a germinação envolve outros fatores e trata-se de um processo complexo, já que após o início da embebição a semente precisa restabelecer seu metabolismo, restituir a integridade química e estrutural de suas células, o que requer participação de eventos de síntese e proteção (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

Em sementes de tomate, nas quais o endosperma envolve completamente o embrião, para que a germinação seja completada é preciso que o embrião atravesse a região micropilar do tecido de reserva (MO; BEWLEY, 2003), o qual é composto por manose, galactose, glucose e arabinose (GROOT et al., 1988); portanto, além das

condições ambientais, como temperatura, luminosidade, disponibilidade de oxigênio e água, entre outros, a germinação de sementes de tomate é condicionada a degradação destes compostos de parede celular por enzimas específicas, etapa fundamental para a emissão da raiz primária, que é considerada, por fisiologistas, a fase final do processo de germinação; porém, na área de Tecnologia de Sementes o conceito de germinação vai além da emissão da raiz primária, o que torna o processo mais complexo, considerando-se sementes germinadas aquelas que originam plântulas normais, as quais são capazes de gerar plantas normais para o cultivo, que é o objetivo final de qualquer sistema de propagação de plantas com vistas a produção agrícola.

Além disso, o potencial fisiológico atua sobre esse processo, pois sementes mais vigorosas terão maior velocidade de reorganização das membranas celulares, assim como dos mecanismos de reparo e, consequentemente, maior eficiência na mobilização das reservas e síntese de novos compostos necessários para o desenvolvimento da plântula.

Com relação ao percentual de plântulas anormais e sementes mortas, foi possível observar diferenças entre os lotes (Tabela 2.3). O percentual de plântulas anormais foi maior nas sementes com algum tipo de dano (categorias 4 a 6) para os lotes 2 e 5. No entanto, para os demais lotes, somente em alguns casos as sementes com danos originaram maior percentual de plântulas anormais, como por exemplo as sementes da categoria 4 nos lotes 1 e 8, categorias 4 e 6 para lote 3, e categoria 6 para os lotes 6, 9 e 10.

Para os lotes 4 e 7 houve maior percentual de anormalidades na germinação de sementes das classes 1 a 3, as quais não tinham danos em sua estrutura, porém tinham menor potencial fisiológico. A maior parte das plântulas caracterizadas como anormais tinham problemas na raiz. Análises citogenéticas tem mostrado que a redução da viabilidade das sementes durante o envelhecimento é correlacionada com o aumento na frequencia de aberrações nas células do meristema de raiz de plântulas (PIJLEN et al., 1995).

Comumente sementes com danos resultam em maior percentual de plântulas anormais e, ou sementes mortas, porém isso ocorreu em apenas alguns lotes. É importante mencionar, novamente, que para a maioria dos lotes, exceto 9 e 10, poucas sementes, em relação à amostra total, tiveram danos e foram classificadas nas categorias 4 a 6, o que pode contribuir para a maior probabilidade das sementes germinarem e com isso reduzir o percentual de plântulas anormais.

Quanto às sementes mortas, para os lotes 3, 6 e 10 houve maior percentual nas categorias 4 a 6 (com danos) em relação as demais; para os outros lotes isto ocorreu para

uma ou duas categorias apenas (Tabela 2.3). Provavelmente, as sementes embora sem danos, tiveram esse comportamento em razão de seus diferentes graus de deterioração; este processo ocorre de forma diferente em sementes de um mesmo lote e até mesmo em partes da mesma semente (MARCOS FILHO, 2005).

Em síntese, é provável que as sementes das categorias 1 a 3, embora não tivessem danos em sua estrutura, originaram plântulas anormais e sementes mortas devido ao baixo potencial fisiológico e, também, por estarem expostas ao contínuo processo de deterioração. É de conhecimento geral que a partir do ponto de maturidade fisiológica, independentemente das condições do ambiente, o processo de deterioração é iniciado, sendo em maior velocidade quando as condições do ambiente são desfavoráveis. Estudando a qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento dos frutos pós-colheita, Vidigal et al. (2006) constataram que nas sementes extraídas de frutos colhidos aos 60 dias após a antese, houve redução da germinação com o armazenamento dos frutos, o que pode ser atribuído ao início do processo de deterioração das sementes, após terem adquirido capacidade máxima de germinação. Portanto, a época de colheita e o tempo de armazenamento dos frutos são fatores que afetam o potencial fisiológico de sementes, assim como a exposição destas ao processo de fermentação (FERRAZ, 2009), a temperatura utilizada na secagem (VILLELA, 2011), além de outros fatores que podem influenciar no atributo fisiológico da qualidade, como até mesmo a posição do fruto na planta (DIAS et al., 2006).

2.2.2.2 Tomate cultivar Mariana

Sementes de tomate cultivar Mariana tiveram mais de 90% da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma, sendo que na maioria dos casos esse valor foi superior a 98% (Figuras 2.12 a 2.14). Para facilitar a discussão dos resultados foi calculada média amostral da área da cavidade interna da semente ocupada pelo embrião e endosperma e com base neste valor as sementes foram distribuídas em três categorias, como indica a Tabela 2.4. Na Figura 2.15 pode se observar um exemplo de sementes de tomate cultivar Mariana, lote 2, com diferentes áreas ocupadas pelo embrião e endosperma.

Tabela 2.4 - Área (%) ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate, cultivar Mariana, em relação á área total da semente, e valores das classes utilizadas para análise dos dados

Lote	Área (Embrião + Endosperma)	Desvio Padrão	Classe (área embrião + endosperma)		
1	98,459	1,351732			
2	98,696	1,097496	1	2	3
3	98,575	1,288793			
4	98,741	1,012562			
5	98,427	1,348689	< 97,49	97,49-98,63	>98,63
6	98,797	1,094102			
7	98,450	1,220966			
8	98,665	1,061578			
9	98,8	0,876927			
10	98,701	1,025653			
Média	98,631	1,13785			

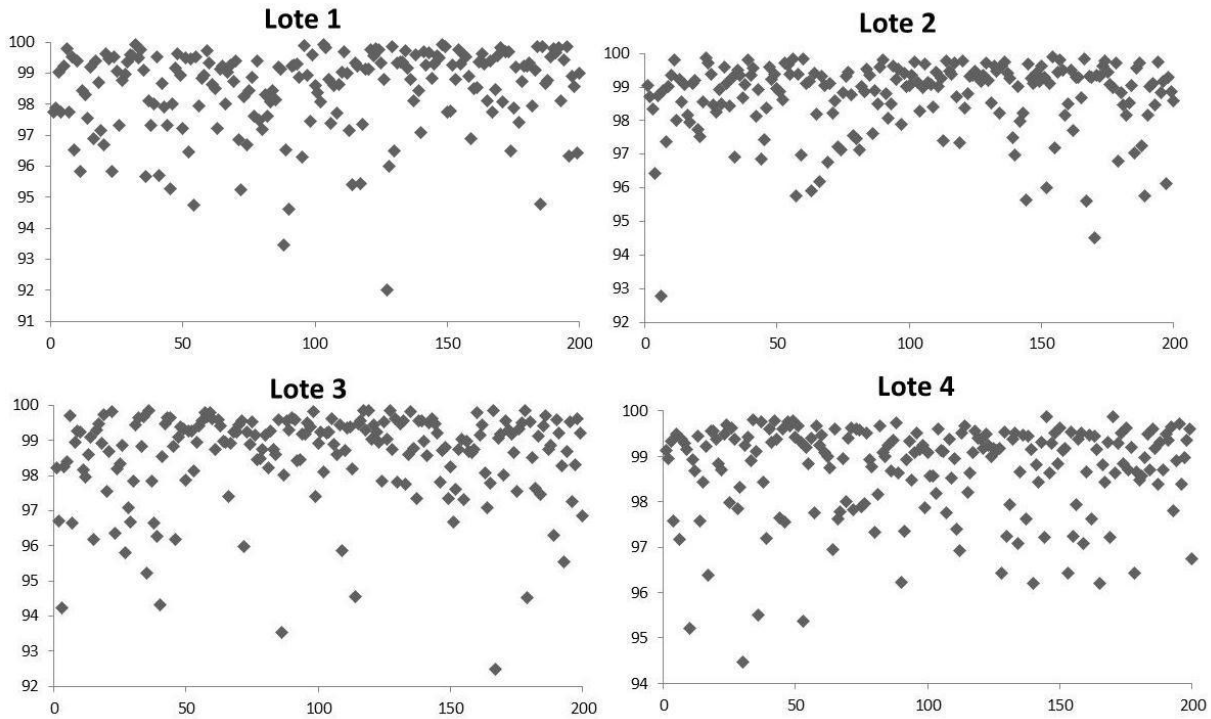


Figura 2.12 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate cultivar Mariana, lotes 1 a 4. Cada ponto no gráfico representa uma semente da amostra

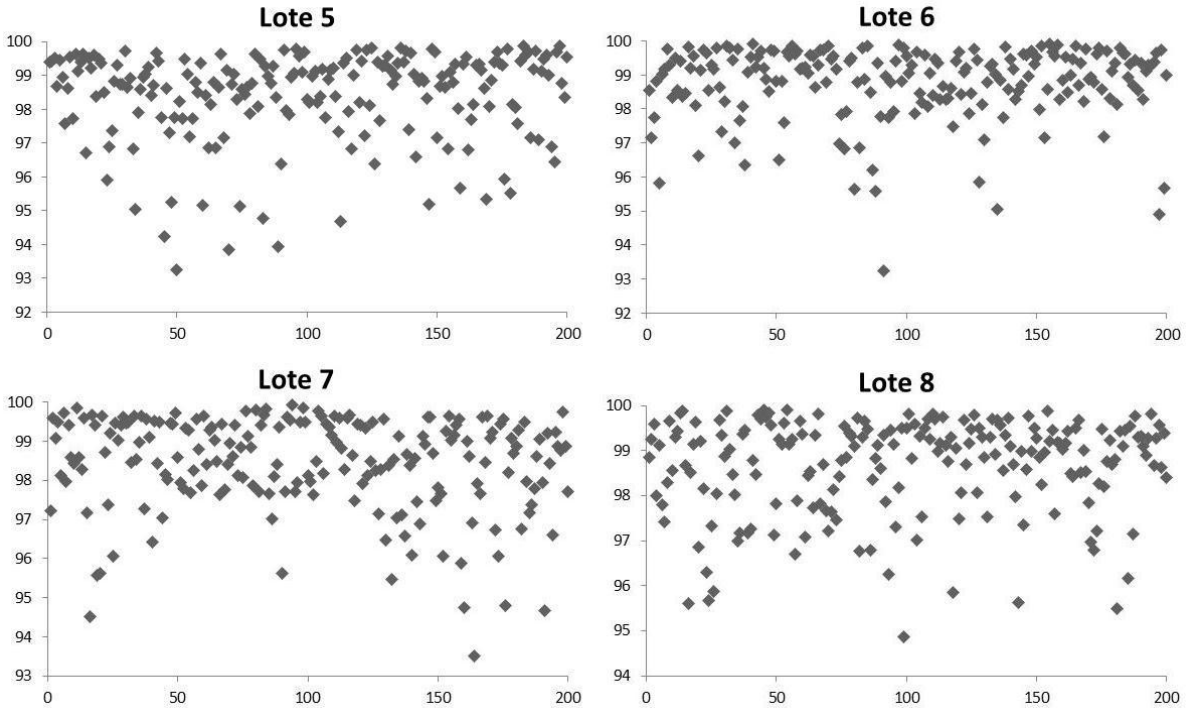


Figura 2.13 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate cultivar Mariana, lotes 5 a 8. Cada ponto no gráfico representa uma semente da amostra

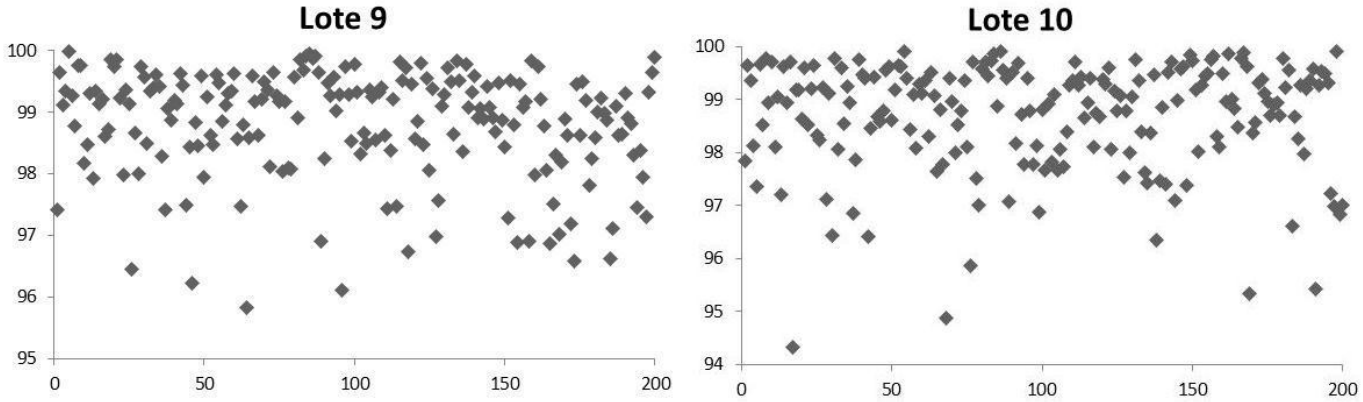


Figura 2.14 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de tomate cultivar Mariana, lotes 9 e 10. Cada ponto no gráfico representa uma semente da amostra

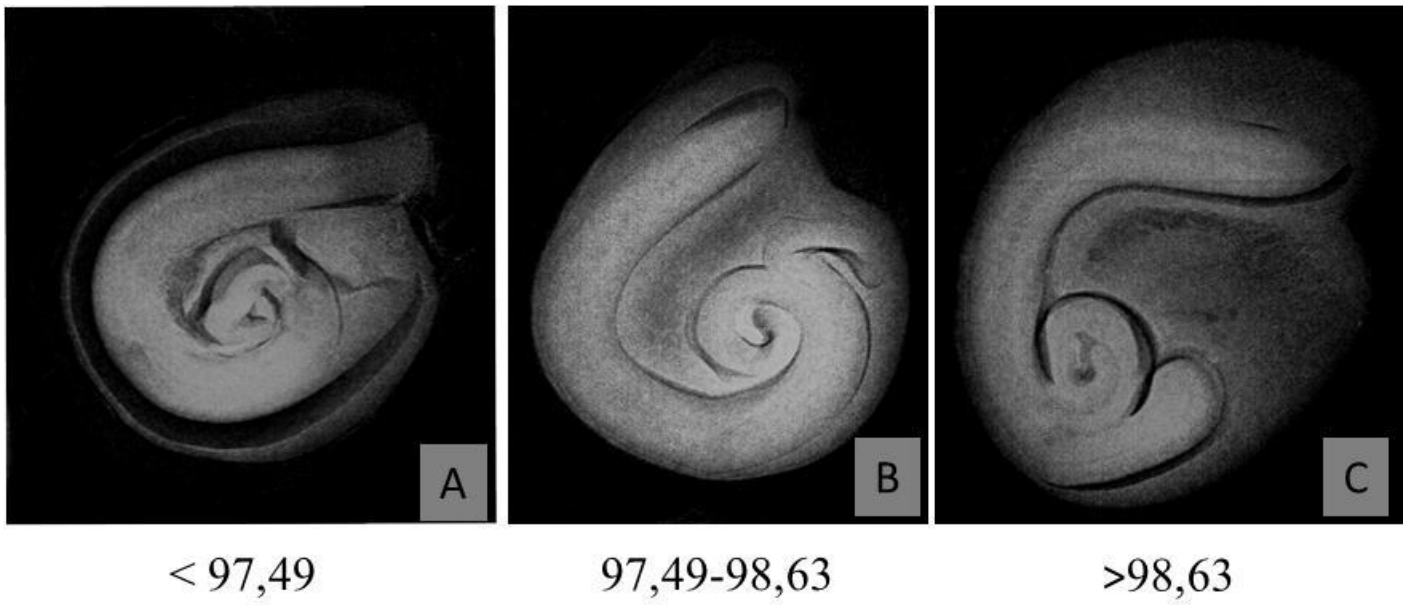


Figura 2.15 - Exemplo de sementes de tomate cultivar Mariana com diferentes áreas (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma, categoria 1 (A), categoria 2 (B) e categoria 3 (C)

As áreas escuras no interior das sementes, vistas na Figura 2.15, representam espaços livres, ou seja, áreas sem tecido embrionário. A presença de espaço livre nas sementes pode ser influenciada pelas condições do ambiente onde as sementes sofrem o processo de maturação (DOWNIE; GURISINGHE; BRADFORD, 1999); deve-se considerar, ainda, que a posição do fruto em relação à planta na qual as sementes se desenvolvem podem afetar sua morfologia (GIRARDIN; CHAVAGNAT; BOCKSTALLER, 1993). Em sementes de tomate foi verificado maior percentual de sementes com maior área ocupada pelo embrião e endosperma, menor espaço livre, na seção locular do fruto mais próxima do pedúnculo (DOWNIE; GURISINGHE; BRADFORD, 1999); provavelmente, as sementes mais distantes tiveram menor acúmulo de reservas, devido ao maior gasto energético para transportar assimilados para tecido mais distante da fonte (folhas fotossinteticamente ativas).

Analisando-se as imagens radiográficas das sementes, verificou-se que na maioria dos lotes houve grande percentual de sementes bem formadas, sem danos, (Tabela 2.5), o que revela a eficiência no processo produtivo, especialmente considerando que plantas de tomate possuem florescimento indeterminado, o que possibilita a presença de frutos e, consequentemente, de sementes, em diferentes estádios de maturação no momento da colheita. Para a maioria dos lotes, mais de 85% das sementes não apresentaram danos (categorias 1 a 3) (Tabela 2.5). No entanto, para os lotes 2, 8 e 9, houve 19, 12 e 14,5 %, respectivamente de sementes com algum tipo de dano. Na Figura 2.16 são apresentados exemplos de danos verificados nas sementes dos lotes 2, 8 e 9.

Tabela 2.5 - Percentual de sementes (S) de cada categoria (C) de morfologia interna e plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM) obtidas no teste de germinação de sementes de tomate cultivar Mariana

Lote	C	S (%)	PN (%)	PA (%)	SM (%)	Lote	C	S (%)	PN (%)	PA (%)	SM (%)
1	1	57	48	51	1	6	1	65	74	22	4
	2	19	73	24	3		2	19,5	67	28	5
	3	17,5	63	34	3		3	7,5	67	20	13
	4	4	37,5	37,5	15		4	4,5	33	55	12
	5	1,5	77	33	0		5	2,5	40	20	40
	6	1	0	50	50		6	1	0	50	50
2	1	55	64	32	4	7	1	47,5	69	23	8
	2	15	70	27	3		2	28,5	65	19	16
	3	11	52	48	0		3	17,5	66	31	3
	4	10	55	35	10		4	3	33	17	50
	5	6	72	18	10		5	2,5	60	20	20
	6	3	17	50	33		6	0,5	0	0	100
3	1	65	59	39	2	8	1	60	68	30	2
	2	16,5	76	21	3		2	17	71	28	0
	3	14	75	25	0		3	1	50	50	0
	4	1	50	50	0		4	4,5	78	0	22
	5	2	20	20	60		5	2,5	40	60	0
	6	1,5	0	25	75		6	1	0	50	50
4	1	58	72	24	4	9	1	53	74	17	9
	2	21	78	19	3		2	14,5	66	21	13
	3	9	89	11	0		3	8	63	25	12
	4	8	47	20	33		4	6	8	33	59
	5	1	0	100	0		5	5,5	18	27	55
	6	3	34	33	33		6	3	67	6,5	6,5
5	1	60	74	24	2	10	1	69,5	61	29	10
	2	15	60	23	17		2	16,5	73	21	6
	3	16	78	17	5		3	9,5	47	37	16
	4	4	25	37,5	37,5		4	1	50	0	50
	5	2	50	50	0		5	6,5	39	15	46
	6	3	60	40	0		6	2	0	0	100

*Categorias descritas na Tabela 2.1.

Figura 2.16 - Exemplo de sementes de tomate com danos, indicados pelas setas em vermelho, do lote 2 (A e B), lote 8 (C) e lote 9 (D e E)

A identificação de danos é possível por meio de análises de imagens de raios X de sementes, que no entanto, até o presente momento, não é um procedimento rotineiro adotado pelas empresas produtoras de sementes, como parâmetro de qualidade; talvez pelo alto custo da aquisição do equipamento e, também, pela falta de informações sobre as relações entre a morfologia de sementes e o potencial fisiológico, este tipo de análise ainda não é comum no setor. A maioria dos cultivares de tomate disponíveis no mercado atualmente são híbridos, os quais são produzidos com grande investimento por parte das empresas, considerando-se que a produção requer muita mão-de-obra para executar as operações de campo, sendo que as sementes chegam a preços elevados no comércio, comparadas os cultivares de polinização aberta; neste contexto, os produtores de hortaliças tem exigido alto padrão de qualidade das sementes, que deve ser avaliado cautelosamente pelas empresas. Portanto, técnicas que permitam avaliar com segurança a qualidade destes materiais são de grande importância neste setor.

O desenvolvimento de tecnologias que possibilitem efetuar relações entre a morfologia e a germinação de sementes poderá permitir no futuro, a rápida análise destas ainda no recebimento dos lotes e com isso, possibilitar o descarte daqueles que tiverem baixo potencial fisiológico, evitando-se assim custos desnecessários com o beneficiamento, assim como a possibilidade de avaliação dos tratamentos utilizados para aumentar o desempenho das sementes, como o condicionamento fisiológico. O efeito do condicionamento fisiológico na morfologia de sementes de tomate foi avaliado com sucesso por meio da técnica de raios X (LIU et al., 1993).

Outro aspecto considerado nesta pesquisa foi a relação entre área da cavidade da semente ocupada pelo embrião e endosperma e a germinação, que ocorreu de forma diferenciada para os lotes. Considerando-se as sementes sem danos (categorias 1 a 3), nos lotes 3 e 4 o aumento da área da semente ocupada pelo embrião e endosperma proporcionou aumento da germinação das sementes (Tabela 2.5 e Figuras 2.17 a 2.19). Contudo, para os demais lotes o comportamento foi diferente. Para os lotes 1, 2, 8, 9 e 10, as sementes na categoria 3 (maior área de embrião mais endosperma) tiveram menor germinação que as sementes das demais categorias; como estas sementes não tinham danos visualizados pela análise das imagens radiográficas, possivelmente tinham menor potencial fisiológico, independente da morfologia; assim como ocorreu para o lote 5 na categoria 2 e para os lotes 6 nas categorias 2 e 3; para o lote 7 houve pequena diferença no percentual de plântulas normais entre as classes 1 a 3, sendo que as diferenças na área da cavidade interna da semente preenchida não foram suficientes para afetar a germinação.

A germinação de sementes envolve uma série de fatores, dentre os quais está a morfologia. Em pesquisa anterior, verificou-se que para sementes de tomate, diferenças consideráveis na fisiologia estavam presentes em sementes com mesma quantidade de espaço livre, ou seja, mesma área ocupada pelo embrião e endosperma, e que a presença de espaço livre não pode ser considerada de forma isolada para predizer o comportamento das sementes quanto à germinação (DOWNIE; GURISINGHE; BRADFORD, 1999). Entretanto, em sementes de pimentão a redução da área da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma, a partir de 97,3%, aumentou o percentual de plântulas anormais (DELL'ÁQUILA, 2007) e foi diretamente relacionada com a incidência de plântulas anormais e sementes não germinadas (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011). Para sementes de mamão, a presença de áreas livres na cavidade interna resultou em redução da germinação (SANTOS et al., 2009).

A maior área livre pode indicar menor desenvolvimento do embrião e do endosperma e, também, consumo de reservas da semente durante a deterioração, o que pode influenciar negativamente no potencial fisiológico das sementes, assim como a presença de embriões mal formados. Contudo, é necessário ressaltar que estes são alguns dos fatores que podem afetar a germinação, pois esta sofre influência de condições de ambiente, como disponibilidade de água e oxigênio, temperatura, luminosidade, além da constituição química das sementes e do balanço hormonal.

Para que ocorra a emissão da raiz primária em sementes de tomate, a força gerada pelo crescimento desta estrutura necessita vencer a barreira mecânica gerada pelo endosperma e pela testa (HILHORST; GROOT; BINO, 1999), processo que ocorre com o enfraquecimento das células da parede celular que constituem o endosperma, o que é realizado pela atuação de enzimas do tipo Endo-β-mananase, sendo que a síntese e ativação desta enzima é controlada por giberelina secretada pelo embrião (GROOT et al.,1988; NOMAGUCHI; NONOGAKI; MOROHASHI, 1995; TOOROP; BEWLEY; HILHORST, 1996; STILL; BRADFORD, 1997; NONOGAKI et al., 1998). Portanto deve-se considerar a morfologia interna das sementes como um dos fatores que podem afetar a germinação.

Comparando-se a germinação das sementes que possuíam algum tipo de dano (categorias 4 a 6) com as sem danos (categorias 1 a 3), é possível observar que para a maioria dos lotes houve menor percentual de plântulas normais obtidas das sementes com danos (Tabela 2.5); como estas sementes possuíam embriões não completamente desenvolvidos e manchas escuras provocadas pela deterioração é plausível que a germinação seja reduzida, como nos exemplos da Figura 2.20; nas Figuras 2.20A e 2.20C observam-se mal formação do embrião e manchas causadas pela deterioração, que resultaram em mortalidade da semente (Figura 2.20B) e plântula anormal (Figura 2.20D); já na Figura 2.20E é possível visualizar um dano na extremidade da radícula, que provocou anormalidade na raiz da plântula (Figura 2.20F).

Danos como os ilustrados na Figura 2.20 podem prejudicar a germinação tanto pela redução das reservas armazenadas no endosperma, que são essenciais para os processos metabólicos iniciais que levam ao crescimento do embrião e o desenvolvimento da plântula, como por danificar de forma irreversível a estrutura da semente, como ocorreu no exemplo da semente E. Utilizando a técnica de raios X de sementes Amaral et al. (2011) verificaram que a maioria das sementes de ipê roxo (*Tabebuia heptaphylla*) com danos no eixo embrionário e,ou cotilédones e mais de 50% de sua área embrionária ocupada pelos tecidos da semente, deram origem a plântulas anormais e quando a área foi menor que 50% praticamente todas as sementes não germinaram. Em trabalho semelhante, verificou-se que em sementes de milho, quando ocorrem danos severos no sentido transversal da semente, a translocação de nutrientes do endosperma para o eixo embrionário é afetada, resultando em plântula anormal (CICERO; BAZATTO JUNIOR, 2003).

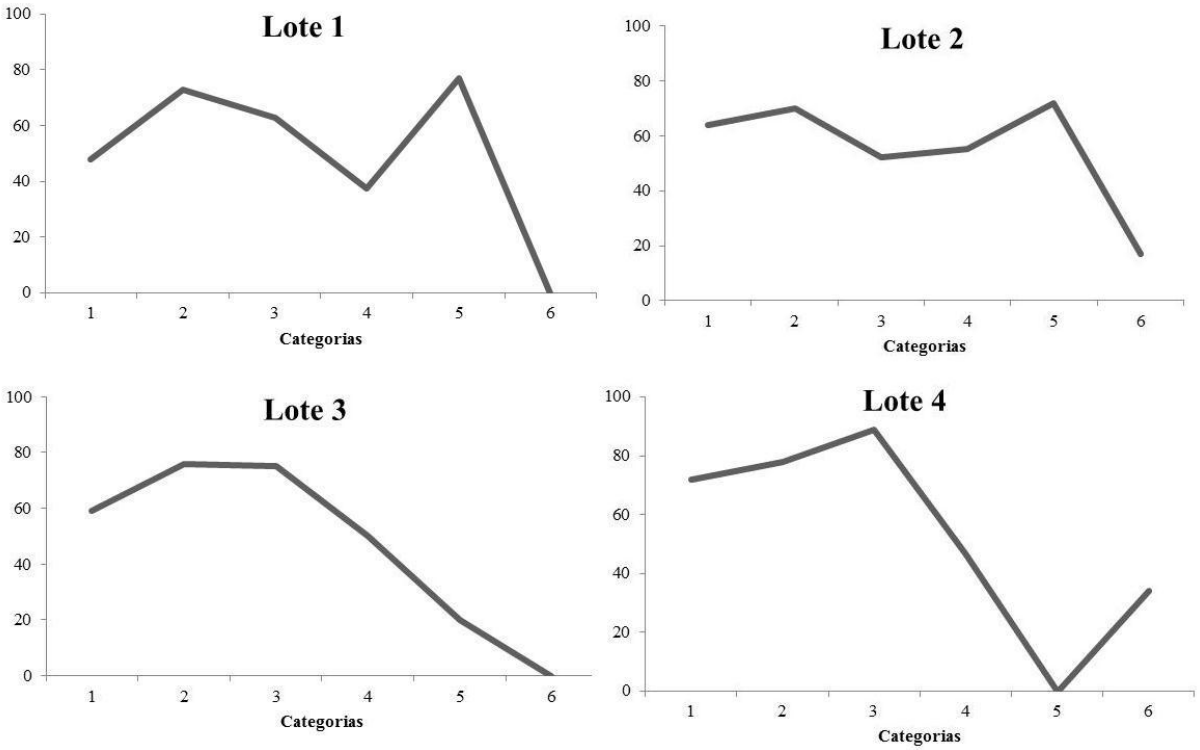


Figura 2.17 - Germinação (%) de sementes de tomate cultivar Mariana, lotes 1 a 4, nas diferentes categorias de morfologia interna

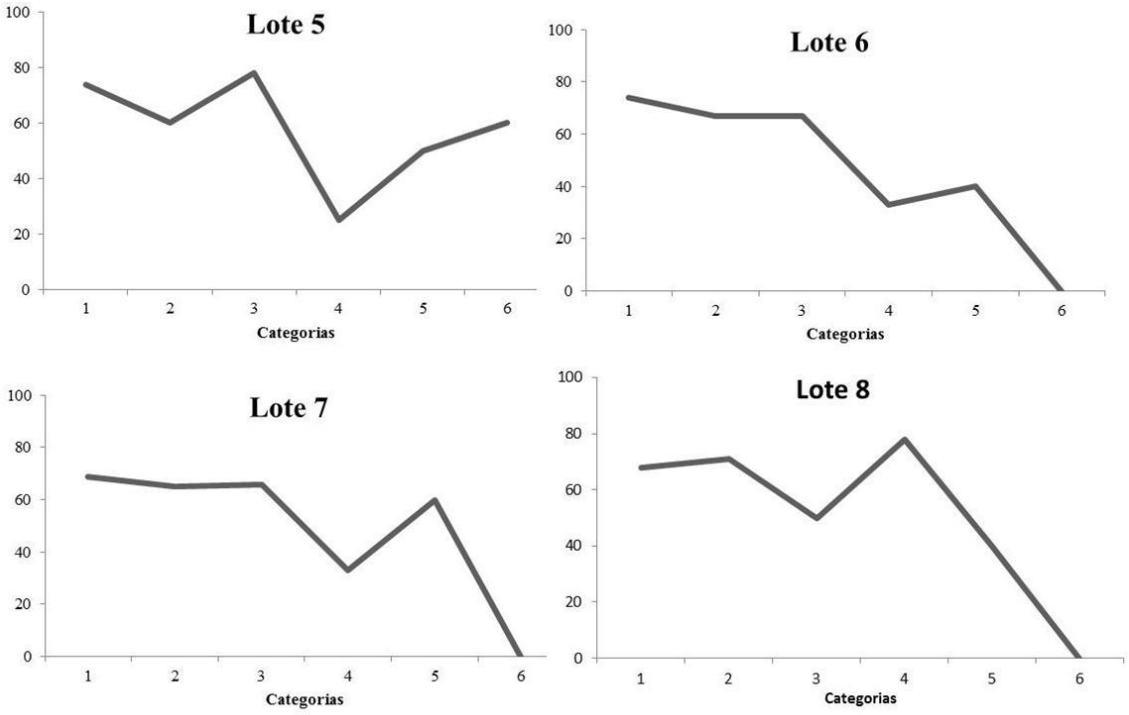


Figura 2.18 - Germinação (%) de sementes de tomate cultivar Mariana, lotes 5 a 8, nas diferentes categorias de morfologia interna

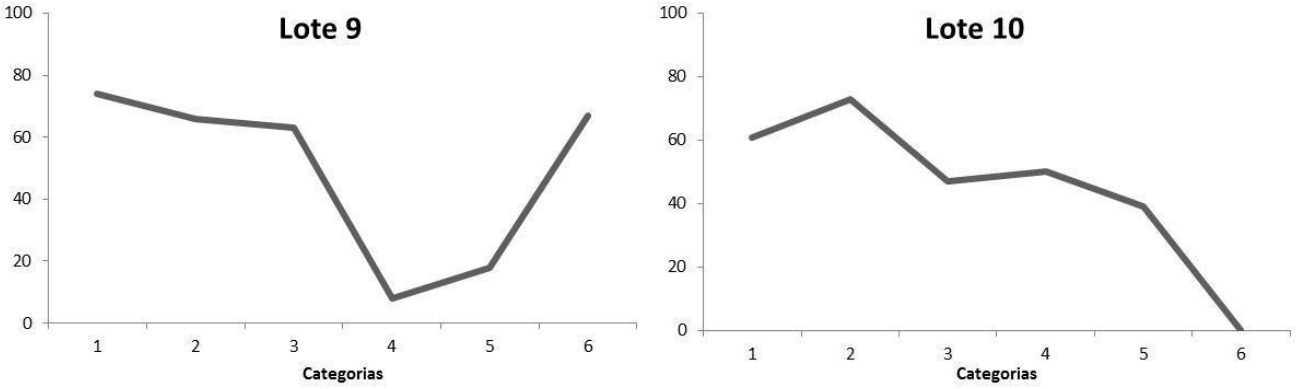


Figura 2.19 - Germinação (%) de sementes de tomate cultivar Mariana, lotes 9 e 10, nas diferentes categorias de morfologia interna

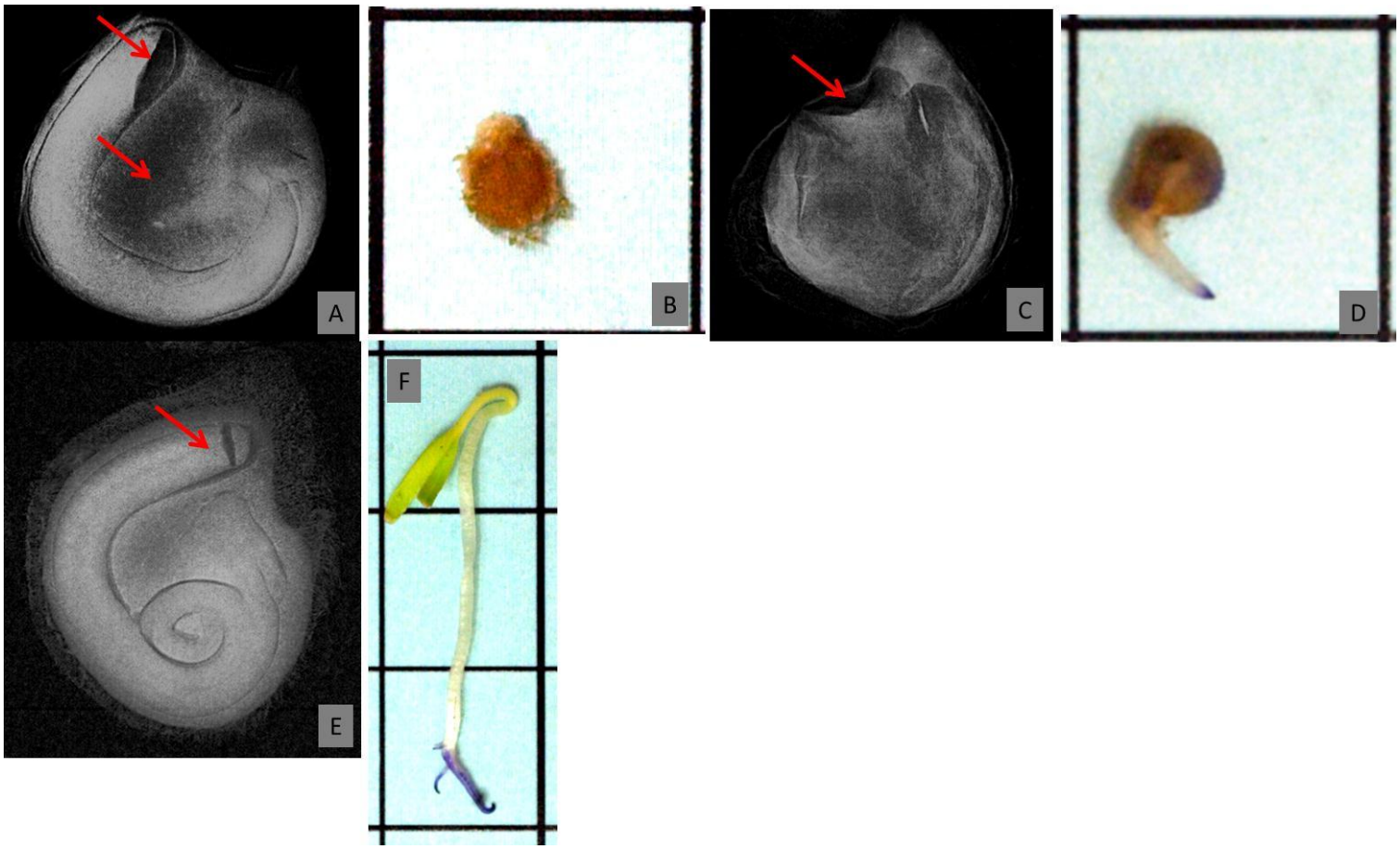


Figura. 2.20 - Exemplos de sementes de tomate com danos causados pela deterioração dos tecidos (A e C) e dano mecânico (E) e suas respectivas semente morta (B) e plântulas anormais (D e F)

Em relação ao percentual de plântulas anormais e de sementes mortas, verificou-se que nas sementes com danos (categorias 4 a 6), em geral, os valores foram maiores do que as sementes sem danos (categorias 1 a 3), exceto para o lote 10 (Tabela 2.5); esse desempenho dos lotes ocorreu devido à mal formação do embrião, que normalmente resultou em plântulas com anormalidades na raiz ou na folha primária, e manchas escuras causadas pela deterioração, que resultaram em sementes mortas. Na Figura 2.21 são destacados mais exemplos que ilustram as referidas ocorrências; nas Figuras 2.21A e 2.21E pode se observar que as sementes iniciaram a germinação, mas não completaram o processo, emitindo somente parte da estrutura da plântula (Figuras 2.21B e 2.21F) e na Figura 2.21C, observa-se que a semente não emitiu a folha primária (Figura 2.21F). Assim como nesta pesquisa, para sementes de pimentão, mesmo aquelas sem áreas de espaço livre, ou seja, embrião e endosperma completamente desenvolvidos, porém classificadas como anormais pelo teste de raios X (presença de algum tipo de dano), originaram plântulas anormais e sementes não germinadas (GAGLIARDI e MARCOS FILHO, 2011).

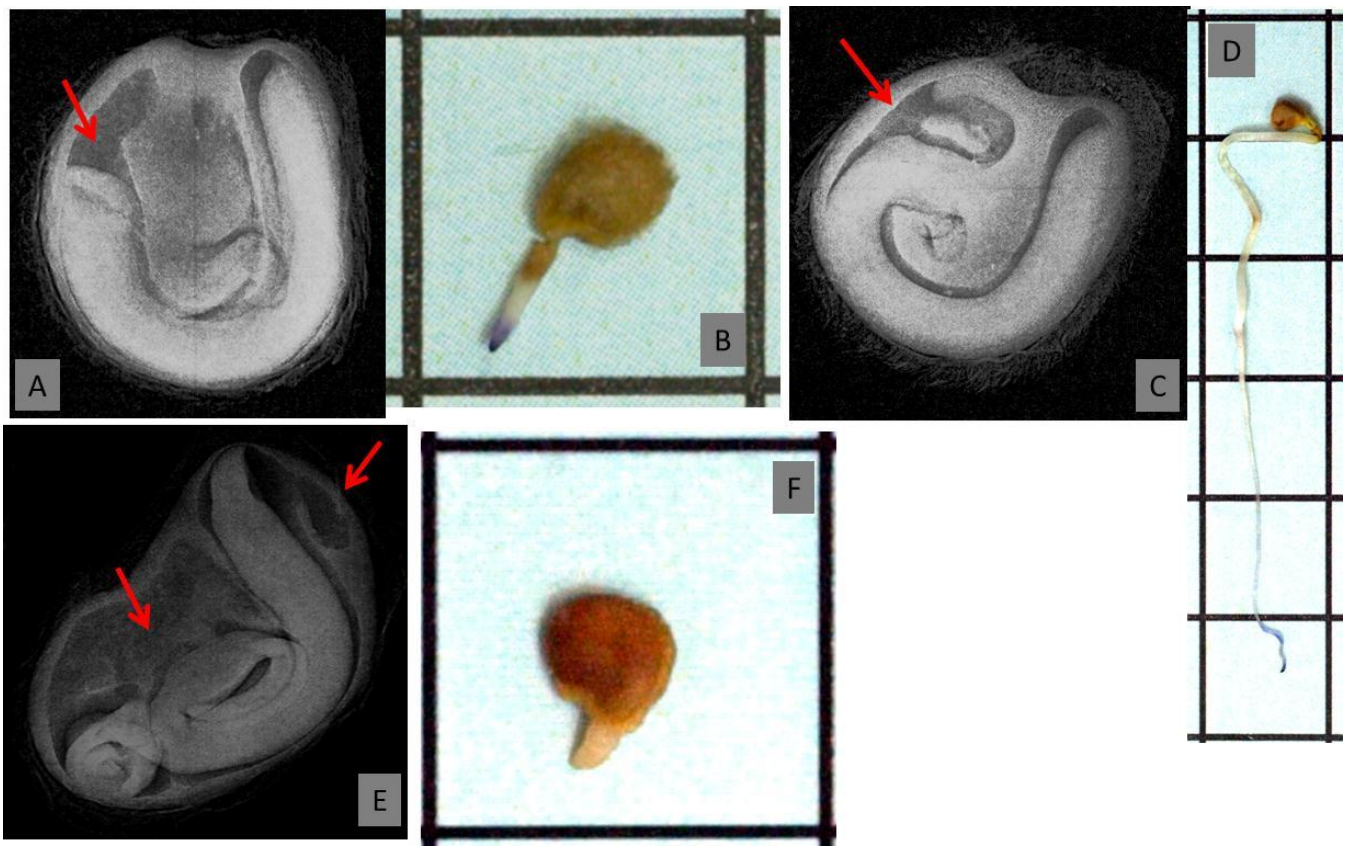


Figura 2.21 - Exemplos de sementes de tomate com mal formação do embrião (A) e manchas causadas pela deterioração dos tecidos (C e E) e as respectivas plântulas anormais (B, D e F)

2.2.2.3 Berinjela

A área da cavidade das sementes de berinjela ocupada pelo embrião e endosperma foi superior a 88% para todos os lotes, sendo que na maioria das sementes foi maior que 97% (Figuras 2.22 a 2.24). A avaliação da morfologia interna de sementes é imprescindível tanto para a caracterização de espécies pouco estudadas quanto para a melhoria da qualidade de lotes de sementes, no que se diz respeito ao seu atributo físico e fisiológico, visto que a informação sobre a existência de sementes defeituosas e vazias é desejável porque pode influenciar nos resultados de germinação (GOMES JUNIOR, 2010). Utilizando análise de raios X, em outra pesquisa foi verificado que sementes de ipê roxo, em sua maioria, com a cavidade embrionária totalmente preenchida, com eixo embrionário e cotilédones bem formados originaram plântulas normais (AMARAL et al., 2011). No entanto, para sementes de berinjela, até o presente momento não há referências na literatura sobre o assunto.

Para facilitar a discussão dos resultados foi calculado valor médio dentro da amostra, para cada lote, de área da cavidade da semente ocupada pelo embrião e

endosperma, e com base nestes valores realizou-se a classificação das sementes em 3 categorias, conforme Tabela 2.6.

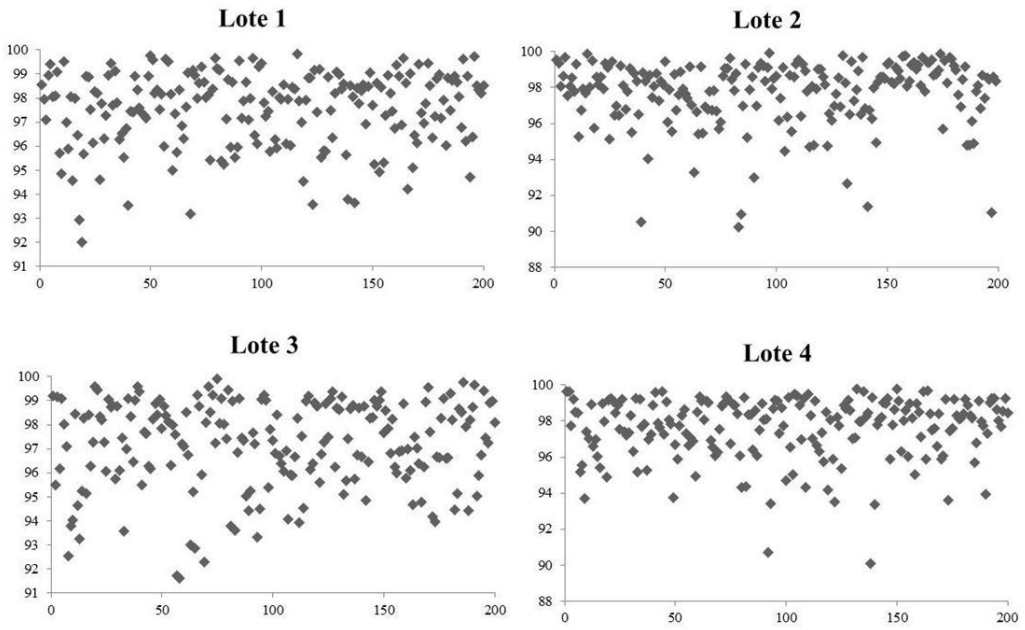


Figura 2.22 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de cada semente, amostra com 200 indivíduos, de berinjela, lotes 1 a 4

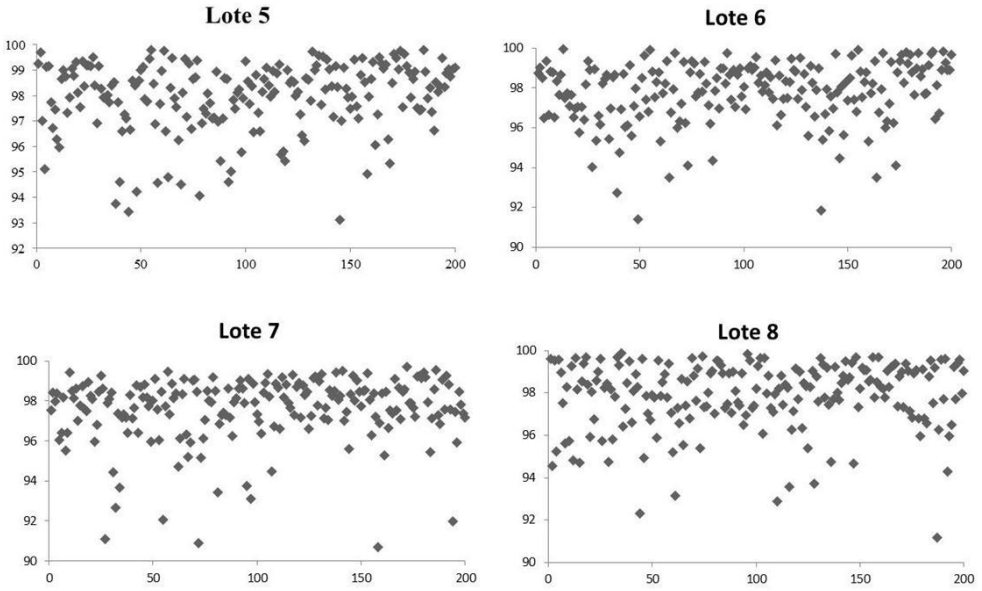


Figura 2.23 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de cada semente, amostra com 200 indivíduos, de berinjela, lotes 5 a 8

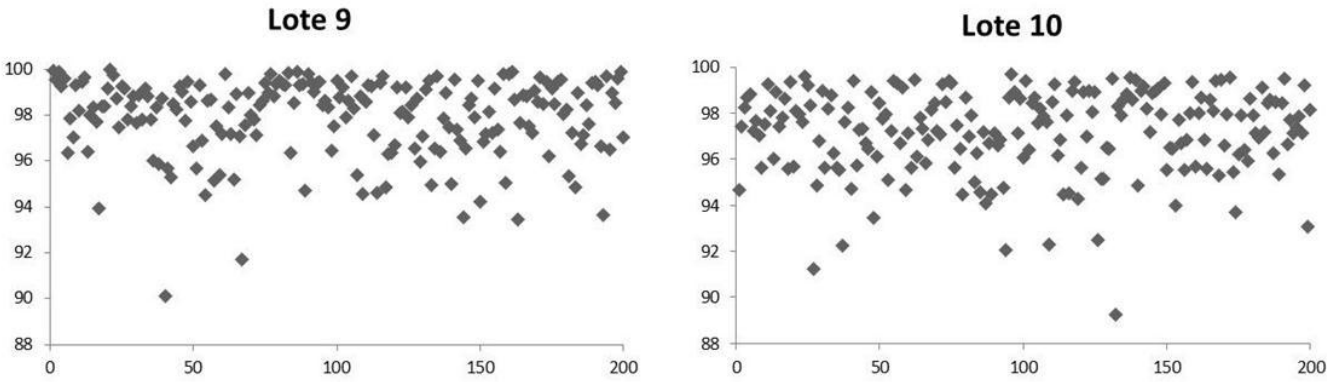


Figura 2.24 - Área (%) da cavidade interna ocupada pelo embrião e endosperma de cada semente, amostra com 200 indivíduos, de berinjela, lotes 9 e 10

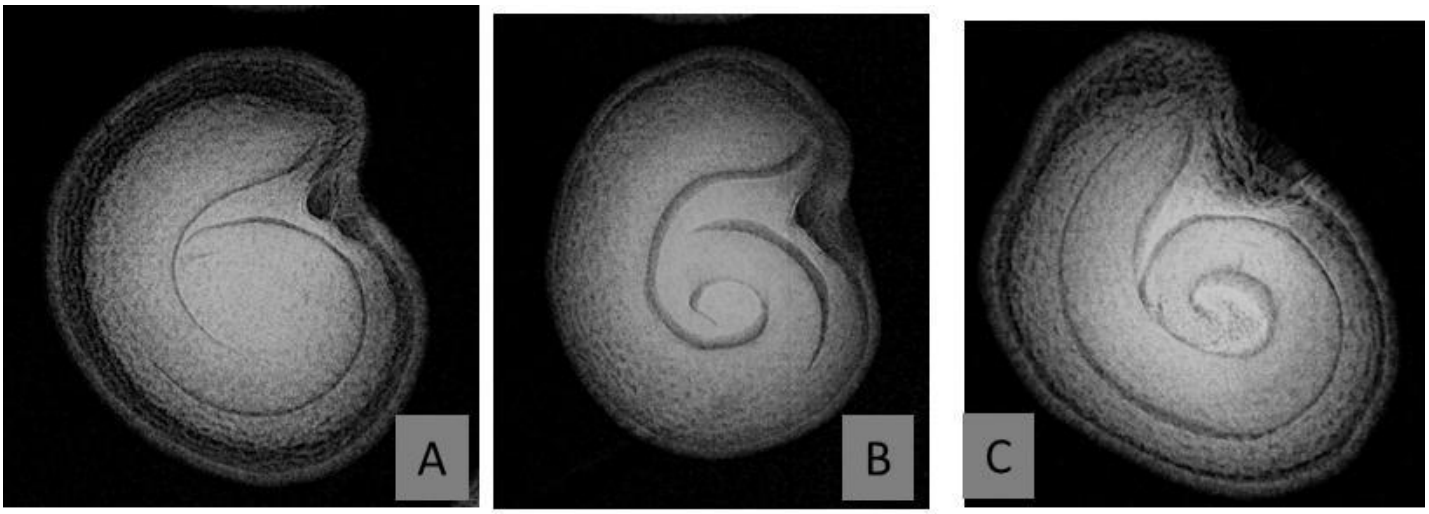
Tabela 2.6 - Área (%) ocupada pelo embrião e endosperma de sementes de berinjela, cultivar Embu, em relação á área total da semente (média para cada lote), e valores das classes utilizadas para análise dos dados

Lote	Área (Embrião + Endosperma)	Desvio Padrão	Classe (área embrião + endosperma)		
1	97,53414	1,567794			
2	97,6996	1,840282	1	2	3
3	97,17874	1,828483			
4	97,62349	1,690905			
5	97,96953	1,384806			
6	97,76877	1,563884	<95,98	95,98-97,64	>97,64
7	97,62618	1,63946			
8	97,87198	1,604966			
9	97,92181	1,692666			
10	97,23982	1,822792			
Média	97,64341	1,663604			

Analisando-se os dados obtidos no programa Image Pro Plus®, verificou-se que na maioria dos lotes, mais de 60% das sementes agruparam-se na categoria 3, de maior área de preenchimento, como pode ser observado na Tabela 2.7. Exemplos de sementes com diferentes áreas de preenchimento da cavidade interna podem ser visualizados na Figura 2.25; as áreas escuras indicam ausência de tecidos, o que facilita a passagem dos raios X e com isso gera imagem escura.

Tabela 2.7 - Percentual de sementes (S) de cada categoria (C) de morfologia interna e plântulas normais (PN), anormais (PA) e sementes mortas (SM) obtidas no teste de germinação de sementes de berinjela

Lote	C	S (%)	PN (%)	PA (%)	SM (%)	Lote	C	S (%)	PN (%)	PA (%)	SM (%)
1	1	16,5	36	58	6	6	1	12,5	40	60	0
	2	27	61	39	0		2	27	48	50	2
	3	56,5	66	34	0		3	60,5	52	46	2
2	1	15	7	8	0	7	1	12	70	30	0
	2	21	10	11	0		2	24	67	27	6
	3	64	33	30	1		3	64	58	38	4
3	1	22,5	42	53	5	8	1	12,5	44	20	36
	2	28	45	55	0		2	22	37	48	15
	3	49,5	48	52	0		3	65,5	43	52	5
4	1	15	50	47	3	9	1	12,5	61	35	4
	2	25	54	44	2		2	17,5	69	31	0
	3	60	55	44	1		3	71	72	25	4
5	1	9	61	39	0	10	1	26	12	9	5
	2	22,5	40	53	7		2	29	13	10	6
	3	68,5	52	46	2		3	45	19	24	2



(<95,98) (95,98-97,64) (>97,64)

Figura 2.25 - Exemplos de sementes de berinjela com diferenças na área da cavidade interna preenchida pelo embrião e endosperma, categoria 1 (A), categoria 2 (B) e categoria 3 (C)

Diferentemente dos resultados verificados para tomate, poucas sementes tiveram danos (mal formação de suas partes e, ou tecidos deteriorados), por isso optou-se fazer o estudo focado na relação entre o preenchimento da cavidade interna de sementes e a germinação. Alguns exemplos de sementes com mal formação e tecidos deteriorados, que afetaram a germinação, podem ser observados na Figura 2.26; na Figura 2.26A observa-se danos mecânicos no embrião, o que provocou a mortalidade da semente (Figura 2.26B). Assim como nesta pesquisa, para sementes de milho verificou-se que quando ocorre dano mecânico no eixo embrionário a germinação é afetada, resultando em plântula anormal ou em semente morta (CICERO; BANZATTO JUNIOR, 2003).

Nas Figuras 2.26C e 2.26E da observam-se manchas de deterioração nas extremidades da radícula (Figura 2.26E) e do cotilédone (Figura 2.26C) que prejudicaram a germinação, resultando em plântula com anormalidade na raiz (Figura 2.26D) e semente que apenas iniciou a germinação mas não foi capaz de completar o processo (Figura 2.26F). Resultados semelhantes são descritos para sementes de pimentão (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011) e aroeira branca (*Lithraea molleoides*) (MACHADO; CICERO, 2003).

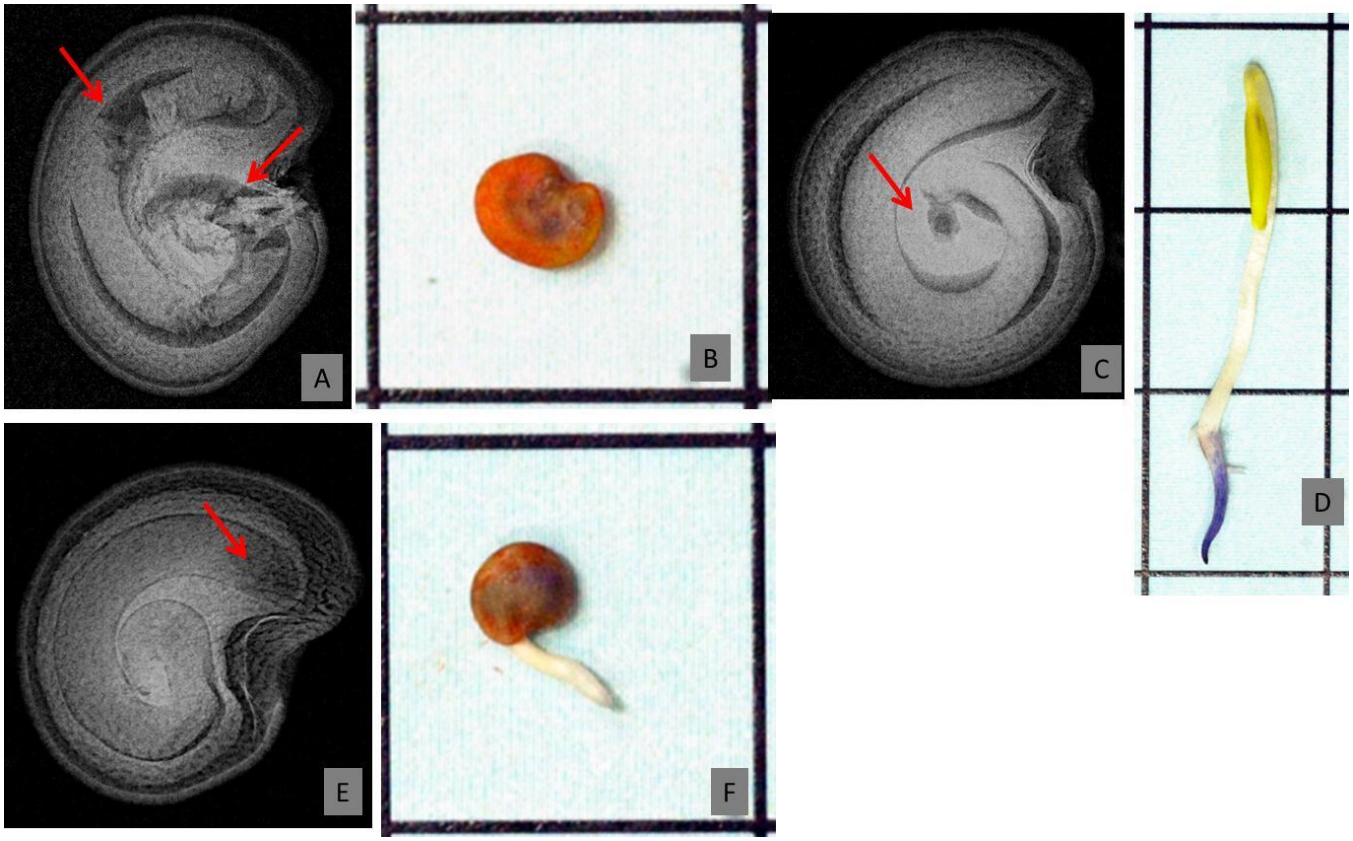


Figura 2.26 - Sementes de berinjela com mal formação (A) e tecidos deteriorados (C e E) e suas respectivas semente morta (B) e plântulas anormais (D e F)

Analisando-se a germinação nas categorias de morfologia estudadas, verificou-se que na maioria dos lotes, houve pequena diferença no percentual de germinação de sementes com diferenças na área interna ocupada pelo embrião e endosperma (Tabela 2.7, Figuras 2.27 a 2.29), sendo que somente no lote 1 as sementes com maior área tiveram maior porcentagem de plântulas normais.

É possível que sementes completamente formadas tenham maior probabilidade de originar plântulas normais, pois seus embriões tem maior chance de desenvolverem-se, e a maior quantidade de reservas (energia armazenada no endosperma) pode favorecer o processo, porém outros fatores interferem neste processo, como as características inerentes ao histórico dos lotes, como local e época de produção, colheita dos frutos, tempo de armazenamento dos frutos antes da extração de sementes, método de extração utilizado, tipo de secagem, tipo de embalagem e condições de armazenamento das sementes, que influenciam no potencial fisiológico e, portanto, na capacidade germinativa.

Em alguns casos, como no lote 5, houve menor germinação das sementes com maior área preenchida pelo embrião e endosperma (categoria 2 em relação à 1 e categoria 3 em relação à 2). Vale lembrar que as diferenças na área de preenchimento entre as categorias foram pequenas e que as sementes não tinham danos em sua estrutura, por isso, o potencial fisiológico foi responsável pelo desempenho destas na germinação, considerando que sementes com maior área de preenchimento (categoria 3) originaram tanto plântulas normais quanto anormais (Figura 2.30). Resultados semelhantes ocorreram para o lote 7, sendo que as sementes das categorias 1 e 2 praticamente não diferiram quanto à germinação, porém na categoria 3 houve redução, o que provavelmente está relacionado com o menor potencial fisiológico das sementes, pois as mesmas não apresentavam danos (Tabela 2.7), além disso deve-se considerar que poucas sementes estavam nas categorias 1 e 2, comparado à categoria 3, o que eleva as chances de ocorrer maior germinação nas categorias 1 e 2. Na Figura 2.31 pode-se observar exemplo de sementes da categoria 3 e as plântulas originadas no teste de germinação.

Para sementes de pimentão, Gagliardi e Marcos Filho (2011) verificaram que para alguns lotes mesmo as sementes com área interna completamente preenchida pelo embrião e endosperma resultaram em plântulas anormais e sementes não germinadas, quando não possuíam danos em sua estrutura, ou seja, este resultado ocorreu em razão do potencial fisiológico das sementes.

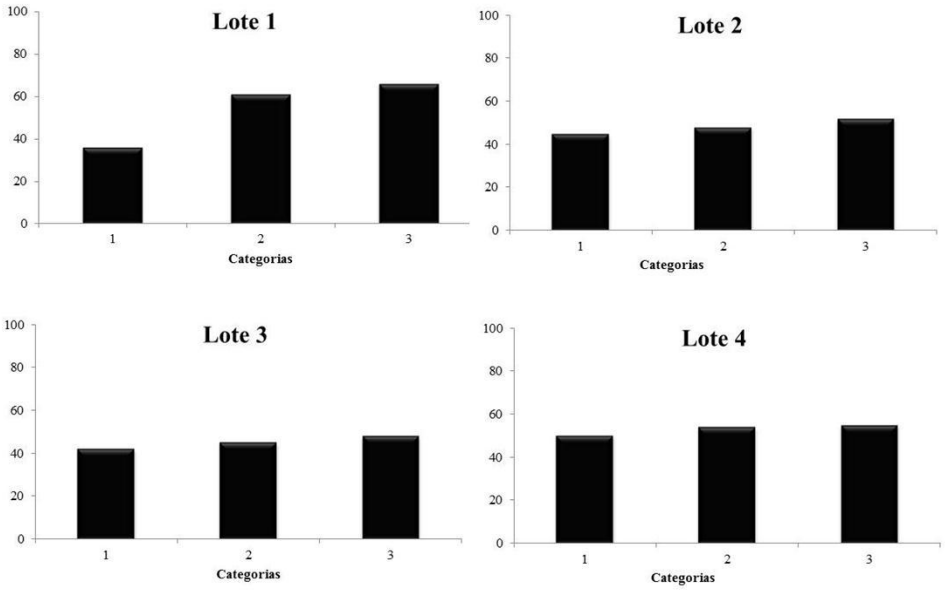


Figura 2.27 - Germinação (%) de sementes de berinjela em cada categoria de morfologia das sementes, lotes 1 a 4

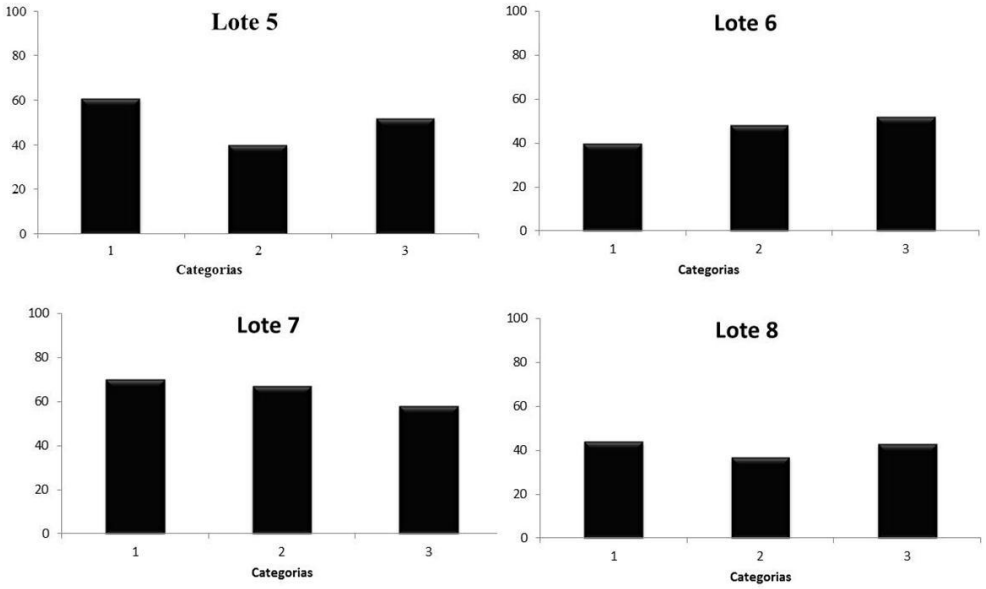


Figura 2.28 - Germinação (%) de sementes de berinjela em cada categoria de morfologia das sementes, lotes 5 a 8

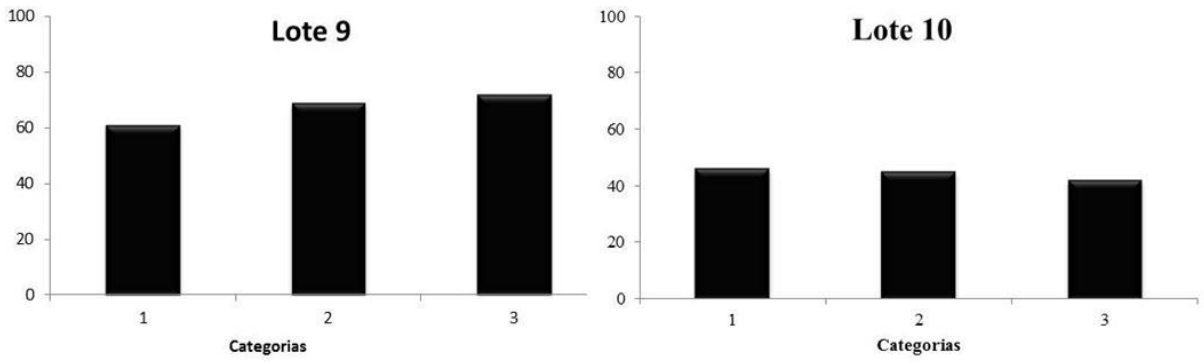


Figura 2.29 - Germinação (%) de sementes de berinjela em cada categoria de morfologia das sementes, lotes 9 e 10

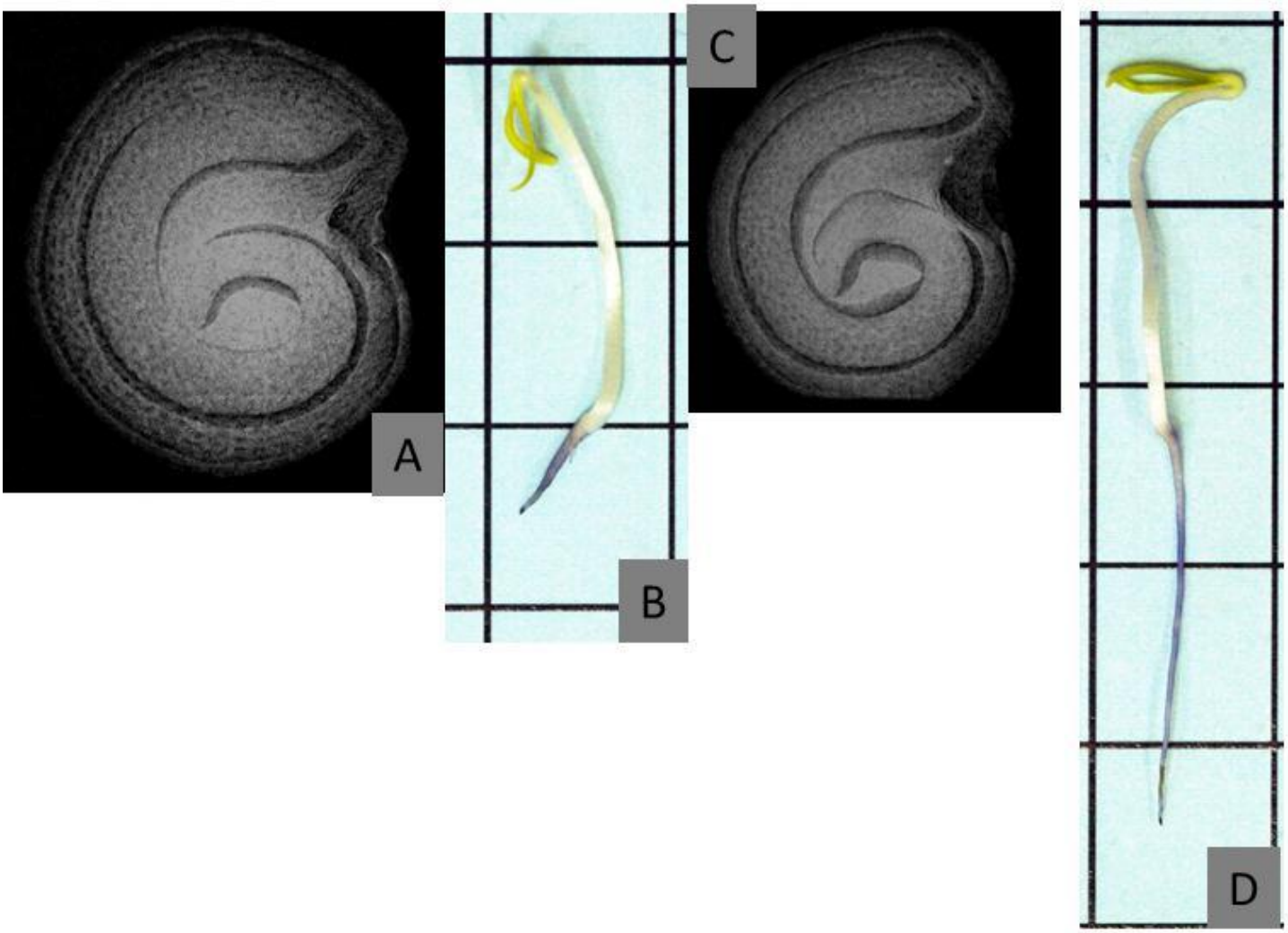


Figura 2.30 - Exemplos de sementes de berinjela do lote 5, da mesma categoria de morfologia (A, C) e suas respectivas plântulas anormal (B) e normal (D)

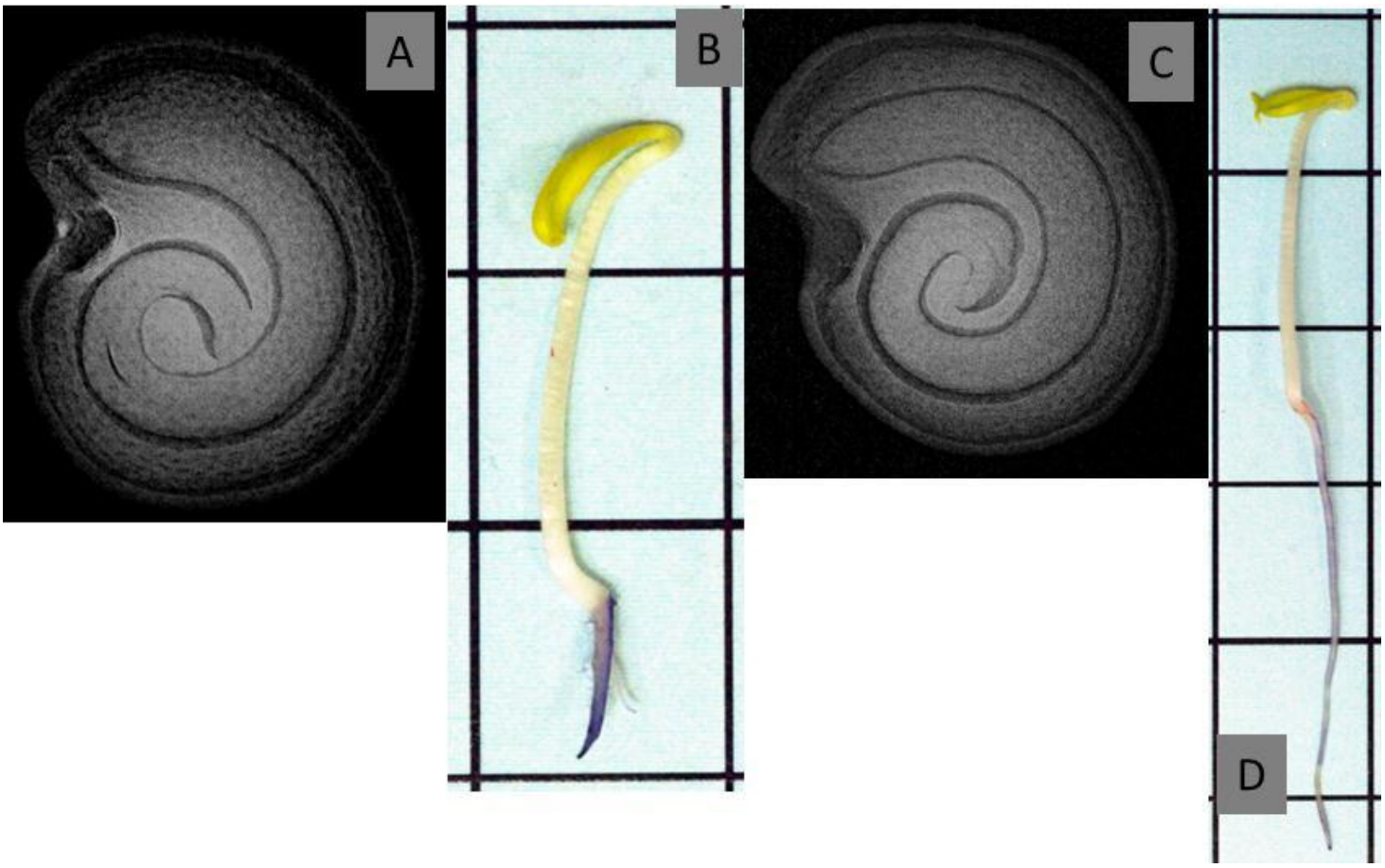


Figura 2.31 - Exemplos de sementes de berinjela da categoria 3 do lote 7 (A e C) e suas respectivas plântulas anormal (B) e normal (D)

Analisando-se ainda os resultados de germinação, verificou-se que o percentual de sementes mortas foi pequeno para todos os lotes, ao contrário do percentual de plântulas anormais (Tabela 2.7). Esse maior percentual de plântulas anormais ocorreu para a maioria dos lotes independentemente da área da semente ocupada pelo embrião e endosperma, ou seja, o potencial fisiológico das sementes foi preponderante quanto a este aspecto, visto que somente no lote 1 as sementes com maior área ocupada pelo embrião e endosperma (categoria 1) tiveram maior germinação e menor percentual de plântulas anormais. Para sementes mortas, somente nos lotes 8 e 10 houve maior percentual nas categorias 1 e 2, as de menor área ocupada pelos tecidos embrionários da semente; portanto, na maioria dos casos o potencial fisiológico foi responsável por este resultado e não a morfologia da sementes.

Estudando a relação entre a morfologia de sementes de mamona e a germinação, Gomes Junior (2010) verificou a partir da análise individual das plântulas, no quinto dia após a instalação do teste de germinação, que a relação entre o aumento da área do embrião e o comprimento da plântula nem sempre foi positiva. Além da morfologia da semente

outros fatores atuam no processo de germinação e desenvolvimento de plântulas; a mobilização das reservas, uma das primeiras etapas da germinação é essencial para o embrião completar o estabelecimento da plântula (NONOGAKI, 2006) e pode ser influenciada pela atividade enzimática, que por sua vez será diretamente influenciada pelo balanço hormonal, sendo, portanto, um processo complexo.

Após a embebição a síntese de enzimas e compostos que possam reparar danos decorrentes da secagem e a rehidratação das sementes, os quais impõem estresse considerável nos componentes celulares e às organelas como as mitocôndrias, que são vitais para a respiração e o metabolismo energético, se faz necessária durante a germinação e é um evento prevalente (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010). Esses processos de reparo podem ser ineficientes ou ocorrer de forma lenta em sementes mais deterioradas, o que pode prejudicar a germinação.

Durante o armazenamento, mesmo sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, o metabolismo das sementes continua ocorrendo, a níveis baixos, e reações como a autoxidação acontecem, levando as sementes a acumulação progressiva de moléculas reativas de oxigênio; esses compostos são instáveis e podem modificar ou inativar proteínas, lipídios, DNA e RNA e induzir disfunções celulares; estudos recentes demonstraram o papel de enzimas que desintoxicam as células; porém, se essas enzimas sofrerem danos durante o armazenamento esse processo pode não ocorrer e levar a redução do vigor das sementes (RAJJOU; DEBEAUJON, 2008).

Analisando as imagens das plântulas obtidas no teste de germinação verificou-se que para a maioria dos lotes a principal anormalidade encontrada foi encurtamento e engrossamento de raízes, como pode ser visualizado na Figura 2.32. A redução do crescimento de plântulas é uma consequência da deterioração de sementes; para sementes de soja verificou-se que o crescimento de plântulas e a mobilização de reservas diminuíram com o avanço da deterioração (MOHAMMADI; SOTANI; ZEINALI, 2011); portanto, sementes mais deterioradas podem ter menor desenvolvimento das raízes, como foi verificado nesta pesquisa, sendo que esta foi a anormalidade mais frequente. Análises citogenéticas tem mostrado que o decréscimo na viabilidade de sementes durante o envelhecimento tem correlação com o aumento da frequência de aberrações nas células do meristema do sistema radicular de plântulas (PIJLEN *et al*., 1995).

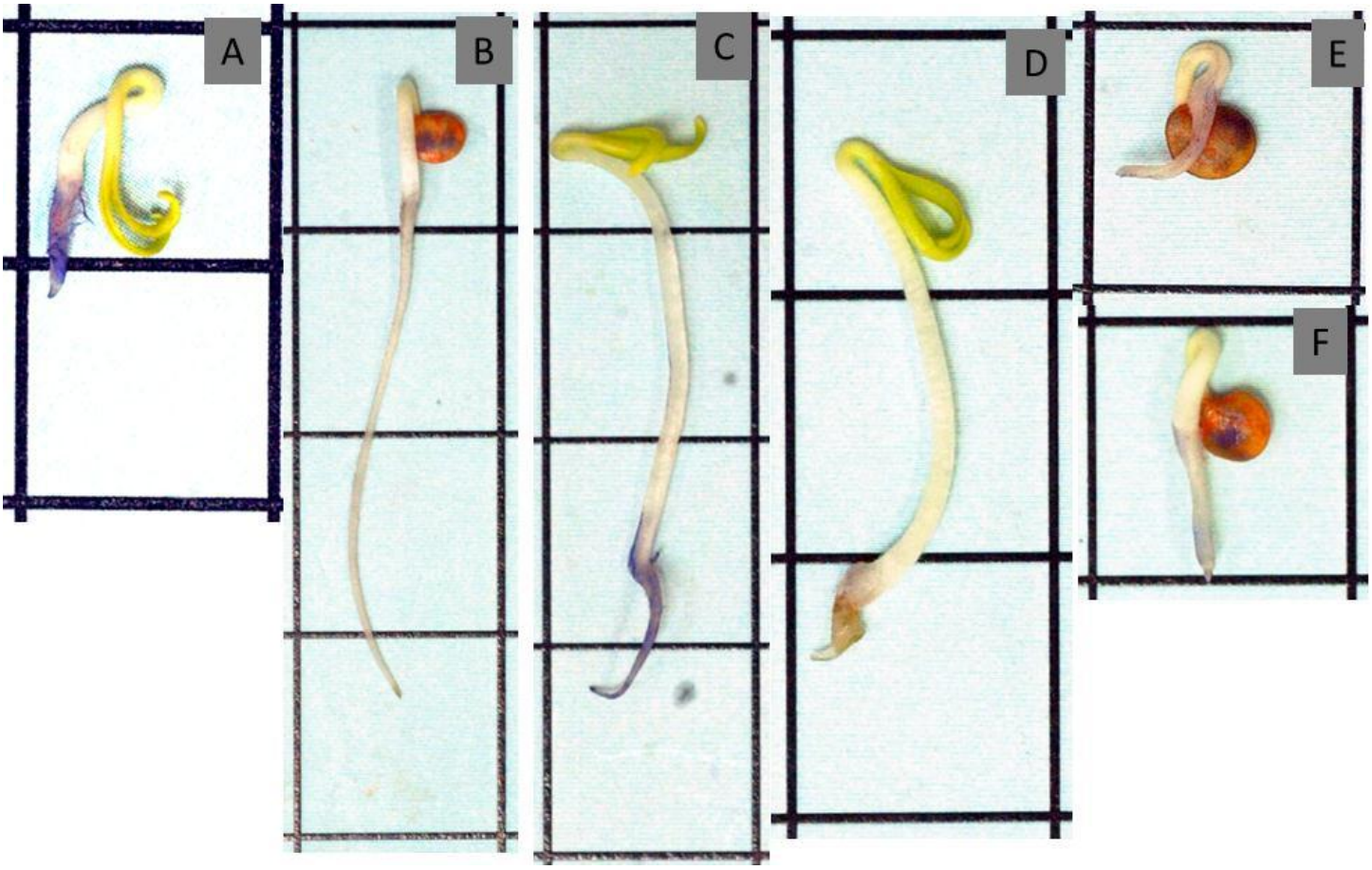


Figura 2.32 - Tipos de anormalidades de plântulas de berinjela encontradas no teste de germinação para todos os lotes estudados, com problemas na raiz (A, C, D, E e F) e na parte aérea (B, E, F)

2.3 Considerações Finais

As imagens obtidas no teste de raios X foram nítidas e permitiram atingir o objetivo desta pesquisa, que foi avaliar a relação entre a morfologia interna de sementes e a germinação.

O uso do *software* Image Pro Plus® foi eficiente na quantificação dos parâmetros necessários ao estudo, de forma rápida e precisa, representando nova perspectiva de uso em estudos de análise de imagens de sementes. Este resultado é particularmente interessante, pois até o presente momento os trabalhos nessa linha de pesquisa eram realizados com base na análise visual das imagens e a mensuração das áreas livres no interior das sementes era feita de forma subjetiva, o que pode conduzir a erros, ou então com o *software* Tomato Analyzer, porém este é mais viável para sementes que não possuem endosperma.

Para ambos cultivares de sementes de tomate, na maioria dos lotes, a área de cavidade interna das sementes preenchida pelo embrião e endosperma foi superior a 98%,

em relação à área total da semente, mais de 70 e 80% das sementes, respectivamente, não possuíam danos, o que revelou a eficiência dos processos de produção e beneficiamento.

A análise das imagens de raios X permitiu a visualização de danos, os quais não são passíveis de identificação à olho nu, portanto não detectáveis na maioria dos testes utilizados para avaliar o potencial fisiológico de sementes, constituindo-se em técnica importante para análise da qualidade de sementes.

A presença de danos nas sementes, de forma geral, afetou a germinação, sendo que mesmo as sementes com maior área de preenchimento pelo embrião e endosperma tiveram redução de seu desempenho quando possuíam algum dano, como mal formação ou manchas escuras causadas por deterioração; porém, em alguns casos os danos não foram severos a ponto de afetar a germinação das sementes.

A possibilidade de utilizar a técnica de análise de imagens radiográficas de sementes em Unidades de Beneficiamento de Sementes, poderá, no futuro, agilizar o processo e reduzir custos, pelo descarte de sementes antes do processamento; além disso, este tipo de análise permite avaliar o efeito de tratamentos como o condicionamento fisiológico, que alteram a morfologia da semente, caracterização da morfologia de sementes de espécies ainda não estudadas, avaliação da embebição em sementes, relacionando a absorção de água com o aumento do volume das sementes, estudo da densidade dos tecidos das sementes e sua influência no potencial fisiológico, entre outros. Empresas produtoras de sementes na Europa já utilizam o teste de raios X, que futuramente poderá tornar-se realidade no Brasil, considerando que o setor de Horticultura cresce a cada ano e o nível de exigência dos produtores e consumidores também.

Considerando-se sementes sem danos, a maior área de preenchimento pelo embrião e endosperma nem sempre garantiu maior capacidade germinativa, sendo que para as sementes de tomate dos cultivares Santa Clara e Mariana, somente quatro lotes (1, 2, 3 e 6) e dois lotes (3 e 4), respectivamente, tiveram maior germinação das sementes com menor espaço livre.

Para sementes de berinjela, a área interna da semente ocupada pelo embrião e endosperma foi superior a 97% na maioria dos lotes. O percentual de danos foi muito baixo, optando-se por considerar somente a área da semente como foco da discussão e relatar os casos isolados de danos. Para a maioria dos lotes, mais de 60% das sementes agruparam-se na categoria de maior área de preenchimento (categoria 3). O aumento dessa área, de maneira geral, não resultou no aumento da germinação.

2.4 Conclusão

A análise de raios X permite a visualização clara das partes componentes das sementes de tomate e de berinjela e, assim, possibilita o estudo da relação entre a morfologia e a germinação.

Para sementes de tomate e de berinjela a presença de maior área ocupada pelo embrião e endosperma não favoreceu a germinação.

A presença de danos nas sementes pode afetar a germinação, dependendo da extensão destes e de sua localização.

Referências

ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M. Avaliação da qualidade de sementes de sucupira preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth) pelo teste de raios X. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1713-1718, 2008.

AMARAL, J.B.; MARTINS, L. FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J. Teste de raios X para avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê roxo**. Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 601 - 607, 2011.

BATTISTI, A.; CANTINI, R.; FECI, E.; FRIGIMELICA, G.; GUIDO, M.; ROQUES, A. Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus sempervirens* L. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, p. 729-738, 2000.

BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; VAN DER BURG, W.J.. Non destructive X-ray of Arabidopsis embryo mutants**. Seed Science Research**, Wallingford, v.3, p. 167- 170, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. **Regras Brasileiras para análise de sementes**. Brasília, SDA/Mapa/ACS. 399p.

CARVALHO, M.L.M.; VAN AELST, A.C.; VAN ECK, J.W.; HOEKSTRA, F.A. Pre-harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analyses: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, p. 227-236, 1999.

CARVALHO, M.L.M.; SILVA, C.D.; OLIVEIRA, L.M.; SILVA, D.G.;CALDEIRA, C.M. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de abóbora. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n.2, p. 221-227, 2009.

CARVALHO, M.L.M.; ALVES, R.A.; OLIVEIRA, L.M. radiographic analysis in castor bean seeds (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p.170-175, 2010.

CICERO, S.M.; VAN DER HEIJDEN, G.W.A.M.; VAN DER BURG, W.J.; BINO, R.J. 1998. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.26, p. 603-612, 1998.

CICERO, S.M.; BANZATTO JUNIOR, H.L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n.1, p. 29-36, 2003. CRAVIOTTO, R.M.;

YOLDJIAN, A.M.; SALINAS, A.R.; ARANGO, M.R.; BISARO, V.; MATURO, H. Description of pure seed fraction of oat through usual evaluations and radiographic images. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1183-1188, 2002.

DELL'AQUILA, A. Pepper seed germination assessed by combined X-radiography and computer-aided imaging analyses. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 51, p. 777-781, 2007.

DIAS, D.C.F.S., RIBEIRO, F.P., DIAS, L.A.S., SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, p. 691-699, 2006.

DOWNIE, B.; GURUSINGHE, S.; BRADFORD, K.J. Internal anatomy of individual tomato seeds: relationship to abscisic acid and germination physiology. **Seed Science Research,** Wallingford, v. 9, p. 117–128, 1999.

FACCION, C.F.; OLIVEIRA, J.A.; BÁRBARA, C.N.V.; SILVA, H.P. Avaliação de danos mecânicos através de raios X em sementes de feijão armazenadas. In: XVII Congresso Brasileiro de Sementes, Natal, **Informativo Abrates**, Natal, v.21, n.2, ago 2011.

FEITOSA, S.S.; DAVIDE, A.C.; TONETTI, O.A.O.; FABRICANTE, J.R.; LUI, J.J. Estudos de viabilidade de sementes de candeia (*Eremanthus erythropappus* (dc.) macleish) por meio de testes de germinação e raios X. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 393-399, 2009.

FERRAZ, E. Produção de sementes de tomate. In:CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS,9., 2009. Petrolina Anais... ago. Petrolina, 2009. p1-20.

FLOR, E.P.O.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n.1, p.68-76, 2004.

GAGLIARDI, B.; MARCOS FILHO, J. Relationship between germination and bell pepper seed structure assessed by the X-ray test. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.4, p.411-416, 2011.

GIRARDIN, P.; CHAVAGNAT, A.; BOCKSTALLER, C. Détermination des caractéristiques des semences de maïs grâce à la radigraphie aux rayons X. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, p. 545–551, 1993.

GOMES JUNIOR, F.C. **Injúrias mecânicas em sementes de milho doce**. 2009. 129p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOMES JUNIOR, F.G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 3,p33-39, 2010.

GOMES JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M. X -Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 78 - 85, 2012.

GOODMAN, R.C.; JACOBS, D.F.; KARRFALT, R.P.. Evaluating desiccation sensitivity of Quercus rubra acorns using X-ray. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 35, p. 2823-2831, 2005.

GROOT, S.P.C.;KIELISZEWSKA-ROKICKA, B., VERMEER, E.; KARSSEN, C.M. Gibberellin-induced hydrolysis of endosperm cell walls in gibberellin-deficient tomato seeds prior to radicle protrusion. **Planta**, Berlin, v. 174, p. 500-504, 1988.

HILHORST, H.W.M.; GROOT, S.P.C.; BINO, R.J. The tomato seed as a model system to study seed development and germination. **Acta Botanica Neederlandica**, Amsterdam, v. 47, n.2, p. 169-183, 1999.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION [ISTA]. Regras internacionais para análise de sementes. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 24: Suplemento, 1996.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION [ISTA]. Regras internacionais para análise de sementes. **Seed Science and Technology**, Zurich, 174p. 2004.

KOBORI, N.N.; CICERO, S.M.; MEDINA, P.F. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1 p. 125 - 133, 2012.

LIU, Y.; VAN DER BURG, W.J.; AARTSE, J.W.; VAN ZWOL, R.A.; JALINK, H.; BINO, R.J. X-ray studies on changes in embryo and endosperm morphology during

priming and imbibition of tomato seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.3, n.3, p.171-178, 1993.

LUZ, R.P.; CARVALHO, B.O.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; FERREIRA, V.F. Uso da técnica de raios X no estudo da morfologia interna e da qualidade de sementes de girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES,17., Natal. 2011. **Informativo Abrates**, Natal, v.21, n.2, ago 2011.

MACHADO, C.F.; CICERO, S.M. Aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. Anacardiaceae) seed quality evaluation by the X-ray test. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.393-397, 2003.

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

MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F.G.; BENNETT, M.A.; WELLS, A.A.; STIEVE, S. Using Tomato Analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 146-153, 2010.

MARTINS, L.; CURSI, P.R.; SOKOLOWSKI, F.; GOMES JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J. Viabilidade de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell) utilizando teste de raios X. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., 2011. Natal, **Informativo Abrates**, v.21, n.2, ago 2011.

MASSETO, T.E.; DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A.; FARIA, J.R.M. Avaliação da qualidade de sementes de *Eugenia pleurantha* (myrtaceae) pelo teste de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p.151-155, 2007.

MASSETO, T.E.; FARIA, J.M.R.; QUEIROZ, S.E.E. Avaliação da qualidade de sementes de cedro (*Cedrela fissilis*) pelo teste de raios X. **Ciência e agrotecnologia,** Lavras, v. 32, n. 6, p. 1708-1712, 2008.

MELO, P.R.B.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, B.O. Aplicação do teste de raios X no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica de aquênios de Arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.*)*. **Revista Brasileira de Sementes**, Piracicaba, v. 31, n. 2, p.146-154, 2009.

MENEZES, N.L.; CICERO, S.M.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTO, R.P. Using X rays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n.1, p. 70 - 77, 2012.

MO, B.; BEWLEY, J.D. The relationship between b-mannosidase and endo-b-mannanase activities in tomato seeds during and following germination: a comparison of seed populations and individual seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 392, p. 2503-2510, 2003.

MOHAMMADI; H.; SOLTANI, A.; SADEGHIPOUR, H.R.; ZEINALI, E. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean**.** **International Journal of Plant Production**,Gorgan, v. 5, n.1, p.65-70, 2011.

NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, H.O.; PEREIRA, E.M.; CARVALHO, M.L.M.; DUTRA, S.M.F.; VON PINHO, E.V.R. Utilização de testes de raios X na avaliação da qualidade de sementes de pimenta Habanero. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., 2011. Natal**, Informativo Abrates**, Natal, v.21, n.2, ago 2011.

NASSIF, D.S.P.; CICERO, S.M. Avaliação de sementes de acerola por meio de raios X. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 542-545, 2006.

NOMAGUCHI M, NONOGAKI H, MOROHASHI Y. Development of galactomannan-hydrolyzing activity in the micropylar endosperm tip of tomato seed prior to germination. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, p. 105-109, 1995.

NONOGAKI, H.; NOMAGUCHI, M.; OKUMOTO, N.; KANEKO, Y.; MATSUSHIMA, H.; MOROHASHI, Y. Temporal and spatial pattern of the biochemical activation of the endosperm during and following imbibition of tomato seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 102, p. 236–242, 1998.

NONOGAKI, H. Seed germination – The Biochemical and molecular mechanisms. **Breeding Science**, Tokyo, v. 56, p. 93-105, 2006.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G.W.; BEWLEY, J.D. Germination—Still a mystery. **Plant Science,** Limerick**,** v. 179, p. 574–581, 2010.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.LM.; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n.1, p.116-120, 2003.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; MASETTO, T.E. Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley pelo teste de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.2, p.138 – 143, 2004.

PARMEJIANI, R.S.; YAGUSHI, J.T.; GOMES JUNIOR, F.J. Testes de hipoclorito de sódio e raios X para avaliação da ocorrência de injúrias mecânicas em sementes de soja. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., 2011 Natal, **Informativo Abrates**, Natal, , v.21, n.2, ago 2011.

PIJLEN, V. J.G.; KRAAK, H.L., BINO, R.J.; VOS, C.H.R. Effects of aging and osmopriming on germination characteristics and chromosome aberrations of tomato seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.23, p. 823-830, 1995.

PINTO, T.L.F.; CICERO, S.M.; FORTI, V. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja utilizando a técnica da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 31-38, 2007.

PINTO, T.L.F.; MARCOS FILHO, J.; FORTI, V.A.; CARVALHO, C.de; GOMES JUNIOR, F.G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p.195-2001, 2009.

PUPIM, T.L.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios x para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p.28-32, 2008.

RAJJOU, L.; DEBEAUJON, I. Seed longevity: Survival and maintenance of high germination
ability of dry seeds. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 331, p. 796-805, 2008.

ROCHA, C.R.M.; CICERO, S.M. Utilização do teste de raios X para avaliação da morfologia interna de sementes de girassol. CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., Natal, **Informativo Abrates**, v.21, n.2, ago 2011.

SAHLEN, K.; BERGSTEN, U.; WIKLUND, K. Determination of viable and dead Scots pine seeds of different anatomical maturity after freezing using IDX method. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, p. 405-414, 1995.

SANTANA, B.A.; CHAMMA, H.M.C.P.; GOMES JUNIOR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Teste de raios X para avaliação da morfologia interna de sementes de corda de viola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES,17., Natal, **Informativo Abrates**, Natal, , v.21, n.2, ago 2011.

SANTOS, S.A.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; MACHADO, J.C.; BORÉM, F.M.; GOMES, V.M.; TONETTI, O.A.O. X-ray technique application in evaluating the quality of papaya seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 37, p. 776-780, 2009.

SILVA, D.G.; CALDEIRA, C.M. CARVALHO, M.L.M.; OLIVEIRA, L.M.; KATAOKA, V.Y.; SOUZA,L.A. Avaliação da qualidade de sementes de mamona pelo teste de raios X. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008. Disponível em:http://www.cbmamona.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=83&Itemid=90

SILVA, S.A.; MARCOS FILHO, J.; KRZYZANOWSKY, F.C. Análise computadorizada de imagens para avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., Natal, **Informativo Abrates**, Natal, v.21, n.2,ago 2011.

SIMAK, M.; GUSTAFSSON, A. X-ray photography and sensitivity in forest three species. **Hereditas**, Lund, v.39, p. 458-468, 1953.

SOCOLOWSKI, F.; CICERO, S.M. Caracterização morfológica de embriões por imagens de raios x e relação com a massa e a qualidade fisiológica de sementes de *Tecoma stans* L. juss. ex kunth (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n.2, p.200-208, 2008.

SOUZA, L.A.; REIS, D.N.; SANTOS, J.P.; DAVIDE, A.C. Uso de raios-x na avaliação da qualidade de sementes de *Platypodium elegans* Vog. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 343-347, 2008.

STILL D.W.;BRADFORD K.J. Endo-b-mannanase activity from individual tomato endosperm caps and radicle tips in relation to germination rates. **Plant Physiology**, Rockville, v.113, p. 21–29, 1997.

TOOROP P.E.;BEWLEY J.D.;HILHORST, H.W.M. Endo-bendomannanase in the control of tomato seed germination mannanase isoforms are present in the endosperm and embryo of tomato seeds, but are not essentially linked to the completion of germination. **Planta**, Berlin, v. 200, 153–158, 1996.

VALDES, V.M.; GRAY, D. The influence of stage of fruit maturation on seed quality in tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten). **Seed Science and Technology**, Zurich, v.26, n.2, p.309- 318, 1998.

VAN DER BURG, W.J.; AARTSE, J.W.; VAN ZWOL, R.A.; JALINK, H.; BINO, F.J.. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analyses of seeds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, p. 258-263, 1994.

VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; NAVEIRA, D.S.P.C.; ROCHA, F.B.; BHERING, M.C. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p.87-93, dec., 2006.

VILLELA, F.A. Secagem de sementes de hortaliças. In: **CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS**, 11., 2011. Porto Alegre, 2011. 1 CD-ROM.

YAGUSHI , J.T.; GOMES JUNIOR, F.G.; NOVEMBRE, A.D.L.C. Software Tomato Analyzer para a avaliação da ocorrência de alterações da área embrionária de sementes de melancia durante o armazenamento. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES,17., 2011 Natal, **Informativo Abrates**,Natal , v.21, n.2, ago 2011.

3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE TOMATE E DE BERINJELA POR MEIO DE ANÁLISE COMPUTADORIZADA DE PLÂNTULAS

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de utilização do sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas SVIS (*Seed Vigour Image System*) para detectar diferenças de vigor entre lotes de sementes de tomate e de berinjela em comparação as informações fornecidas por testes de vigor tradicionalmente utilizados. Dez lotes de sementes de tomate dos cultivares Santa Clara e Mariana e dez lotes de sementes de berinjela cultivar Embu foram armazenados por 12 meses em sala com ambiente controlado a 20±1°C e 45-50% de umidade relativa do ar. O teor de água das sementes foi monitorado e o potencial fisiológico avaliado aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses após o armazenamento, com os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado (tradicional e com solução salina saturada), condutividade elétrica, emergência de plântulas e com o sistema de análise computadorizada de plântulas SVIS (comprimento de plântulas, índices de vigor, de crescimento e de uniformidade de crescimento). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise computadorizada de plântulas com o *software* SVIS® é eficiente para avaliar o potencial fisiológico de sementes de tomate e de berinjela; a coerência de seus resultados com as informações fornecidas por meio dos testes de vigor tradicionalmente utilizados depende do índice utilizado; de maneira geral, os índices de vigor e de crescimento de plântulas e o comprimento de plântulas são mais eficientes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate. Para sementes de berinjela, todos os índices obtidos na análise via SVIS foram eficientes para separar os lotes em níveis de vigor de forma similar às avaliações rotineiramente utilizadas para essa finalidade.

Palavras chave: *Solanum licopersicum*; *Solanum melongena*; SVIS; Vigor

Abstract

The aim of this work was verify the possibility of computerized seedling image system (SVIS) to detect vigour differences between tomato and eggplant seed lots in compared to traditional vigour tests. Ten tomato seed lots cultivars Santa Clara and Mariana and ten eggplant seed lots, cultivar Embu, were stored for 12 months in a room with controlled environmental conditions at 20±1 °C and 45-50% RH. Seed moisture content was verified and seed physiological potential evaluated at 0, 3, 6, 9 and 12 months after storage, by germination test, first count of germination, accelerated aging (traditional and with saturated salt solution), electrical conductivity, seedling emergence, and with SVIS system (seedling length, vigour index, growth index and uniformity of growth index). A randomized complete design was used with 4 replications. Data were submitted to Tukey test at 5% of probability. Seedling image analysis by SVIS was efficient to evaluate tomato and eggplant seed physiological potential; coincidence on SVIS results and traditional vigour tests results is dependent of each index is used; in general, vigour index, growth index and seedling length are more efficient to evaluate tomato seed vigour;

for eggplant seeds all SVIS indexes are efficient to classify seed lots by vigour as traditional tests.

Keywords: *Solanum licopersicum*; *Solanum melongena*; SVIS; Vigour

3.1 Introdução

A obtenção de mudas de qualidade no processo produtivo de hortaliças é influenciada por vários fatores, sendo um dos principais a qualidade de sementes. A qualidade de sementes é compreendida por quatro componentes: genético, sanitário, físico e fisiológico. O potencial fisiológico pode ser definido como a soma da capacidade germinativa e do vigor da semente. A avaliação deste é fundamental para programas de controle de qualidade, os quais devem dispor de métodos eficientes, de baixo custo e reproduzíveis. Normalmente esta avaliação é feita por meio do teste de germinação e pode ser complementada por testes de vigor, considerando-se que o teste de germinação por ser conduzido em condições ideais de temperatura, umidade, luminosidade e aeração pode superestimar o potencial das sementes. Além disso, lotes de sementes podem possuir capacidade germinativa elevada e semelhante mas diferir no estádio do processo de deterioração e, por consequencia, em sua habilidade de desempenho (MARCOS FILHO et al., 2006).

Os testes de vigor tem sido utilizados principalmente para identificar diferenças associadas ao desempenho de lotes de sementes durante o armazenamento ou após a semeadura, procurando destacar lotes com maior eficiência para o estabelecimento do estande sob ampla variação das condições de ambiente (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Entre os testes de vigor utilizados tradicionalmente, alguns baseiam-se em determinações da velocidade e da uniformidade de crescimento de plântulas ou em medições manuais de partes das mesmas. Muitos testes de vigor são executados manualmente e dessa forma apresentam ao menos duas limitações: os resultados podem variar entre laboratórios por causa da natureza subjetiva da maioria dos testes e muitos destes levam tempo excessivo para a aquisição dos resultados. A automatização destas análises pelo uso de processamento computadorizado de imagens pode eliminar as dificuldades descritas anteriormente (HOFFMASTER, 2003).

Ao longo dos anos vários sistemas de análise de imagens de plântulas veem sendo propostos para análise de sementes. Um dos primeiros sistemas relatados na literatura para

esta finalidade foi desenvolvido por Keys (1982) e melhorado por Keys, Margapuram e Reusche (1984); este sistema utilizava um microcomputador conectado à um paquímetro, o qual fazia as mensurações do comprimento das plântulas e um botão acionado manualmente realizava a transferência dos dados para o computador. Os autores concluíram que o uso deste sistema, comparado à análise manual, resultou em economia de 50% de tempo. Para auxiliar na análise do material armazenado no Sistema Nacional de Germoplasma dos Estados Unidos da América (NPGS), foi desenvolvido um sistema automatizado que mensurava o tamanho das raízes durante o período de germinação de sementes de alface e sorgo; este era composto por uma câmara de germinação e uma câmera fotográfica acoplada, a qual fotografava o material durante 30 segundos, de hora em hora; as imagens eram armazenadas no disco rígido do computador para posterior análise. Para calibrar o sistema foram utilizados dois pinos colocados sobre o papel de germinação e entre eles havia uma distância conhecida e com base nesta era calculado o tamanho das raízes das plântulas, resultados estes que foram comparados com avaliações manuais e a média de erro foi de 0.13 cm para alface e 0.07 cm para sorgo (HOWART; STANWOOD, 1993).

Nesta linha de pesquisa, McCormac et al. (1990) demonstraram a viabilidade do uso de um sistema automático para a determinação do vigor de sementes de couve-flor, mediante a avaliação individual do comprimento da raiz primária de plântulas.

Mais recentemente, para avaliação do vigor de sementes baseado no crescimento de plântulas, Sako et al. (2001) desenvolveram, na Ohio State University/EUA, um sistema automatizado para avaliação do vigor de sementes de alface, denominado *Seed Vigor Imaging System* (SVIS); para tanto, trabalharam com plântulas escaneadas, cujas partes eram identificadas e marcadas por *software* específico. Após o processamento das imagens em computador, obtiveram, simultaneamente, dados referentes ao comprimento da raiz primária, do hipocótilo e da plântula toda, além da relação raiz/hipocótilo e parâmetros baseados na velocidade e uniformidade de crescimento. Este tipo de análise vem possibilitando a determinação do vigor de sementes de outras espécies como trigo (SILVA; MARCOS FILHO; KRZYZANOWSKY, 2011), algodão (ALVARENGA; MARCOS FILHO, 2011), girassol (ROCHA; CICERO, 2011), pepino (CHIQUITO, 2011), mamona (KOBORI et al., 2010), amendoim (MARCHI; CICERO; GOMES JUNIOR, 2011), soja (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), milho (OTONI; McDONALD, 2005), melão (MARCOS FILHO et al., 2006) e a avaliação do efeito do condicionamento fisiológico em sementes de milho doce (GOMES JUNIOR et al., 2009). O método consiste na captação de

imagens digitais múltiplas, em escaner, de plântulas com três a quatro dias de idade; em seguida as imagens são processadas em computador, gerando valores numéricos que, coletivamente representam o potencial fisiológico das sementes, com base em parâmetros preestabelecidos. O sistema permite efetuar a análise relativamente rápida de plântulas (geralmente menos de 60 segundos para a avaliação de 50 plântulas em um rolo de papel toalha), representando economia significativa de tempo, em comparação a maioria dos testes para avaliação rotineira da qualidade das sementes (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Os dados incluem índices de vigor, de crescimento, de uniformidade de crescimento e de comprimento de plântula (SAKO et al., 2001). Os valores do índice de vigor são baseados na rapidez e uniformidade de desenvolvimento das plântulas da amostra, em relação ao máximo valor estimado para plântulas com a idade pré-estabelecida na programação do *software*. Por outro lado, a uniformidade é determinada com base nos desvios do comprimento de cada plântula, em relação àquele máximo desenvolvimento estimado; a informação desse valor deve ser fornecida ao programa antes de se proceder a análise das plântulas escaneadas. Assim, após o processamento das imagens, o *software* gera automaticamente valores numéricos referentes ao índice de vigor (valores de 0 a 1000, diretamente proporcionais ao vigor) e à uniformidade de crescimento (também de 0 a 1000).

Não existem pesquisas até o momento sobre o uso desta técnica para a avaliação da qualidade de sementes de tomate e de berinjela, portanto o objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de utilização do sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas SVIS (*Seed Vigour Image System*) para detectar diferenças de vigor entre lotes de sementes destas espécies em comparação com as informações fornecidas por testes de vigor tradicionalmente utilizados.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Material e métodos

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes e no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP. Foram utilizadas sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana e de berinjela cultivar Embu representadas por 10 lotes cada. As sementes quando recebidas estavam armazenadas em latas de alumínio hermeticamente fechadas. As sementes de tomate cultivar Santa Clara e de berinjela estavam tratadas com o fungicida Thiram, já as sementes de tomate do cultivar Mariana não estavam tratadas com fungicida e

permaneceram sem tratamento ao longo de toda a pesquisa. Após o recebimento foi verificado o teor de água das sementes e estas foram transferidas para embalagens de alumínio, individualizadas em 4 repetições para cada época experimental, as quais foram fechadas em Selador Scarceli TI-400. As embalagens foram armazenadas em sala com ambiente controlado a 20±1°C e 45-50% de umidade relativa do ar. As sementes de tomate do cultivar Mariana foram armazenadas e avaliadas um mês após as do cultivar Santa Clara, para facilitar a condução da pesquisa, devido ao grande número de lotes e de testes utilizados.

A caracterização do potencial fisiológico das sementes foi realizada por meio dos testes discriminados a seguir.

Teor de água: utilizou-se o método da estufa, a 105±3ºC, por 24 horas com duas amostras de sementes de 1,0g para cada lote e os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida) (BRASIL, 2009).

Germinação e primeira contagem de germinação: quatro repetições de 50 sementes para cada lote foram distribuídas sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa seca do substrato, no interior de caixas plásticas (110x110x35mm) e expostas a 20/30°C com 8 horas de luz e 16 horas de escuro. As avaliações foram realizadas aos 5 e 7 (primeira contagem para tomate e berinjela, respectivamente) e 14 dias após a semeadura de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais para cada lote.

Envelhecimento acelerado tradicional (EAT): uma camada de sementes foi distribuída sobre tela metálica acoplada a uma caixa plástica (110x110x35mm) contendo 40 ml de água destilada no fundo. Cada caixa foi tampada e exposta à 41°C por 48 horas em incubadora BOD; em seguida foi determinado o teor de água das sementes e realizado teste de germinação, sendo as plântulas avaliadas após cinco dias (AOSA, 1983; MARCOS FILHO, 1999).

Envelhecimento acelerado com solução salina saturada (EASS): realizado de forma semelhante ao procedimento tradicional, porém utilizando 40 ml de solução saturada de NaCl em substituição à água (JIANHUA e McDONALD, 1996).

C**ondutividade elétrica:** quatro repetições de 25 sementes de tomate para cada lote foram pesadas e, em seguida, imersas em 75 ml de água destilada onde permaneceram por 24 horas a 25ºC (ISTA, 1995). Para análise das sementes de berinjela foi utilizada metodologia semelhante diferindo no volume de embebição que foi de 25 ml e o tempo de 6 horas

(NOVEMBRE et al, 2002). A leitura da condutividade elétrica da solução foi realizada em condutivímetro da marca DIGIMED, modelo DM-31. Os valores das leituras foram divididos pela massa das sementes e os resultados expressos em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de semente.

E**mergência de plântulas**: quatro repetições de 50 sementes por lote foram semeadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial próprio para produção de mudas de olerícolas (Plantmax). Aos 14 dias após a semeadura foi realizada a contagem de plântulas emersas (RODO, 1997).

Análise computadorizada de plântulas por meio do software SVIS: inicialmente foram realizados testes preliminares para verificação da metodologia mais adequada para a obtenção das plântulas para esta análise. Foram testados os períodos de 3, 4 e 5 dias a 20-30°C ou 25°C, em rolos de papel toalha ou sobre papel em caixa plástica (110x110x35mm), em presença e ausência de luz. O uso de 20-30°C, rolos de papel e ausência de luz por 4 dias para tomate e 5 dias para berinjela foram as melhores condições para a obtenção de plântulas com tamanho adequado para esta avaliação, ou seja, tamanho suficiente para o 'software' analisar e no menor período de tempo possível, pois um dos objetivos deste teste é a rapidez na obtenção dos resultados. Exemplos de plântulas nos testes preliminares podem ser visualizados na Figura 3.1

Portanto, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes as quais foram colocadas sobre papel toalha umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel, mantidas em germinador, no escuro, a 20-30ºC por 4 dias para tomate e 5 dias para berinjela. Em seguida as plântulas foram transferidas do papel-toalha para uma folha de cartolina com coloração preta com 30 cm x 22 cm (correspondente ao tamanho da área útil atingida pelo escaner). As imagens das plântulas foram obtidas por meio do uso de escaner modelo HP Scanjet 2004, montado de maneira invertida no interior de uma caixa de alumínio com 60 cm x 50 cm x 12 cm, operado por *software* Photosmart, com resolução de 100 dpi. Em seguida as imagens foram analisadas com o uso do *software* SVIS (Seed Vigor Image System) instalado em computador Pentium IV, com CPU de 2,0 GHz, 768 MB RAM e HD de 40 Gb, operado por sistema Windows XP Profissional. Nessa análise, o eixo raiz/hipocótilo de cada plântula foi marcado, pelo próprio programa, em vermelho (Figura 3.2); no entanto foram necessárias correções manuais para partes das plântulas que não foram marcadas, realizadas com auxílio do "mouse". Após a análise e a avaliação de cada plântula, o *software* SVIS forneceu os valores para os índices de vigor (IV), de crescimento (IC), de uniformidade de crescimento de plântulas (IUC) e de comprimento de plântula (CP). Os valores dos índices de vigor e de uniformidade variam

de 0 a 1000 e são diretamente proporcionais ao vigor da amostra de sementes. Esses valores foram baseados na rapidez e uniformidade de desenvolvimento das plântulas da amostra, parâmetros esses estabelecidos na programação do *software* (HOFFMASTER et al., 2003). A uniformidade é estabelecida em função do desvio em relação ao desenvolvimento padrão de plântulas com 4 e 5 dias (tomate e berinjela, respectivamente) após instalação do teste. Os dados de comprimento de plântulas foram fornecidos pelo programa em pixels e após a tabulação dos mesmos foi realizada transformação para cm, considerando-se que um pixel corresponde a 0,02645 cm.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram realizadas 5 épocas de avaliação, aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses após o armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de significância. Além disso, verificou-se o tipo de distribuição dos dados percentuais e aplicou-se o teste de Cochran para verificar se as variâncias apresentavam homogeneidade. Os dados que não apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variância foram transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$. Para facilitar a interpretação dos dados foi utilizada a classificação dos lotes segundo seu desempenho no conjunto de testes aplicados; para cada teste foi atribuída a cada um dos lotes a pontuação resultante do somatório das pontuações positivas ou nulas (número de lotes estatisticamente inferiores) e negativas ou nulas (número de lotes estatisticamente superiores) e o somatório das pontuações (pontuação geral) foi considerado para verificar se haviam diferenças de potencial entre os lotes (CALIARI; SILVA, 2001). Posteriormente, considerando a pontuação geral obtida pelos lotes em cada conjunto de testes, foi identificado o desempenho médio para a distribuição dos lotes em grupos superiores (SM), iguais (M) e inferiores (IM) ao desempenho médio; em seguida, obtidos os números de lotes presentes em grupos idênticos em ambos os conjuntos (A e B) de testes, foi calculada a taxa (%) de coincidência (TC = número de lotes presentes no mesmo grupo x número total de lotes^{-1} x 10^2) proporcionada, pelos critérios de pontuação, para relacionar os dados fornecidos pelos testes de vigor tradicionalmente utilizados e os parâmetros obtidos na análise computadorizada de plântulas.

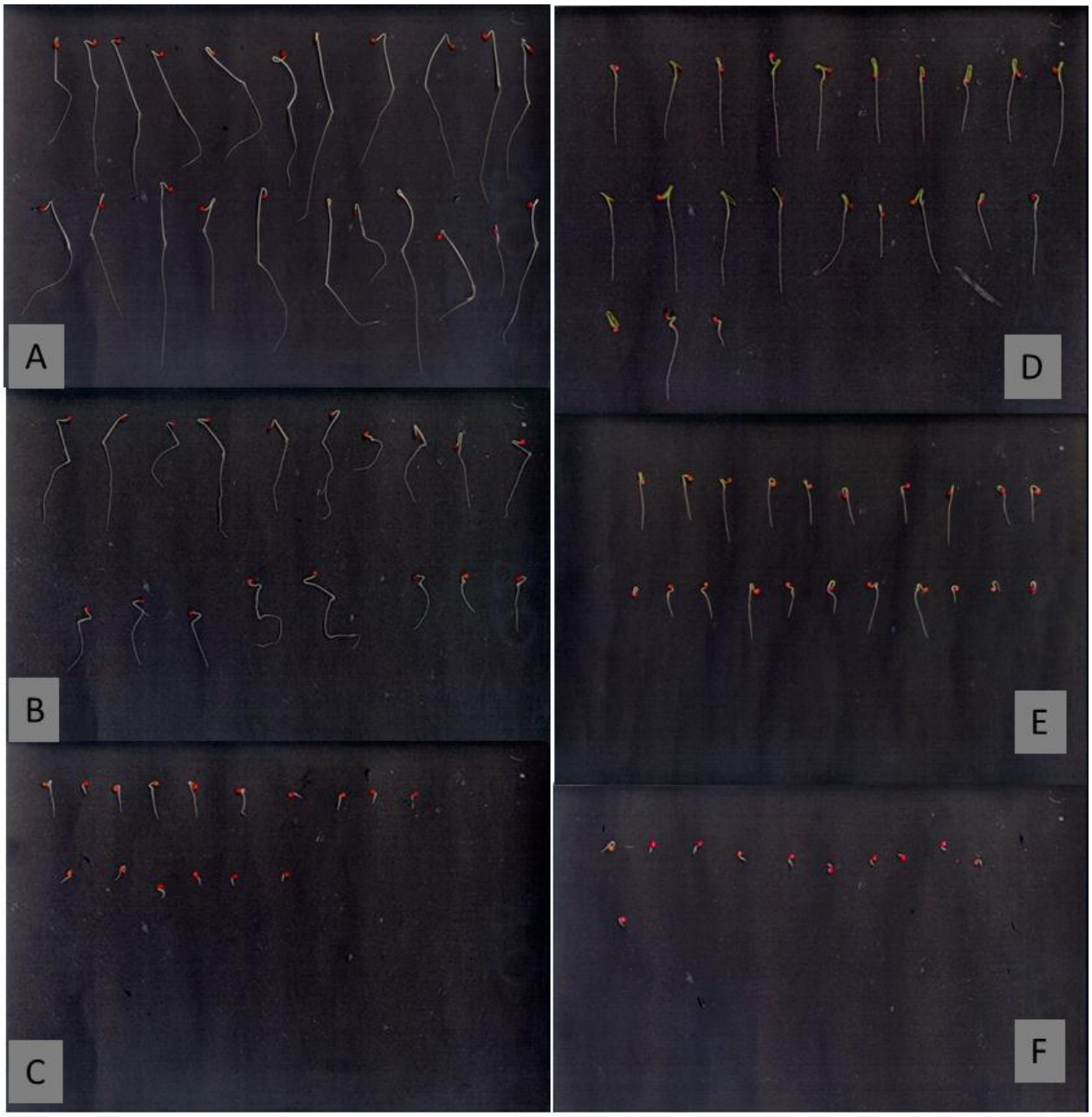


Figura 3–1 - Exemplos de plântulas de tomate Cultivar Santa Clara (A, B e C) e de berinjela (D, E e F), após 5 (A, D), 4 (B, E) e 3 (C, F) dias da instalação do teste de germinação (20-30 °C no escuro)

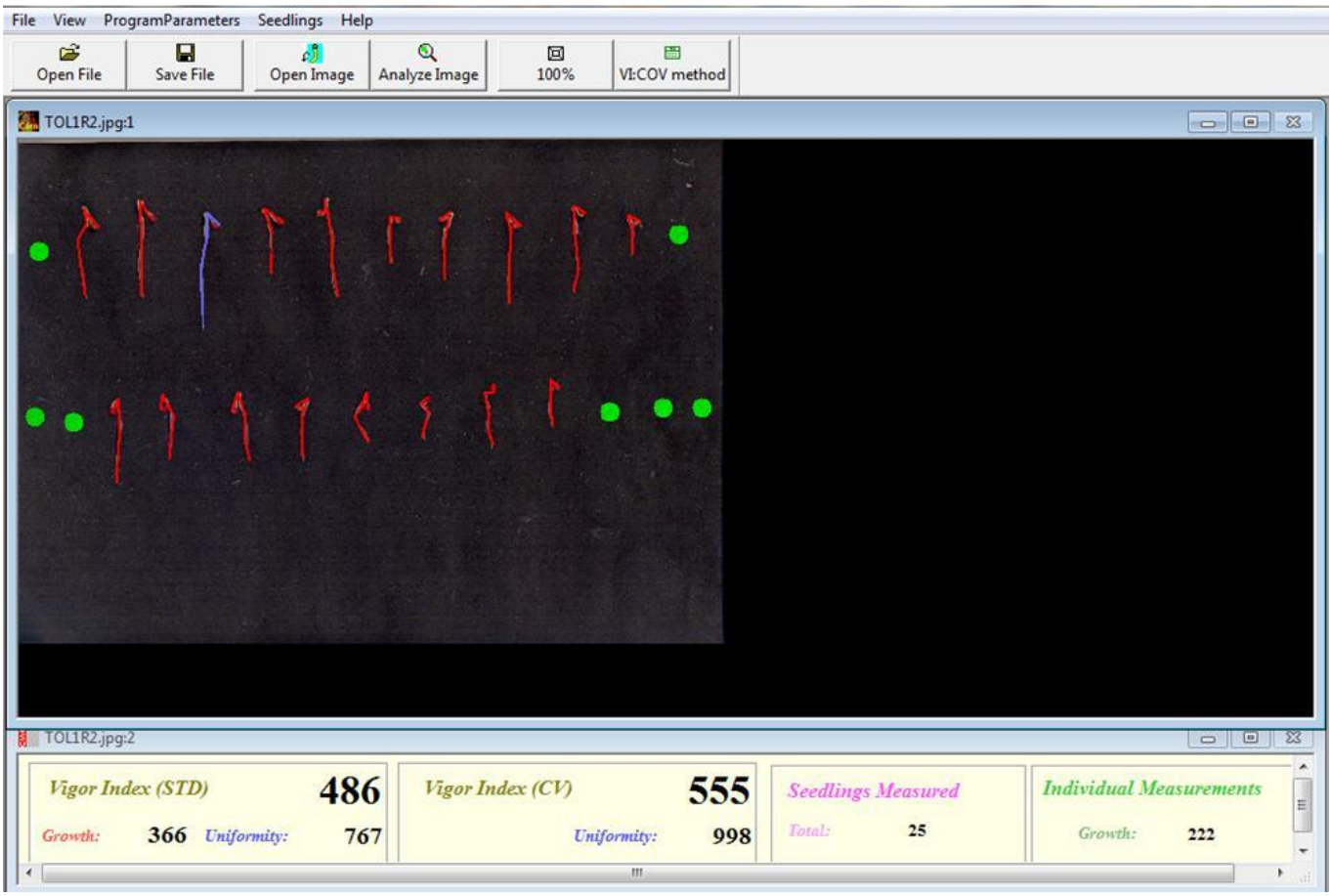


Figura 3–2 - Exemplo de análise computadorizada de plântulas de tomate cultivar Santa Clara no *software* Seedling Vigour Image System (SVIS); marcação em verde indica sementes que não germinaram. Plântula marcada em azul após clicar com o 'mouse' sobre esta e o correspondente valor do comprimento individual em pixels (individual measurements)

3.2.2 Resultados e discussão

3.2.2.1 Tomate

Os dados de caracterização inicial dos lotes de sementes de tomate, cultivares Santa Clara e Mariana, podem ser observados na Tabela 3.1. O teor de água das sementes para os 10 lotes variou entre 6,2 e 7,7% e 8,9 a 9,6% para os cultivares Santa Clara e Mariana, respectivamente. Para a realização de testes de vigor é fundamental que essa variação não seja acentuada, pois desta forma não influenciará os resultados obtidos.

A porcentagem de germinação de sementes de tomate cultivar Santa Clara foi similar para todos os lotes, porém diferenças de vigor foram detectadas pelos demais testes. Lotes com potencial fisiológico distinto podem apresentar germinação semelhante, o que pode ser atribuído à falta de sensibilidade do teste para detectar pequenas diferenças entre lotes, considerando se que a perda da capacidade germinativa é uma das últimas etapas do processo de deterioração de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Além disso, o teste de germinação é conduzido em condições ótimas de luz, temperatura,

aeração, umidade, podendo superestimar o potencial de desempenho das sementes (GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011).

Para o cultivar Mariana, entretanto, o teste de germinação foi capaz de destacar maior potencial dos lotes 2 e 6 em relação ao 8 e 9. Alguns lotes, como 1, 3, 8, 9 e 10, tiveram percentual de plântulas normais menor que 80% (mínimo exigido para comercialização), porém apresentaram bom desempenho nas demais avaliações. Durante o teste de germinação, as sementes permanecem expostas à fatores que contribuem para a redução do potencial fisiológico, como a ação de microrganismos. Neste caso, como as sementes não sofreram tratamento com fungicida, o ataque de microrganismos durante a condução do teste de germinação pode ter contribuído para a redução da porcentagem de plântulas normais.

Os testes de vigor utilizados diferenciaram o potencial dos lotes para ambos cultivares, porém, não houve o mesmo ranqueamento em todas avaliações. Deve-se destacar que o vigor de sementes é reflexo de um conjunto de características que determinam seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas a diferentes condições de ambiente (BHERING et al., 2006); portanto, a reunião destas informações pode tornar mais eficiente a estimativa do comportamento das sementes.

Na primeira contagem de germinação, o lote 8, cultivar Santa Clara, destacou-se em relação os lotes 4 e 9. O uso deste parâmetro permitiu identificar diferenças entre os lotes quanto a velocidade de germinação, o que não foi possível na contagem final do teste e, além disso, revelou menor potencial do lote 4, que apresentou um dos maiores valores na contagem final de germinação. De maneira semelhante à estes resultados, Torres e Minami (2000) verificaram que a primeira contagem de germinação foi eficiente na separação de lotes de sementes de pimentão em níveis de vigor.

Para o cultivar Mariana, houve destaque dos lotes 2 e 7 comparados ao 9 na primeira contagem de germinação; o percentual de plântulas normais não foi muito inferior ao verificado na contagem final do teste, indicando que a velocidade de germinação dos lotes não foi afetada, neste momento, pelo processo de deterioração. Embora tratava-se da primeira época de avaliação, é importante ressaltar que as sementes estão sujeitas ao processo de deterioração a partir do momento que atingem a maturidade fisiológica. A deterioração é um processo determinado por uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, com início a partir da maturidade fisiológica, que ocorre

de maneira progressiva, determinando a queda da qualidade e culminando com a morte da semente (MARCOS FILHO, 2005).

A porcentagem de plântulas normais após o envelhecimento acelerado tradicional foi maior nos lotes 3, 6, 7 e 10 comparado ao 4 e com solução salina saturada no lote 7 em relação ao 3 e 9 (cultivar Santa Clara). Ambas metodologias permitiram verificar diferenças de vigor acentuadas entre os lotes, como por exemplo, diferença de 30% no percentual de germinação, no procedimento tradicional, entre os lotes 10 e 4 e de 32% entre os lotes 7 e 9 no teste com solução salina saturada. Para a maioria dos lotes, o envelhecimento acelerado tradicional proporcionou condições mais estressantes para as sementes, o que reduziu a capacidade germinativa destas em comparação à metodologia alternativa (solução salina saturada). Resultados semelhantes foram descritos por Panobianco e Marcos Filho (2001).

Uma vantagem da utilização de soluções saturadas de sais é que os valores de umidade relativa do ar permanecem em níveis inferiores, suficientes para impedir o crescimento de microrganismos, minimizando, assim, a preocupação com efeitos de patógenos associados às sementes sobre os resultados do teste de envelhecimento acelerado (JIANHUA; McDONALD, 1996).

Para o cultivar Mariana, o envelhecimento acelerado revelou melhor comportamento dos lotes 7 e 8 comparados aos 9 e 10. Os lotes 3, 6, 9 e 10 foram os mais afetados pelas condições de estresse impostas por este teste, pois tiveram as maiores reduções no percentual de plântulas normais comparado aos resultados de germinação.

Na emergência de plântulas, os lotes de sementes do cultivar Santa Clara comportaram-se de maneira semelhante, sendo que somente o lote 3 destacou-se em relação ao 1; para o cultivar Mariana, esta avaliação revelou melhor desempenho dos lotes 2 e 3 em relação a maioria dos lotes.

A emergência de plântulas normalmente é utilizada como parâmetro fundamental na avaliação do vigor de sementes. Segundo Menezes et al. (2007) esse teste ratifica, complementa e auxilia a definir o potencial fisiológico das sementes, pois avalia o desempenho de sementes e lotes em condições variadas de ambiente. Porém, quando realizado em condições favoráveis à espécie estudada, pode não revelar diferenças de vigor, que manifestam-se normalmente em condições de estresse.

Trabalhando com sementes de tomate, Rodo, Tillmann e Villela (1998) verificaram que a época de semeadura influenciou nos resultados; utilizando duas épocas de avaliação, somente em uma foi possível observar diferenças de vigor entre os lotes e atribuíram este

resultado às diferenças nas condições de temperatura e umidade ocorridas nos períodos de avaliação.

No teste de condutividade elétrica, para o cultivar Santa Clara, o lote 6 teve maior potencial fisiológico comparado aos lotes 1, 2, 3 e 10, resultado que relacionou-se com os obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional (maior desempenho do lote 6). O lote 6 foi mais eficiente na reorganização das membranas celulares durante o processo de embebição, tendo menor perda de exsudatos e indiretamente maior vigor. Sementes com menor potencial fisiológico resultante do processo de deterioração tem diminuída sua capacidade de reorganização de membranas celulares, o que proporciona maior perda de solutos para o meio, resultando em redução de seus tecidos de reserva e da velocidade e porcentagem de germinação (PANOBIANCO; VIEIRA; PERECIN, 2007). Estudando metodologias para avaliação de vigor de sementes de tomate, Martins et al. (2006) verificaram que o teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente na classificação dos lotes quanto ao vigor.

Para o cultivar Mariana, o teste de condutividade elétrica somente destacou a inferioridade dos lotes 2 e 7 em relação aos demais (Tabela 3.1). Embora os lotes 2 e 7 não tenham sido mais eficientes que os outros na reorganização de suas membranas celulares, e por isso tiveram maior lixiviação de exsudatos, nas demais avaliações de vigor tiveram bom desempenho, tendo alto percentual de germinação mesmo após o envelhecimento acelerado, que causa aumento da velocidade de deterioração; portanto, esse resultado de condutividade elétrica não refletiu o potencial fisiológico desses lotes.

Ainda, analisando-se os resultados da Tabela 3.1, é possível observar que para a maioria dos lotes do cultivar Mariana, houve maior percentual de emergência de plântulas que de germinação. Comumente ocorre o inverso, pois no teste de germinação as condições utilizadas são ideais para as sementes germinarem, ao contrário do teste de emergência, onde não há controle do ambiente.

No teste de germinação, realizado em laboratório, utilizou-se o substrato rolo de papel que pode propiciar o desenvolvimento de fungos (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993), o que pode não ter ocorrido no substrato utilizado no teste de emergência de plântulas e, além disso, a contaminação de plântula a plântula no papel é facilitada pela proximidade das mesmas (ARAUJO; CASTRO; ROSETTO, 2004), o que não acontece nas bandejas utilizadas no teste de emergência, que possuem células individualizadas.

Diante do exposto, verificou-se que o ranqueamento dos lotes ocorreu de forma distinta em cada teste. Considerando-se que os testes de vigor são baseados em princípios diferentes, é necessário analisar o conjunto de informações, e com isso, segundo Mendonça et al. (2008), diminuir os erros associados à decisão de se aceitar ou rejeitar um lote de sementes para armazenamento ou semeadura.

Como decorrência dessa diversidade nas respostas dos testes de vigor, a comparação entre os lotes adquire complexidade diretamente proporcional ao número de testes aplicados e de lotes a serem comparados (MARTINS; SILVA, 2005). Para facilitar a análise dos dados foi adotada metodologia descrita por Caliari e Silva (2001). Estes autores trabalhando com o tema, aplicaram critérios de interpretação que utilizando comparações em bases estatísticas e não estatísticas permitiram classificações para o desempenho geral de lotes submetidos a vários testes.

Considerando-se a pontuação geral utilizada, observou-se três grupos de lotes, para ambos cultivares, sendo de maior vigor, lotes 6, 7 e 8, intermediários, 5 e 10 e de menor vigor, 1, 3, 4 e 9 para o cultivar Santa Clara e para o cultivar Mariana, os melhores lotes foram 1, 3, 5 e 8, os de comportamento intermediário 4 e 6 e lotes de menor vigor foram 2, 7, 9 e 10 (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate, cultivares Santa Clara e Mariana, primeira época de avaliação

Cultivar Santa Clara															
Lote	TA	G*	P	PC*	P	EAT	P	EASS*	P	EP	P	CE	P	PG
1	6,2	89 A[1]	0	77 AB	0	46 AB	0	61 ABC	0	80 B	-1	241 D	-3	-4
2	6,3	88 A	0	60 AB	0	51 AB	0	72 AB	1	84 AB	0	229 BCD	-1	0
3	6,3	90 A	0	68 AB	0	62 A	1	56 BC	-1	92 A	1	235 CD	-2	-1
4	6,5	91 A	0	59 B	-1	35 B	-4	68 AB	1	90 AB	0	213 ABCD	0	-4
5	6,4	84 A	0	71 AB	0	52 AB	0	65 AB	1	89 AB	0	216 ABCD	0	1
6	7,2	87 A	0	65 AB	0	58 A	1	62 ABC	0	84 AB	0	192 A	4	5
7	7,7	89 A	0	77 AB	0	59 A	1	76 A	2	86 AB	0	218 ABCD	0	3
8	7,6	91 A	0	83 A	2	53 AB	0	76 AB	1	83 AB	0	204 ABC	1	4
9	7,0	86 A	0	59 B	-1	54 AB	0	44 C	-6	81 AB	0	193 AB	3	-4
10	7,5	89 A	0	73 AB	0	65 A	1	74 AB	1	83 AB	0	240 CD	-2	0
CV	-	5,7	-	13,8	-	17,8	-	11,6	-	6,1	-	6,9	-	-

Cultivar Mariana													
Lote	TA	G	P	PC	P	EASS	P	EP	P	CE	P	PG
1	9,0	77 ABC[1]	0	76 AB	0	73 AB	0	90 AB	4	136 A	2	6
2	9,1	86 A	2	82 A	1	79 AB	0	93 A	5	262 C	-9	-1
3	9,6	78 ABC	0	69 AB	0	69 AB	0	92 A	5	154 A	2	7
4	9,6	83 AB	1	76 AB	0	71 AB	0	81 CD	-3	145 A	2	0
5	9,5	81 ABC	0	70 AB	0	74 AB	0	87 ABC	2	139 A	2	4
6	9,0	86 A	2	81 AB	0	66 AB	0	81 CD	-3	133 A	2	1
7	9,1	83 AB	1	82 A	1	85 A	2	82 BCD	2	210 B	-7	-1
8	8,9	74 BC	-2	67 AB	0	85 A	2	88 ABC	2	146 A	2	4
9	9,5	72 C	-4	62 B	-2	63 B	-2	75 D	-5	146 A	2	-11
10	9,4	79 ABC	0	69 AB	0	63 B	-2	78 D	-5	152 A	2	-5
CV(%)	-	4,9	-	10,9	-	9.9	-	3,9	-	6.9	-	-

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. * Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$.

Além das avaliações de vigor já discutidas, a análise computadorizada de plântulas pelo SVIS foi sensível para diferenciar o potencial fisiológico dos lotes de sementes de ambos cultivares de tomate de forma conjunta, entretanto, para o cultivar Mariana apenas o índice de uniformidade de crescimento de plântulas e o comprimento de plântulas atingiram este objetivo (Tabela 3.2).

O índice de vigor dos lotes 3, 6 e 7, cultivar Santa Clara, foi maior que dos lotes 5 e 9, assim como o percentual de plântulas normais após o envelhecimento acelerado tradicional, considerando-se valores absolutos; devido ao maior vigor, os lotes 3, 6 e 7 foram capazes de produzir plântulas uniformes e com crescimento mais rápido em comparação aos lotes 5 e 9, o que resultou em maior índice de vigor, avaliado pela análise computadorizada de plântulas. Além disso, na pontuação geral atribuída aos lotes por seu desempenho no conjunto de avaliações de vigor, os lotes 6 e 7 destacaram-se em relação à maioria dos lotes. Assim como nesta pesquisa, o uso do índice de vigor foi eficiente na avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão (MARCOS FILHO et al., 2006).

Para o cultivar Mariana, o índice de vigor não apontou diferenças entre os lotes; como houve semelhança entre os lotes quanto ao crescimento das plântulas, é compreensível que o índice de vigor tenha falhado na identificação de diferenças entre lotes, pois este índice é calculado pelo *software* SVIS considerando que o vigor é 70% atribuído ao crescimento e 30% à uniformidade de crescimento de plântulas (SAKO et al., 2001). Foram realizados testes preliminares com sementes de tomate do cultivar Santa Clara, nos quais foram testadas todas as combinações possíveis no cálculo do índice de vigor e a relação 70/30 foi a mais eficiente para diferenciar o vigor dos lotes de forma coerente com os testes rotineiramente utilizados, assim como para soja (HOFFMASTER, 2003) e melão (MARCOS FILHO et al. 2006); para o cultivar Mariana foram testadas também outras proporções entre os parâmetros em questão para o cálculo do índice de vigor, os quais também não diferenciaram os lotes; portanto, optou-se utilizar a proporção 70/30 que foi eficiente para o outro cultivar em todos os momentos de análise.

Para o cultivar Santa Clara, o índice de crescimento de plântulas constatou maior vigor nos lotes 3, 6, 7 e 8 comparado ao lote 5, assim como ocorreu no conjunto de testes de vigor rotineiramente utilizados, exceto lote 3, avaliado pela pontuação geral (Tabela 3.1). O uso do crescimento de plântulas foi eficiente para avaliação do vigor de sementes de *Impatiens* (OAKLEY; KESTER; GENEVE, 2004) em um sistema de análise de imagens de plântulas semelhante ao SVIS. Segundo os mesmos autores, a avaliação do crescimento de

plântulas após a germinação pode ser considerada um teste de vigor interessante, porque conta com a premissa de que este parâmetro correlaciona-se com o vigor de sementes e isso pode ser aplicado para sementes pequenas, como grande parte das hortaliças e ornamentais.

Por outro lado, a uniformidade de crescimento de plântulas, que é um dos parâmetros mais importantes para determinação do vigor de sementes (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), não foi tão eficiente quanto os demais índices da análise computadorizada de plântulas para o cultivar Santa Clara, pois só houve identificação apenas do lote de menor potencial fisiológico (9); contudo, para o cultivar Mariana este índice revelou maior potencial do lote 1 comparado aos lotes 2, 4, 7, 9 e 10.

Outro dado fornecido pela análise de imagens de plântulas, o comprimento de plântulas, somente destacou o melhor desempenho do lote 3 comparado ao 9, para o cultivar Santa Clara. O maior potencial fisiológico do lote 3 foi evidenciado nos testes de envelhecimento acelerado tradicional e de emergência de plântulas, embora no conjunto de avaliações esse lote tenha tido comportamento inferior, pois seu desempenho no envelhecimento acelerado com solução salina saturada e na condutividade elétrica foi menor comparado a maioria dos lotes, o que prejudicou a pontuação geral (Tabela 3.1). No entanto, deve-se considerar que no envelhecimento acelerado com solução salina saturada mesmo esse lote obtendo pontuação negativa, seu desempenho não foi diferente do lote 5, por exemplo, lote identificado como superior, pois obteve maior pontuação geral, considerando-se a análise estatística.

Para o cultivar Mariana, o comprimento de plântulas identificou o menor potencial fisiológico do lote 9 (Tabela 3.2), que teve menor velocidade de germinação, verificada na primeira contagem (Tabela 3.1); resultado semelhante foi verificado no envelhecimento acelerado e na emergência de plântulas (Tabela 3.1). Assim como nesta pesquisa, para sementes de soja o comprimento de plântulas avaliado pelo SVIS foi eficiente na caracterização do lote de pior desempenho (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

A análise computadorizada de plântulas, nesta época de avaliação, permitiu identificar diferenças de vigor entre os lotes do cultivar Santa Clara por meio de todos os índices avaliados, sendo que as informações foram coerentes com as obtidas nos testes de vigor comumente utilizados; já para o cultivar Mariana, , nesse momento, somente os índices de uniformidade de crescimento de plântulas e de comprimento de plântulas revelaram diferenças entre os lotes; contudo, é possível que ao longo do armazenamento as diferenças de potencial fisiológico entre os lotes fiquem mais evidentes e os demais índices possam identificá-las.

Tabela 3.2 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IUC) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana, primeira época de avaliação

LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
				Cultivar Santa Clara					
1	599 AB*	0	521 AB	0	781 A	1	4,0 AB	0	1
2	598 AB	0	531 AB	0	754 A	1	3,9 AB	0	1
3	645 A	2	572 A	1	816 A	1	4,7 A	1	5
4	608 AB	0	525 AB	0	803 A	1	4,2 AB	0	1
5	572 B	-3	479 B	-4	791 A	1	3,5 AB	0	-6
6	640 A	2	586 A	1	767 A	1	4,2 AB	0	4
7	642 A	2	566 A	1	779 A	1	4,4 AB	0	4
8	604 AB	0	594 A	1	769 A	1	4,4 AB	0	2
9	554 B	-3	507 AB	0	666 B	-9	2,8 B	-1	-13
10	588 AB	0	517 AB	0	754 A	1	4,2 AB	0	1
CV(%)	4,4	-	6,9	-	4,1	-	18,2	-	-
				Cultivar Mariana					
LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
1	638 A*	0	539 A	0	873 A	5	4,8 A	1	6
2	630 A	0	576 A	0	780 B	-1	4,6 AB	0	-1
3	646 A	0	569 A	0	827 AB	0	4,2 AB	0	0
4	649 A	0	585 A	0	794 B	-1	4,1 AB	0	-1
5	627 A	0	524 A	0	844 AB	0	4,6 AB	0	0
6	633 A	0	560 A	0	824 AB	0	4,6 AB	0	0
7	632 A	0	569 A	0	781 B	-1	4,3 AB	0	-1
8	631 A	0	542 A	0	839 AB	0	4,6 AB	0	0
9	605 A	0	564 A	0	796 B	-1	3,9 B	-1	-2
10	607 A	0	527 A	0	796 B	-1	4,0 AB	0	-1
CV(%)	3,9	-	5,2	-	3,8	-	8,8	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados de germinação e vigor referentes à segunda, terceira, quarta e quinta épocas podem ser visualizados nas Tabelas 3.3 a 3.6, respectivamente.

O teor de água das sementes variou entre 6 a 7% para a maioria das épocas, com exceção da quarta, na qual variou entre 5,1 e 5,9 para o cultivar Santa Clara. Para o cultivar Mariana variou entre 6 e 8%. Embora as sementes tenham sido armazenadas em embalagens de papel aluminizado impermeável, e em sala de ambiente controlado, é possível que alguma falha no controle tenha possibilitado a redução da umidade relativa do ar, e com isso as sementes do cultivar Santa Clara perderam água para o meio, aliado à ineficiência das embalagens em impedir as trocas entre as sementes e o meio externo. Isso não aconteceu para o cultivar Mariana. Cabe destacar, que a primeira época de avaliação do cultivar Mariana foi um mês após a do Santa Clara, e as sementes do cultivar Mariana possuíam teor de água mais elevado no início da pesquisa.

Na Tabela 3.7 é possível observar que na quarta época de avaliação do cultivar Santa Clara, a umidade relativa do ar média no município de Piracicaba foi inferior à ocorrida na época anterior. Embora o valor tenha sido próximo ao da caracterização inicial, na qual as sementes tiveram maior teor de água, deve-se esclarecer que as sementes na primeira época estavam em latas hermeticamente fechadas e a determinação do teor de água foi realizada instantes após a abertura das latas, não havendo tempo hábil para ocorrência de trocas gasosas.

Para sementes do cultivar Santa Clara, a porcentagem de germinação diferenciou os lotes na maioria das épocas, com exceção apenas da quarta época (Tabelas 3.3 a 3.6). Além disso, foi possível observar que os lotes não comportaram-se de mesma forma ao longo do armazenamento; os lotes 9 e 10, por exemplo, tiveram menor potencial fisiológico na segunda época, maior potencial em relação ao lote 6 na terceira época e na quarta época o lote 9 foi inferior ao lote 6. Estes resultados de germinação reforçam a ideia de que o potencial fisiológico de sementes deve ser avaliado por meio de um conjunto de testes, pois o mesmo pode ser compreendido como a soma da capacidade germinativa e do vigor.

A primeira contagem de germinação foi capaz de diferenciar os lotes em todas as épocas de análise. Foi possível, ainda, observar diferenças entre os lotes com esse parâmetro que não foram identificadas na contagem final do teste de germinação, como por exemplo para o lote 4, que em todas as épocas de avaliação teve alto percentual de plântulas normais na contagem final, porém a sua velocidade de germinação foi menor que de outros lotes. Segundo Marcos Filho (1999) um dos problemas da utilização do teste de germinação é que este não permite a diferenciação de lotes quanto a velocidade de germinação, o que pode ser identificado na primeira contagem do teste. Esta informação é importante, pois se considerarmos somente a contagem final do teste de germinação, o lote 4 na segunda época poderia ser visto como de maior potencial, porém quando avalia-se vigor ele não comporta-se desta forma, o que se repetiu nos testes de envelhecimento acelerado.

Para sementes do cultivar Mariana, o teste de germinação revelou diferenças entre os lotes em todas as épocas; porém, é interessante observar que, por exemplo, na segunda época os lotes 3 e 4 embora não tivessem diferenciado do lote 8 na contagem final do teste, tiveram menor desempenho na primeira contagem, tendo 31 e 22% a menos de plântulas normais que o lote 8, respectivamente, o que revela clara diferença de vigor entre estes, que não foi detectada na contagem final do teste de germinação. Contudo, na terceira época, ambas contagens diferenciaram os lotes, mas não houve este tipo de comportamento.

Assim como para o cultivar Santa Clara, as sementes do cultivar Mariana não comportaram-se de mesma forma ao longo do armazenamento. Na segunda época, por exemplo, o lote 8 teve maior potencial que os lotes 5, 6, 9 e 10, mas na terceira época este lote foi inferior aos lotes 4 e 5 (Tabelas 3.11 e 3.12). Como o teor de água das sementes praticamente não foi alterado e as condições utilizadas para a condução do teste foram as mesmas, é possível que a atividade de fungos na terceira época não tenha sido tão intensa como na época anterior, especialmente considerando que a emergência de plântulas na segunda época realizada em condições não controladas de temperatura e umidade relativa do ar, mas com substrato próprio para produção de mudas de hortaliças, foi superior à 80% para a maioria dos lotes e como já foi discutido anteriormente, o substrato papel toalha é propício ao desenvolvimento de microrganismos que afetam a germinação.

Na quinta época, o percentual de germinação foi bem menor que na caracterização inicial, e nenhum lote do cultivar Mariana teve nível aceitável para a comercialização, que é de no mínimo 80% (Tabela 3.6), efeito claro da deterioração avançada das sementes; porém, a maioria dos lotes do cultivar Santa Clara atingiram o padrão mínimo de germinação, mas os testes de vigor revelaram baixo potencial fisiológico destas sementes.

O teste de envelhecimento acelerado com ambas metodologias (tradicional e com solução salina saturada) foi capaz de identificar diferenças de vigor entre os lotes de sementes do cultivar Santa Clara em todas as épocas, assim como para o cultivar Mariana, que foi avaliado somente pelo envelhecimento acelerado com solução salina saturada (Tabelas 3.1 e 3.3 a 3.6).

No envelhecimento acelerado tradicional houve respostas diferentes em cada época de avaliação, quanto a identificação do vigor dos lotes. Para o cultivar Santa Clara, de maneira geral, os lotes 2, 8 e 10 tiveram maior vigor, porém os lotes com comportamento intermediário e menor vigor alternaram entre as épocas, isto é, nem sempre os lotes tiveram classificação semelhante em mais de uma época; embora os lotes sejam constituídos de forma homogênea, sabe-se que as sementes dentro de um lote e até mesmo partes de uma mesma semente, deterioram-se em velocidade diferente (MARCOS FILHO, 2005).

No envelhecimento acelerado com solução salina saturada os lotes 10 e 8, cultivar Santa Clara, foram superiores na segunda e terceira época, respectivamente, o que ocorreu com o lote 7 na quarta e quinta época; para o cultivar Mariana, de forma geral, os lotes 4 e 8 foram mais vigorosos e os demais, em alguns momentos, tiveram vigor médio ou vigor baixo, o que não aconteceu de forma idêntica nas épocas de avaliação, o que também ocorreu para o cultivar Santa Clara.

De forma geral, para a maioria dos lotes, em todas épocas de avaliação, o teste de envelhecimento acelerado tradicional foi mais drástico que o com solução salina saturada, pelas mesmas razões expostas na primeira época.

Para o cultivar Mariana, na segunda época houve redução expressiva no percentual de plântulas normais após o teste de envelhecimento acelerado com solução salina saturada, o que não ocorreu na primeira época. Possivelmente, as sementes neste momento estavam em estádio mais avançado de deterioração, comparado a caracterização inicial dos lotes, sendo que as mesmas foram mais afetadas pela exposição à altas temperaturas e umidade relativa do ar. Quando sementes durante o armazenamento perdem o vigor estas tornam-se mais sensíveis a estresses e por fim tornam-se incapazes de germinar (RAJJOU e DEBEAUJON, 2008). Na terceira época os lotes 9 e 10 foram os mais sensíveis ao envelhecimento.

Na quinta época, todos os lotes tiveram baixo vigor, chegando o lote 6 do cultivar Mariana a ter somente 21% de germinação após o envelhecimento e o lote 3 do cultivar Santa Clara com 30% de plântulas normais após ambos testes de envelhecimento acelerado (Tabela 3.6).

A emergência de plântulas foi capaz de indicar diferenças de potencial fisiológico entre os lotes para todas as épocas de avaliação para o cultivar Santa Clara; na segunda época o lote 5 foi superior ao lote 2 e na terceira época à maioria dos lotes. Na quarta época o lote 5 também teve maior desempenho, porém acompanhado pelos lotes 4 e 7; já na quinta época houve destaque do lote 1 comparado a maioria dos lotes; os demais lotes tiveram vigor médio ou baixo, sendo que isto foi diferente em cada época, como ocorreu nos testes de envelhecimento acelerado.

Para o cultivar Mariana, o percentual de plântulas emersas foi sensível para ranquear os lotes em níveis de vigor na maioria das épocas, com exceção da quarta; no entanto, assim como para o cultivar Santa Clara, a classificação dos lotes ocorreu de forma diferente nas épocas; na segunda época, por exemplo, o lote 1 foi superior aos lotes 6 e 9, no entanto, nas demais épocas esse lote teve vigor médio, o que também ocorreu com o lote 7, que foi superior aos lotes 2 e 10 na terceira época, mas nas demais teve comportamento intermediário; já na quinta época, o lote 2, que teve baixo desempenho na terceira época, foi um dos mais vigorosos, acompanhado pelo lote 5.

Na segunda e terceira épocas, a emergência de plântulas não revelou tantas diferenças entre os lotes quanto os testes de primeira contagem de germinação e de envelhecimento acelerado, além de que na quarta época, não diferenciou os lotes do cultivar Mariana. Cabe destacar que no teste de emergência de plântulas somente a parte aérea da plântula é avaliada,

diferente do teste de germinação, sendo que nestes lotes embora houvesse alto percentual de plântulas emersas, estas poderiam possuir problemas na raiz, que foi o principal tipo de anormalidade verificado na germinação e não serem capazes de produzir mudas úteis para o transplante, lembrando que a contagem neste teste foi realizada aos 14 dias após a semeadura e normalmente a produção de mudas de tomate envolve pelo menos 30 dias.

A condutividade elétrica revelou diferenças de potencial entre os lotes em todas as épocas de avaliação para os dois cultivares; porém, para o cultivar Santa Clara na quarta e quinta épocas de avaliação a maioria dos lotes teve valores de lixiviação muito próximos, sendo que somente os lotes 9 e 10 diferiram dos demais, sendo estes os lotes de pior comportamento; de maneira geral, para o cultivar Santa Clara, os lotes 6, 7 e 8 tiveram menor lixiviação de exsudatos, coincidindo com os resultados da maioria dos testes de vigor e da pontuação geral (Tabelas 3.3 a 3.6). Para o cultivar Mariana, a condutividade elétrica também revelou diferenças entre os lotes em todas as épocas de avaliação, porém, em cada época os lotes comportaram-se de forma diferente, ou seja, nem sempre os lotes com bom desempenho em uma época repetiram o comportamento na outra época e os resultados não foram coerentes com a pontuação geral, exceto na terceira época, na qual os lotes 5, 6 e 7, que tiveram menor lixiviação de exsudatos, foram os que tiveram melhor comportamento no conjunto de avaliações, com maior pontuação geral.

O potencial fisiológico dos lotes foi diferente nas cinco épocas de avaliação e, além disso, na maioria dos casos, nem sempre lotes que tiveram bom desempenho em um momento repetiram esse comportamento nas demais épocas. É provável que o histórico de cada lote tenha contribuído para isso, pois todos os fatores à que as sementes são expostas durante a produção e beneficiamento podem afetar a qualidade das mesmas; alguns lotes, como por exemplo o lote 6 do cultivar Santa Clara, que na primeira época foi superior aos lotes 1, 3, 4 e 9, não repetiu esse comportamento na terceira época, na qual não diferiu dos lotes 1, 4 e 9, que tiveram baixo desempenho; neste caso a classificação do lote 6 mudou porque outros lotes tiveram maior vigor na emergência de plântulas, pois o desempenho deste lote quanto esta característica praticamente não alterou-se, visto que na primeira época teve 83% de plântulas emersas e na terceira época 84%, já outros lotes, tiveram diferenças, como por exemplo o 5, que teve 89% de emergência na primeira época e 96% na terceira época. Nas demais épocas, o lote 6 teve alto desempenho novamente, e outros lotes que foram classificados como intermediários ou de baixo vigor tiveram comportamento diferente. Sabe-se que lotes que iniciam o armazenamento com maior vigor tendem a manter a viabilidade por mais tempo, entretanto, por mais homogêneo que seja o lote, existem variações dentro da

população que podem alterar o comportamento do lote, já que sementes e suas partes envelhecem em taxas diferentes (FERGUSON; TEKRONY; EGLI, 1990).

Outro exemplo é o lote 10, que teve comportamento intermediário na primeira época e superior na segunda, no entanto a partir da terceira época teve menor vigor comparado a maior parte dos lotes; na segunda época, quando este lote foi um dos de maior vigor, isso ocorreu em razão da sua maior velocidade de germinação avaliada pela primeira contagem de germinação e pela maior resistência as condições adversas impostas por ambas metodologias de envelhecimento acelerado; já nas demais épocas, esse lote teve alta lixiviação de exsudatos, avaliada pela condutividade elétrica e baixo percentual de emergência de plântulas, possivelmente fato ligado ao avanço da deterioração das sementes; em contraste, os lotes 7 e 8 tiveram bom desempenho em todas as épocas, sendo que para estes lotes na maioria dos casos houve baixa lixiviação de exsudatos, o que possivelmente foi reflexo da maior velocidade de restruturação das membranas celulares e refletiu-se no seu maior desempenho quanto ao vigor, de forma geral.

Considerando-se o desempenho dos lotes no conjunto de testes, pontuação geral, para o cultivar Santa Clara, de maneira geral, os lotes 7 e 8 destacaram se em relação aos demais e para o cultivar Mariana, os lotes 9 e 10 foram menos vigorosos (Tabelas 3.3 a 3.6).

Tabela 3.3 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate, cultivares Santa Clara e Mariana, segunda época de avaliação

Cultivar Santa Clara														
LOTE	TA	G*		PC*		EA		EASS		EP		CE		PG
1	7,2	88 AB[1]	3	80 A	3	62 BC	0	65 ABCD	0	89 AB	0	241 E	-5	1
2	7,0	83 BC	-2	77 A	3	76 A	8	66 ABCD	0	76 B	-1	210 BCDE	-2	6
3	7,1	81 C	-4	72 ABC	1	58 CD	-1	54 D	-3	85 AB	0	214 CDE	-3	-10
4	6,8	94 A	6	61 D	-7	49 DE	-3	58 BCD	-1	85 AB	0	187 ABC	2	-3
5	6,7	83 BC	-2	65 CD	-4	39 E	-8	59 ABCD	0	90 A	1	194 ABCD	1	-12
6	7,2	85 BC	-2	67 BCD	-3	52 CD	-1	68 AB	4	81 AB	0	158 A	5	3
7	7,1	88 AB	3	72 ABC	1	61 BCD	-1	67 ABC	1	85 AB	0	168 A	5	9
8	7,0	93 A	6	73 ABC	1	56 CD	-1	55 CD	-2	85 AB	0	172 AB	4	8
9	6,5	79 C	-4	75 AB	2	56 CD	-1	55 CD	-2	80 AB	0	226 CDE	-3	-8
10	6,4	79 C	-4	80 A	3	78 A	8	72 A	4	80 AB	0	226 DE	-4	7
CV	-	8,1		9,3		12,5		12,7		9,8		8,0		
Cultivar Mariana														
	TA	G	P	PC	P	EASS	P	EP	P	CE	P	PG		
1	7,9	90 AB[1]	3	81 ABC	4	66 AB	1	93 A	2	116 ABC	2	12		
2	7,8	89 ABC	2	82 AB	5	72 AB	1	89 AB	1	233 E	-9	0		
3	7,9	88 ABC	2	57 F	-7	67 ABC	0	89 AB	1	110 ABC	2	-4		
4	7,8	86 ABC	2	66 DEF	-4	75 A	2	92 AB	1	115 ABC	2	3		
5	7,7	84 BCD	0	64 DE	-4	67 ABC	0	88 AB	1	104 A	4	-1		
6	7,6	82 CD	-2	60 EF	-5	62 BC	-2	84 BC	-1	110 ABC	2	-8		
7	7,6	85 ABC	2	84 AB	5	72 AB	1	91 AB	1	184 D	-8	1		
8	7,5	92 A	4	88 A	6	75 A	2	92 AB	1	107 AB	3	16		
9	7,8	74 E	-8	72 CDE	-2	55 C	-6	77 C	-8	126 C	0	-24		
10	7,5	77 DE	-6	76 BCD	1	68 AB	1	88 AB	1	124 BC	1	-2		
CV(%)	-	5,5		9,1		11,2		5,9		7.8				

[1]Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$

Tabela 3.4 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG), de dez lotes de sementes de tomate, cultivares Santa Clara e Mariana, terceira época de avaliação.

Cultivar Santa Clara														
LOTE	TA	G		PC		EA		EASS*		EP*		CE		PG
1	7,7	77 AB[1]	0	40 B	-2	51 AB	0	66 ABC	0	87 BCD	0	194 E	-5	-7
2	7,7	74 AB	0	44 B	-2	54 AB	0	73 ABC	0	91 BC	1	164 D	-1	-2
3	7,5	73 AB	0	57 AB	0	55 AB	0	75 ABC	0	89 BCD	0	155 CD	0	0
4	7,3	77 AB	0	47 B	-2	60 AB	0	74 ABC	0	90 BC	1	140 CD	0	-1
5	7,1	77 AB	0	48 AB	0	48 B	-1	70 ABC	0	96 A	8	135 BC	3	10
6	7,3	68 B	-2	57 AB	0	55 AB	0	54 C	-2	83 DE	-5	105 A	7	-2
7	7,3	76 AB	0	63 AB	0	48 B	-1	75 ABC	0	90 BC	1	110 AB	6	6
8	7,2	80 AB	0	58 AB	0	49 B	-1	81 A	1	92 AB	3	107 AB	6	9
9	6,5	83 A	1	73 A	3	48 B	-1	57 BC	-1	79 E	-7	274 F	-8	-13
10	6,5	84 A	1	73 A	3	68 A	4	63 ABC	0	85 CDE	-2	290 F	-8	-2
CV		9,3		19,2		13,9		12,0		3,4		6,9		
Cultivar Mariana														
	TA	G	P	PC	P	EASS	P	EP	P	CE	P	PG		
1	8,0	93 AB[1]	2	90 A	2	67 AB	0	90 AB	1	234 D	-9	-4		
2	7,9	93 AB	2	91 A	2	81 A	2	76 BC	-1	219 BC	-2	3		
3	7,9	91 ABC	1	87 AB	1	88 A	2	81 ABC	0	215 BC	-2	2		
4	7,8	94 A	3	90 A	2	76 A	2	90 AB	1	206 C	-3	5		
5	7,6	95 A	3	93 A	2	80 A	2	90 AB	1	103 A	7	15		
6	7,7	93 AB	2	88 AB	1	83 A	2	91 AB	1	103 A	7	13		
7	7,8	90 ABC	1	85 AB	1	85 A	2	94 A	2	107 A	7	13		
8	7,6	81 CD	-5	72 BC	-4	66 AB	0	93 AB	0	205 C	-3	-12		
9	7,9	85 BCD	-2	80 ABC	-4	41 B	-6	89 AB	0	212 C	-3	-15		
10	7,6	78 D	-7	63 C	-7	41 B	-6	64 C	7	151 B	1	-26		
CV(%)	-	5,6	-	7,4	-	11,2	-	8,8	-	4,9	-	-		

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$.

Tabela 3.5 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC),envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG), de dez lotes de sementes de tomate, cultivar Santa Clara, quarta época de avaliação

Cultivar Santa Clara														
LOTE	TA	G		PC*		EA		EASS		EP		CE		PG
1	5,8	86 A[1]	0	79 AB	0	41 AB	0	43 AB	0	83 AB	0	138 A	2	2
2	5,8	85 A	0	77 AB	0	53 A	1	38 B	-1	85 AB	0	134 A	2	2
3	5,9	85 A	0	83 AB	0	46 AB	0	45 AB	0	86 AB	0	136 A	2	2
4	5,7	90 A	0	73 B	-2	37 AB	0	54 AB	0	91 A	1	132 A	2	1
5	5,7	87 A	0	72 B	-2	46 AB	0	55 AB	0	91 A	1	129 A	2	1
6	5,5	86 A	0	81 AB	0	50 AB	0	57 AB	0	86 AB	0	113 A	2	2
7	5,7	87 A	0	85 A	2	45 AB	0	61 A	1	89 A	1	162 A	2	6
8	5,7	84 A	0	80 AB	0	46 AB	0	51 AB	0	85 AB	0	157 A	2	2
9	5,1	85 A	0	83 AB	0	35 B	-1	56 AB	0	84 AB	0	384 B	-6	-7
10	5,4	89 A	0	85 A	2	44 AB	0	58 AB	0	79 B	-3	438 C	-9	-10
CV	-	6,3		5,4		15,7		16,9		4,1		11,1		
Cultivar Mariana														
	TA	G	P	PC	P	EASS	P	EP	P	CE	P	PG		
1	6,9	65 C[1]	-5	41 DE	-4	65 AB	0	92 A	0	78 AB	0	-9		
2	7,2	88 A	2	57 ABC	2	72 AB	0	93 A	0	191 D	-3	1		
3	7,1	83 AB	1	56 ABC	2	70 AB	0	93 A	0	69 AB	0	3		
4	6,7	77 ABC	0	56 CDE	-2	65 AB	0	95 A	0	67 AB	0	-2		
5	6,9	85 A	2	37 E	-5	54 B	-1	92 A	0	69 AB	0	-8		
6	6,8	84 A	2	47 CDE	-2	73 AB	0	93 A	0	61 A	3	3		
7	7,2	81 ABC	0	65 AB	5	64 AB	0	91 A	0	115 C	-1	4		
8	6,9	84 A	2	66 A	6	85 A	1	94 A	0	68 AB	0	9		
9	7,5	73 ABC	0	45 CDE	-2	65 AB	0	88 A	0	86 B	1	-1		
10	6,9	65 BC	-4	53 BCD	0	75 AB	0	90 A	0	80 AB	0	-4		
CV(%)	-	9,4		10,1		15,4		6,5		10,0				

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$

Tabela 3.6 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC),envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG), de dez lotes de sementes de tomate, cultivar Santa Clara, quinta época de avaliação.

Cultivar Santa Clara														
LOTE	TA	G*		PC*		EAT*		EASS		EP		CE		PG
1	7,1	66 BC[1]	-1	55 AB	0	47 ABC	2	58 ABC	2	91 A	6	132 A	2	11
2	7,0	64 ABC	0	64 AB	0	24 E	-5	44 CDE	-3	88 AB	2	120 A	2	-4
3	6,9	61BC	-1	61 AB	0	30 DE	-4	30 E	-7	84 BC	-1	119 A	2	-10
4	6,8	89 A	3	64 AB	0	40 BCDE	-1	58 ABC	2	79 C	-3	120 A	2	3
5	6,4	82 AB	1	60 AB	0	46 ABCD	1	53 ABC	2	80 C	-3	123 A	2	3
6	6,8	80 AB	1	76 A	1	61 AB	4	63 AB	3	83 BC	-1	98 A	2	10
7	6,7	82 AB	1	70 A	1	59 AB	4	66 A	4	82 BC	-1	100 A	2	11
8	6,5	86 AB	1	72 A	1	64 A	5	63 AB	3	84 BC	-1	92 A	2	11
9	6,1	56 C	-6	43 B	-3	29 CDE	3	34 DE	-6	83 BC	-1	325 B	-8	-21
10	6,0	81 AB	1	65 AB	0	31 CDE	3	48 BCD	0	87 AB	2	334 B	-8	-2
CV	-	9,3		10,9		13,0		13,6		2,8		11,4		
Cultivar Mariana														
	TA	G	P	PC	P	EASS	P	EP	P	CE	P	PG		
1	7,9	45 BCD[1]	-1	38 ABC	0	43 ABC	0	94 AB	0	64 AB	3	2		
2	7,5	53 ABCD	0	47 ABC	0	32 BC	-1	97 A	1	201 E	-9	-9		
3	7,4	37 D	-3	22 C	-2	34 BC	-1	93 AB	0	57 A	4	-2		
4	7,3	42 CD	2	34 BC	-1	27 BC	-1	92 AB	0	58 A	4	4		
5	7,3	47 BCD	-1	36 BC	-1	32 BC	-1	94 A	1	57 A	4	2		
6	7,6	45 BCD	-1	30 BC	-1	21 C	-4	93 AB	0	55 A	4	-1		
7	7,4	70 A	6	62 A	5	48 AB	1	95 AB	0	161 D	-7	5		
8	7,5	55 ABC	1	46 ABC	0	51 AB	1	91 AB	0	85 C	-4	-2		
9	7,8	43 CD	2	30 BC	-1	52 AB	1	84 B	-2	68 AB	3	1		
10	7,7	61 AB	3	52 AB	1	61 A	5	92 AB	0	77 BC	-2	7		
CV(%)		14,3	-	26,4	-	27,2	-	7,2	-	7,6	-	-		

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$

Tabela 3.7 - Dados mensais de umidade relativa do ar no município de Piracicaba, São Paulo, no período correspondente as épocas de avaliação das sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana

Época	UR (%)	Época	UR (%)
Santa Clara		Mariana	
1 (Set 2009)	77	1 (Out 2009)	76
2 (Dez 2010)	79	2 (Jan 2010)	92
3 (Mar 2010)	83+	3 (Abr 2010)	82
4 (Jun 2010)	79	4 (Jul 2010)	76
5 (Set 2010)	71	5 (Out 2010)	78

Fonte: Posto meteorológico de Piracicaba, SP, base de dados da estação convencional, área de Física e Meteorologia- LEB-Esalq-USP

Avaliando-se o vigor das sementes com base na análise computadorizada de plântulas, foi possível detectar diferenças de potencial fisiológico entre os lotes a partir da segunda época até o fim da avaliação para os cultivares Santa Clara e Mariana (Tabelas 3.8 a 3.11).

O índice de vigor na segunda época revelou maior potencial dos lotes 9 e 10, cultivar Santa Clara, em relação aos lotes 1 a 5 e dos lotes 1 e 2, cultivar Mariana; na terceira época também houve maior potencial dos lotes 9 e 10, cultivar Santa Clara, mas em comparação ao lote 4 e para o cultivar Mariana, o lote 2 foi mais vigoroso em relação aos lotes 3 e 8; na quarta época, houve maior potencial do lote 7 comparado aos lotes 2 a 5, para cultivar Santa Clara e do lote 5 comparado aos lotes 3, 9 e 10 para o cultivar Mariana; na quinta época o lote 7 destacou-se em relação aos lotes 1, 3, 4 e 5, cultivar Santa Clara e os lotes 1, 4 e 8 foram superiores ao lote 10, para o cultivar Mariana.

Tabela 3.8 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IUC) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana, segunda época

LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
					Cultivar Santa Clara				
1	493 BC*	-2	378 BCD	-2	730 BC	-1	2,7 ABC	1	-4
2	462 C	-5	356 CD	-3	719 C	-3	2,2 BCD	-2	-13
3	495 BC	-2	372 BCD	-2	784 AB	1	2,6 ABCD	0	-3
4	446 C	-5	319 D	-5	774 ABC	0	2,0 CD	-3	-13
5	450 C	-5	316 D	-5	764 BC	-1	1,9 D	-5	-16
6	538 AB	3	437 AB	3	761 BC	-1	2,8 ABC	1	6
7	526 AB	3	418 ABC	2	779 AB	1	2,8 AB	2	8
8	546 AB	3	459 A	5	722 C	-3	3,1 A	4	9
9	579 A	5	479 A	5	820 A	5	2,1 BCD	-2	13
10	549 A	5	448 AB	3	780 ABC	0	3,4 A	4	12
CV(%)	4,4	-	8,1	-	3,0	-	12,8	-	-
					Cultivar Mariana				
LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
1	719 AB*	6	672 AB	6	831 A	0	5,5 AB	0	12
2	783 A	8	737 A	8	891 A	0	6,9 A	8	24
3	645 BC	0	557 BC	0	850 A	0	4,8 B	-1	-1
4	606 C	-2	507 C	-2	837 A	0	4,1 B	-1	-5
5	595 C	-2	480 C	-2	865 A	0	4,3 B	-1	-5
6	600 C	-2	481 C	-2	880 A	0	4,5 B	-1	-5
7	650 BC	0	557 BC	0	867 A	0	5,2 B	-1	-1
8	612 C	-2	499 C	-2	878 A	0	4,7 B	-1	-5
9	584 C	-2	484 C	-2	817 A	0	4,0 B	-1	-5
10	577 C	-2	475 C	-2	816 A	0	4,0 B	-1	-5
CV(%)	6,8	-	10,8		4,8		14,3	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3.9 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana, terceira época

LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
Cultivar Santa Clara									
1	478 AB*	0	401 AB	2	692 AB	0	2,0 BC	-2	0
2	451 AB	0	329 BCD	-3	710 AB	0	2,0 BC	-2	-5
3	481 AB	0	377 ABC	1	728 AB	0	2,1 BC	-2	-1
4	422 B	-2	299 D	-6	723 AB	0	1,5 C	-3	-11
5	453 AB	0	323 CD	-4	755 A	1	1,9 BC	-2	-5
6	494 AB	0	420 A	3	681 B	-1	2,0 BC	-2	0
7	484 AB	0	380 ABC	1	728 AB	0	2,5 AB	1	2
8	469 AB	0	371 ABCD	0	727 AB	0	2,3 ABC	0	0
9	516 A	1	425 A	3	718 AB	0	2,9 A	6	10
10	522 A	1	418 A	3	718 AB	0	3,0 A	6	10
CV(%)	6,8	-	8,5	-	3,8	-	14,6	-	-
Cultivar Mariana									
LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
1	534 AB*	0	411 AB	0	823 AB	1	3,8 ABC	0	1
2	594 A	2	495 A	4	826 AB	1	4,7 A	3	8
3	485 B	-2	350 B	-1	801 AB	1	3,1 C	-3	-5
4	531 AB	0	388 B	-1	864 A	3	3,7 ABC	0	2
5	522 AB	0	381 B	-1	855 A	3	3,7 BC	-1	1
6	549 AB	0	427 AB	0	849 A	3	4,2 AB	1	4
7	519 AB	0	403 AB	0	780 ABC	0	4,0 ABC	0	0
8	476 B	-2	370 B	-1	727 BC	-3	4,2 AB	1	-5
9	516 AB	0	443 AB	0	688 C	-6	3,6 BC	-1	-7
10	522 AB	0	431 AB	0	736 BC	-3	3,9 ABC	0	-3
CV(%)	6,3	-	9,7	-	5,4	-	10,8	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3.10 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana, quarta época

LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
				Cultivar Santa Clara					
1	528 ABC*	0	417 BCD	-1	814 AB	0	3,6 AB	0	-1
2	527 BC	-1	413 BCD	-1	826 AB	0	3,6 AB	0	-2
3	516 BC	-1	412 BCD	-1	762 AB	0	3,2 AB	0	-2
4	503 C	-3	378 D	-4	800 AB	0	3,4 AB	0	-7
5	502 C	-3	399 CD	-2	772 AB	0	3,0 B	-1	-6
6	562 ABC	0	480 ABC	1	754 B	-1	3,8 AB	0	0
7	604 A	4	537 A	5	781 AB	0	4,2 AB	0	9
8	587 AB	2	493 ABC	1	844 A	1	4,5 A	1	5
9	584 AB	2	498 AB	2	770 AB	0	4,2 AB	0	4
10	554 ABC	0	457 ABCD	0	764 AB	0	3,8 AB	0	0
CV(%)	5,7	-	9,2	-	4,5	-	14,9	-	-
				Cultivar Mariana					
LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
1	628 AB*	0	531 AB	0	858 A	0	5,4 AB	1	1
2	603 AB	0	508 AB	0	816 A	0	4,7 ABC	0	0
3	576 B	0	456 B	-1	855 A	0	4,6 ABC	0	-1
4	622 AB	0	532 AB	0	834 A	0	5,0 ABC	0	0
5	673 A	2	599 A	4	847 A	0	5,6 A	2	8
6	625 AB	0	534 AB	0	837 A	0	4,9 ABC	0	0
7	621 AB	0	537 AB	0	819 A	0	4,9 ABC	0	0
8	598 AB	0	487 B	-1	858 A	0	4,8 ABC	0	-1
9	587 B	-1	497 B	-1	780 A	0	4,2 BC	-1	-3
10	554 B	-1	442 B	-1	817 A	0	4,0 C	-2	-4
CV(%)	5,1		8,1		4,1		10,5		

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3.11 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de tomate cultivares Santa Clara e Mariana, quinta época de avaliação

LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
				Cultivar Santa Clara					
1	413 C*	-4	261 D	-5	770 AB	0	2,2 C	-2	-11
2	444 ABC	0	303 ABCD	0	775 AB	0	2,5 ABC	0	0
3	426 BC	-1	299 BCD	-1	723 B	-1	2,1 C	-2	-5
4	413 C	-4	254 D	-5	784 AB	0	2,2 C	-2	-11
5	429 BC	-1	279 CD	-3	782 AB	0	2,3 BC	-1	-5
6	470 ABC	0	348 ABC	2	757 AB	0	2,7 ABC	0	2
7	490 A	4	373 AB	3	764 AB	0	3,0 AB	3	10
8	477 AB	2	359 AB	3	754 AB	0	2,8 ABC	0	5
9	484 AB	2	348 ABC	2	801 A	1	3,1 A	4	9
10	482 AB	2	377A	4	727 AB	0	2,8 ABC	0	6
CV(%)	5,3	-	9,8	-	4,0	-	12,9	-	-
				Cultivar Mariana					
LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
1	436 A*	1	262 AB	2	841 A	0	2.6 A	5	7
2	391 AB	0	231 ABC	0	765 A	0	1.9 ABC	0	0
3	362 AB	0	179 BC	-1	793 A	0	1.6 BC	-2	-3
4	433 A	1	281 A	3	789 A	0	2.2 AB	1	5
5	365 AB	0	183 ABC	0	792 A	0	1.6 BC	-2	2
6	366 AB	0	159 C	-2	848 A	0	1.6 BC	-2	-4
7	385 AB	0	205 ABC	0	809 A	0	2.4 A	5	5
8	410 A	1	226 ABC	0	838 A	0	2.0 AB	1	2
9	378 AB	0	209 ABC	0	774 A	0	1.6 BC	-2	-2
10	327 B	-3	145 C	-2	754 A	0	1.1 C	-4	-9
CV(%)	8.5	-	19.7	-	5.5	-	17.4	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A comparação entre a classificação dos lotes em níveis de vigor para cada índice fornecido pelo SVIS e pelo conjunto de avaliações tradicionalmente utilizadas pode ser visualizada nas Tabelas 3.12 a 3.23 para o cultivar Santa Clara e Tabelas 3.24 a 3.35 para o cultivar Mariana.

O índice de vigor proporcionou separação dos lotes de forma mais coerente com os demais testes de vigor na primeira e segunda épocas para o cultivar Santa Clara (Tabela 3.12) e, na segunda época para o cultivar Mariana (Tabela 3.24), sendo que nas demais épocas a taxa de coincidência de classificação foi muito pequena.

Na terceira época, embora o índice de vigor tenha revelado maior potencial dos lotes 9 e 10, cultivar Santa Clara, comparado ao 4, assim como ocorreu na primeira contagem de germinação, houve somente 20% de coincidência da classificação dos lotes com os demais

testes de vigor (Tabela 3.13); esta pequena relação ocorreu porque os resultados do índice de vigor não foram idênticos aos de envelhecimento acelerado com solução salina saturada, emergência de plântulas e condutividade elétrica, que foram os testes que melhor diferenciaram os lotes e por isso seus resultados tiveram maior contribuição na pontuação geral.

Na quarta época, o índice de vigor revelou maior potencial do lote 7 comparado aos lotes 2 a 5 para o cultivar Santa Clara, o que não foi evidente nas demais avaliações de vigor; embora nestas o maior vigor do lote 7 tenha sido identificado, em vários momentos os lotes de baixo e médio vigor não foram os mesmos indicados pelo índice de vigor.

Já na quinta época, para o cultivar Santa Clara houve somente coincidência na classificação de 3 lotes entre o índice de vigor e demais testes (Tabela 3.14), pois os resultados deste índice não coincidiram, em grande parte, com os constatados pelos testes de envelhecimento acelerado e de emergência de plântulas, os quais foram os que mais diferenciaram os lotes, assim como ocorreu na terceira época.

É possível que esta discordância na classificação dos lotes tenha ocorrido em razão dos princípios que fundamentam cada um destes testes. É esperado que sementes sob alguma condição de estresse, como as utilizadas no envelhecimento acelerado, tenham comportamento diferente de quando são expostas às condições mais favoráveis possíveis, que foram utilizadas para a obtenção de plântulas para a análise computadorizada pelo SVIS; uma das principais dificuldades encontradas na avaliação do vigor de sementes, é a comparação de resultados obtidos em testes com princípios diferentes, por isso existe a necessidade da utilização de um conjunto de testes.

Nessa linha de pesquisa, é interessante que futuros trabalhos tentem associar a análise computadorizada de plântulas com outros testes de vigor, como Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009) realizaram com sementes de soja, avaliadas pelo SVIS antes e após o envelhecimento acelerado.

O índice de crescimento de plântulas, para o cultivar Santa Clara, foi mais eficiente na primeira e segunda épocas, quando a classificação dos lotes com base neste parâmetro foi mais consistente com as informações obtidas com os demais testes de vigor, com taxa de coincidência de 50% e 70%, respectivamente (Tabela 3.15); na terceira, quarta e quinta épocas a taxa de coincidência entre estes resultados foi de somente 30% (Tabela 3.16).

Para o cultivar Mariana, somente na segunda e quinta época os resultados do índice de crescimento de plântulas coincidiram 50% e 40%, respectivamente, com os dos demais testes de vigor (Tabela 3.27 e 3.29); na segunda época houve coincidência na identificação do baixo

vigor dos lotes 5, 6, 9 e 10 e do maior vigor do lote 1 (Tabela 3.27) e na quinta época do maior vigor dos lotes 1 e 4 e do menor potencial fisiológico dos lotes 3 e 6 (Tabela 3.29).

O índice de uniformidade de crescimento de plântulas, somente na primeira época, para o cultivar Santa Clara (Tabela 3.18), e na primeira e terceira épocas para o cultivar Mariana (Tabelas 3.30 e 3.31) teve resultados que coincidiram, em parte, com os dos demais testes de vigor.

Na primeira época, para o cultivar Santa Clara, houve maior uniformidade de crescimento de plântulas dos lotes 5, 6, 7 e 8 e menor do lote 9, resultado que concorda em parte com os obtidos nas demais avaliações, como por exemplo, no teste de primeira contagem de germinação, o lote 8 foi superior ao 9, e no envelhecimento acelerado tradicional ocorreu maior potencial dos lotes 6 e 7.

Para o cultivar Mariana, na primeira época, o bom potencial do lote 1 e o baixo potencial dos lotes 9 e 10 foram observados com o índice de uniformidade de crescimento de plântulas, como também nas demais avaliações de vigor; na terceira época, ainda para o cultivar Mariana, o maior vigor dos lotes 5 e 6 foi verificado com auxílio deste índice, assim como no conjunto de avaliações de vigor.

O comprimento de plântulas, teve maior coincidência de classificação dos lotes com as avaliações de vigor comumente utilizadas na segunda (Tabela 3.21) e terceira época (Tabela 3.22) para o cultivar Santa Clara e na segunda (Tabela 3.33) e quinta época (Tabela 3.35) para o cultivar Mariana.

O teste de comprimento de plântulas ou de suas partes tem sido considerado eficiente para detectar diferenças no potencial fisiológico de sementes de várias espécies (NAKAGAWA, 1999). Ao mesmo tempo, além dessa sensibilidade, seus resultados podem apresentar relação com a emergência de plântulas em campo (VANZOLINI et al., 2007). Esta informação deve ser destacada, pois o uso de testes capazes de detectar diferenças de vigor entre lotes e de relacionar seus resultados com a emergência de plântulas é altamente desejável na análise de sementes, pois poderá possibilitar a seleção de lotes com maior possibilidade de bom desempenho no estabelecimento da cultura, etapa fundamental em sistemas de produção agrícola.

Analisando de forma conjunta os resultados da avaliação computadorizada de plântulas das cinco épocas, verificou-se, de maneira geral, maior vigor dos lotes 7, 9 e 10 do cultivar Santa Clara e dos lotes 1 e 2 para cultivar Mariana (Tabelas 3.8 a 3.11).

Tabela 3.12 - Comparação dos resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, primeira e segunda épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	0	M	-4	IM	0
2	0	M	0	M	1
3	2	SM	-1	IM	0
4	0	M	-4	IM	0
5	-3	IM	1	SM	0
6	2	SM	5	SM	1
7	2	SM	3	SM	1
8	0	M	4	SM	0
9	-3	IM	-4	IM	1
10	0	M	0	M	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$
			Época 2		
1	-2	IM	1	SM	0
2	-5	IM	6	SM	0
3	-2	IM	-10	IM	1
4	-5	IM	-3	IM	1
5	-5	IM	-12	IM	1
6	3	SM	2	SM	1
7	3	SM	9	SM	1
8	3	SM	8	SM	1
9	5	SM	-8	IM	0
10	5	SM	7	SM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$

Tabela 3.13 - Comparação entre resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados(B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, terceira e quarta épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	0	M	-7	IM	0
2	0	M	-2	IM	0
3	0	M	0	M	1
4	-2	IM	-1	IM	1
5	0	M	10	SM	0
6	0	M	-2	IM	0
7	0	M	6	SM	0
8	0	M	9	SM	0
9	1	SM	-13	IM	0
10	1	SM	-2	IM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$
			Época 4		
1	0	M	2	SM	0
2	-1	IM	2	SM	0
3	-1	IM	2	SM	0
4	-3	IM	1	SM	0
5	-3	IM	1	SM	0
6	0	M	2	SM	0
7	4	SM	6	SM	1
8	2	SM	2	SM	1
9	2	SM	-7	IM	0
10	0	M	-10	IM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.14 - Comparação dos resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, quinta época de avaliação

Lotes	A Índice de vigor		B Testes tradicionais		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	-4	IM	11	SM	0
2	0	M	-4	IM	0
3	-1	IM	-10	IM	1
4	-4	IM	3	SM	0
5	-1	IM	3	SM	0
6	0	M	10	SM	0
7	4	SM	11	SM	1
8	2	SM	11	SM	1
9	2	SM	-21	IM	0
10	2	SM	-2	IM	0
					3
					$TC=3.10^{-1}.100= 30\%$

Tabela 3.15 - Comparação entre resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, primeira e segunda épocas de avaliação

(continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	0	M	-4	IM	0
2	0	M	0	M	1
3	1	SM	-1	IM	0
4	0	M	-4	IM	0
5	-4	IM	1	SM	0
6	1	SM	5	SM	1
7	1	SM	3	SM	1
8	1	SM	4	SM	1
9	0	M	-4	IM	0
10	0	M	0	M	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Tabela 3.15 - Comparação dos resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, primeira e segunda épocas de avaliação

(conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 2		
1	-2	IM	1	SM	0
2	-3	IM	6	SM	0
3	-2	IM	-10	IM	1
4	-5	IM	-3	IM	1
5	-5	IM	-12	IM	1
6	3	SM	2	SM	1
7	2	SM	9	SM	1
8	5	SM	8	SM	1
9	5	SM	-8	IM	0
10	3	SM	7	SM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$

Tabela 3.16 - Comparação de resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, terceira e quarta épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	2	SM	-7	IM	0
2	-3	IM	-2	IM	1
3	1	SM	0	M	0
4	-6	IM	-1	IM	1
5	-4	IM	10	SM	0
6	3	SM	-2	IM	0
7	1	SM	6	SM	1
8	0	M	9	SM	0
9	3	SM	-13	IM	0
10	3	SM	-2	IM	0
					3
					$TC=3.10^{-1}.100= 30\%$

Tabela 3.16 - Comparação de resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, terceira e quarta épocas de avaliação

(conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 4		
1	-1	IM	2	SM	0
2	-1	IM	2	SM	0
3	-1	IM	2	SM	0
4	-4	IM	1	SM	0
5	-2	IM	1	SM	0
6	1	SM	2	SM	1
7	5	SM	6	SM	1
8	1	SM	2	SM	1
9	2	SM	-7	IM	0
10	0	M	-10	IM	0
					3
					$TC=3.10^{-1}.100= 30\%$

Tabela 3.17 - Comparação entre resultados de índice de crescimento (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	-5	IM	11	SM	0
2	0	M	-4	IM	0
3	-1	M	-10	IM	0
4	-5	IM	3	SM	0
5	-3	IM	3	SM	0
6	2	SM	10	SM	1
7	3	SM	11	SM	1
8	3	SM	11	SM	1
9	2	SM	-21	IM	0
10	4	SM	-2	IM	0
					3
					$TC=3.10^{-1}.100= 30\%$

Tabela 3.18 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, primeira e segunda épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	1	SM	-4	IM	0
2	1	SM	0	M	0
3	1	SM	-1	IM	0
4	1	SM	-4	IM	0
5	1	SM	1	SM	1
6	1	SM	5	SM	1
7	1	SM	3	SM	1
8	1	SM	4	SM	1
9	-9	IM	-4	IM	1
10	1	SM	0	M	0
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$
			Época 2		
1	-1	IM	1	SM	0
2	-3	IM	6	SM	0
3	1	SM	-10	IM	0
4	0	M	-3	IM	0
5	-1	IM	-12	IM	1
6	-1	IM	3	SM	0
7	1	SM	9	SM	1
8	-3	IM	8	SM	0
9	5	SM	-8	IM	0
10	0	M	7	SM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.19 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), obtido na análise de imagens de plântulas pelo SVIS (B), com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados, de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, terceira e quarta épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	0	M	-7	IM	0
2	0	M	-2	IM	0
3	0	M	2	SM	0
4	0	M	-1	IM	0
5	1	SM	10	SM	1
6	-1	IM	-2	IM	1
7	0	M	6	SM	0
8	0	M	9	SM	0
9	0	M	-13	IM	0
10	0	M	-2	IM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$
			Época 4		
1	0	M	2	SM	0
2	0	M	2	SM	0
3	0	M	2	SM	0
4	0	M	1	SM	0
5	0	M	1	SM	0
6	-1	IM	2	SM	0
7	0	M	6	SM	0
8	1	SM	2	SM	1
9	0	M	-7	IM	0
10	0	M	-10	IM	0
					1
					$TC=1.10^{-1}.100= 10\%$

Tabela 3.20 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	0	M	11	SM	0
2	0	M	-4	IM	0
3	-1	IM	-10	IM	1
4	0	M	3	SM	0
5	0	M	3	SM	0
6	0	M	10	SM	0
7	0	M	11	SM	0
8	0	M	11	SM	0
9	1	SM	-21	IM	0
10	0	M	-2	IM	0
					1
					$TC=1.10^{-1}.100= 10\%$

Tabela 3.21 - Comparação de resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, primeira e segunda épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	0	M	-4	IM	0
2	0	M	0	M	1
3	1	SM	-1	IM	0
4	0	M	-4	IM	0
5	0	M	1	SM	0
6	0	M	5	SM	0
7	0	M	3	SM	0
8	0	M	4	SM	0
9	-1	IM	-4	IM	1
10	0	M	0	M	1
					3
					$TC=3.10^{-1}.100= 30\%$

Tabela 3.21 - Comparação de resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, primeira e segunda épocas de avaliação

(conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 2		
1	1	SM	1	SM	1
2	-2	IM	6	SM	0
3	0	M	-10	IM	0
4	-3	IM	-3	IM	1
5	-5	IM	-12	IM	1
6	1	SM	3	SM	1
7	2	SM	9	SM	1
8	4	SM	8	SM	1
9	-2	IM	-8	IM	1
10	4	SM	7	SM	1
					8
					$TC=8.10^{-1}.100= 80\%$

Tabela 3.22 - Comparação de resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, terceira e quarta épocas de avaliação

(continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	-2	IM	-7	IM	1
2	-2	IM	-2	IM	1
3	-2	IM	2	SM	0
4	-3	IM	-1	IM	1
5	-2	IM	10	SM	0
6	-2	IM	-2	IM	1
7	1	SM	6	SM	1
8	0	M	9	SM	0
9	6	SM	-13	IM	0
10	6	SM	-2	IM	0
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Tabela 3.22 - Comparação de resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, terceira e quarta épocas de avaliação (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 4		
1	0	M	2	SM	0
2	0	M	2	SM	0
3	0	M	2	SM	0
4	0	M	1	SM	0
5	-1	IM	1	SM	0
6	0	M	2	SM	0
7	0	M	6	SM	0
8	1	SM	2	SM	1
9	0	M	-7	IM	0
10	0	M	-10	IM	0
					1
					$TC=1.10^{-1}.100= 10\%$

Tabela 3.23 - Comparação entre resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	-2	IM	11	SM	0
2	0	M	-4	IM	0
3	-2	IM	-10	IM	1
4	-2	IM	3	SM	0
5	-1	IM	3	SM	0
6	0	M	10	SM	0
7	3	SM	11	SM	1
8	0	M	11	SM	0
9	4	SM	-21	IM	0
10	0	M	-2	IM	0
					1
					$TC=1.10^{-1}.100= 10\%$

Tabela 3.24 - Comparação entre resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, primeira e segunda épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	6	SM	6	SM	1
2	-1	IM	-1	IM	1
3	0	M	7	SM	0
4	-1	IM	0	M	0
5	0	M	4	SM	0
6	0	M	1	SM	0
7	-1	IM	-1	IM	1
8	0	M	4	SM	0
9	-2	IM	-11	IM	1
10	-1	IM	-5	IM	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$
			Época 2		
1	12	SM	12	SM	1
2	24	SM	0	M	0
3	-1	IM	-4	IM	1
4	-5	IM	3	SM	0
5	-5	IM	-1	IM	1
6	-5	IM	-8	IM	1
7	-1	IM	1	SM	0
8	-5	IM	16	SM	0
9	-5	IM	-24	IM	1
10	-5	IM	-2	IM	1
					6
					$TC=6.10^{-1}.100= 60\%$

Tabela 3.25 - Comparação entre resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, terceira e quarta épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	1	SM	-4	IM	0
2	8	SM	3	SM	1
3	-5	IM	2	SM	0
4	2	SM	5	SM	1
5	1	SM	15	SM	1
6	4	SM	13	SM	1
7	0	M	13	SM	0
8	-5	IM	-12	IM	1
9	-7	IM	-15	IM	1
10	-3	IM	-26	IM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$
			Época 4		
1	1	SM	-9	IM	0
2	0	M	1	SM	0
3	-1	IM	3	SM	0
4	0	M	-2	IM	0
5	8	SM	-8	IM	0
6	0	M	3	SM	0
7	0	M	4	SM	0
8	-1	IM	9	SM	0
9	-3	IM	-1	IM	1
10	-4	IM	-4	IM	1
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.26 - Comparação dos resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	1	SM	2	SM	1
2	0	M	-9	IM	0
3	0	M	-2	IM	0
4	1	SM	4	SM	1
5	0	M	2	SM	0
6	0	M	-1	IM	0
7	0	M	5	SM	0
8	1	SM	-2	IM	0
9	0	M	1	SM	0
10	-3	IM	7	SM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100=20\%$

Tabela 3.27 - Comparação dos resultados de índice de crescimento de plântulas (A),SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, primeira e segunda épocas de avaliação

(continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	0	M	6	SM	0
2	0	M	-1	IM	0
3	0	M	7	SM	0
4	0	M	0	M	1
5	0	M	4	SM	0
6	0	M	1	SM	0
7	0	M	-1	IM	0
8	0	M	4	SM	0
9	0	M	-11	IM	0
10	0	M	-5	IM	0
					1
					$TC=1.10^{-1}.100= 10\%$

Tabela 3.27 - Comparação dos resultados de índice de crescimento de plântulas (A),SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, primeira e segunda épocas de avaliação. (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 2		
1	6	SM	12	SM	1
2	8	SM	0	M	0
3	0	M	-4	IM	0
4	-2	IM	3	SM	0
5	-2	IM	-1	IM	1
6	-2	IM	-8	IM	1
7	0	M	1	SM	0
8	-2	IM	16	SM	0
9	-2	IM	-24	IM	1
10	-2	IM	-2	IM	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Tabela 3.28 - Comparação dos resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, terceira e quarta épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	0	M	-4	IM	0
2	4	SM	3	SM	1
3	-1	IM	2	SM	0
4	-1	IM	5	SM	0
5	-1	IM	15	SM	0
6	0	M	13	SM	0
7	0	M	13	SM	0
8	-1	IM	-12	IM	1
9	0	M	-15	IM	0
10	0	M	-26	IM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.28 - Comparação dos resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, terceira e quarta épocas de avaliação (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 4		
1	1	SM	-9	IM	0
2	0	M	1	SM	0
3	-1	IM	3	SM	0
4	0	M	-2	IM	0
5	8	SM	-8	IM	0
6	0	M	3	SM	0
7	0	M	4	SM	0
8	-1	IM	9	SM	0
9	-3	IM	-1	IM	1
10	-4	IM	-4	IM	1
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.29 - Comparação entre resultados de índice de crescimento (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	2	SM	2	SM	1
2	0	M	-9	IM	0
3	-1	IM	-2	IM	1
4	3	SM	4	SM	1
5	0	M	2	SM	0
6	-2	IM	-1	IM	1
7	0	M	5	SM	0
8	0	M	-2	IM	0
9	0	M	1	SM	0
10	-2	IM	7	SM	0
					4
					$TC=4.10^{-1}.100= 40\%$

Tabela 3.30 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, primeira e segunda épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	5	SM	6	SM	1
2	-1	IM	-1	IM	1
3	0	M	7	SM	0
4	-1	IM	0	M	0
5	0	M	4	SM	0
6	0	M	1	SM	0
7	-1	IM	-1	IM	1
8	0	M	4	SM	0
9	-1	IM	-11	IM	1
10	-1	IM	-5	IM	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$
			Época 2		
1	0	M	12	SM	0
2	0	M	0	M	1
3	0	M	-4	IM	0
4	0	M	3	SM	0
5	0	M	-1	IM	0
6	0	M	-8	IM	0
7	0	M	1	SM	0
8	0	M	16	SM	0
9	0	M	-24	IM	0
10	0	M	-2	IM	0
					1
					$TC=1.10^{-1}.100= 10\%$

Tabela 3.31 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, terceira e quarta épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	1	SM	-4	IM	0
2	1	SM	3	SM	1
3	1	SM	2	SM	1
4	3	SM	5	SM	1
5	3	SM	15	SM	1
6	3	SM	13	SM	1
7	0	M	13	SM	0
8	-3	IM	-12	IM	1
9	-6	IM	-15	IM	1
10	-3	IM	-26	IM	1
					8
					$TC=8.10^{-1}.100= 80\%$
			Época 4		
1	0	M	-9	IM	0
2	0	M	1	SM	0
3	0	M	3	SM	0
4	0	M	-2	IM	0
5	0	M	-8	IM	0
6	0	M	3	SM	0
7	0	M	4	SM	0
8	0	M	9	SM	0
9	0	M	-1	IM	0
10	0	M	-4	IM	0
					0
					$TC=0.10^{-1}.100= 0\%$

Tabela 3.32 - Comparação dos resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	0	M	2	SM	0
2	0	M	-9	IM	0
3	0	M	-2	IM	0
4	0	M	4	SM	0
5	0	M	2	SM	0
6	0	M	-1	IM	0
7	0	M	5	SM	0
8	0	M	-2	IM	0
9	0	M	1	SM	0
10	0	M	7	SM	0
					0
					$TC=0.10^{-1}.100= 0\%$

Tabela 3.33 - Comparação dos resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, primeira e segunda épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	1	SM	6	SM	1
2	0	M	-1	IM	0
3	0	M	7	SM	0
4	0	M	0	M	1
5	0	M	4	SM	0
6	0	M	1	SM	0
7	0	M	-1	IM	0
8	0	M	4	SM	0
9	-1	IM	-11	IM	1
10	0	M	-5	IM	0
					3
					$TC=3.10^{-1}.100= 30\%$

Tabela 3.33 - Comparação dos resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, segunda época de avaliação

(conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 2		
1	0	M	12	SM	0
2	8	SM	0	M	0
3	-1	IM	-4	IM	1
4	-1	IM	3	SM	0
5	-1	IM	-1	IM	1
6	-1	IM	-8	IM	1
7	-1	IM	1	SM	0
8	-1	IM	16	SM	0
9	-1	IM	-24	IM	1
10	-1	IM	-2	IM	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Tabela 3.34 - Comparação entre resultados de índice de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, terceira e quarta épocas de avaliação

(continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	0	M	-4	IM	0
2	3	SM	3	SM	0
3	-3	IM	2	SM	0
4	0	M	5	SM	0
5	-1	IM	15	SM	0
6	1	SM	13	SM	1
7	0	M	13	SM	0
8	1	SM	-12	IM	0
9	-1	IM	-15	IM	1
10	0	M	-26	IM	0
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.34 - Comparação entre resultados de índice de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, terceira e quarta épocas de avaliação (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 4		
1	1	SM	-9	IM	0
2	0	M	1	SM	0
3	0	M	3	SM	0
4	0	M	-2	IM	0
5	2	SM	-8	IM	0
6	0	M	3	SM	0
7	0	M	4	SM	0
8	0	M	9	SM	0
9	-1	IM	-1	IM	1
10	-2	IM	-4	IM	1
					2
					$TC=2.10^{-1}.100= 20\%$

Tabela 3.35 - Comparação entre resultados de índice de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	5	SM	2	SM	1
2	0	M	-9	IM	0
3	-2	IM	-2	IM	1
4	1	SM	4	SM	1
5	-2	IM	2	SM	0
6	-2	IM	-1	IM	1
7	5	SM	5	SM	1
8	1	SM	-2	IM	0
9	-2	IM	1	SM	0
10	-4	IM	7	SM	0
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Foi realizada comparação entre a pontuação geral atribuída aos lotes por seu desempenho no conjunto de índices fornecidos pelo SVIS e no conjunto de demais testes de vigor, resultados apresentados nas Tabelas 3.36 a 3.41. Para o cultivar Santa Clara, somente na segunda época houve maior coincidência na classificação do potencial dos lotes, sendo de 70% (Tabela 3.36) ; por outro lado, para o cultivar Mariana somente na quarta época houve menor concordância entre os resultados de ambos grupos de avaliações, que foi de 20% (Tabela 3.40), sendo que nas demais épocas esse valor foi maior ou igual a 50% (Tabelas 3.39 a 3.41).

Tabela 3.36 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (parâmetros SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, primeira e segunda épocas de avaliação

(continua)

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
1		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
	1	1	SM	-4	IM	0
	2	1	SM	0	M	0
	3	5	SM	-1	IM	0
	4	1	SM	-4	IM	0
	5	-6	IM	1	SM	0
	6	4	SM	5	SM	1
	7	4	SM	3	SM	1
	8	2	SM	4	SM	1
	9	-13	IM	-4	IM	1
	10	1	SM	0	M	0
						4
						TC= 4. 10-1.100= 40%

Tabela 3.36 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (parâmetros SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, primeira e segunda épocas de avaliação (conclusão)

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
2	1	-4	IM	1	SM	0
	2	-13	IM	6	SM	0
	3	-3	IM	-10	IM	1
	4	-13	IM	-3	IM	1
	5	-16	IM	-12	IM	1
	6	6	SM	3	SM	1
	7	8	SM	9	SM	1
	8	9	SM	8	SM	1
	9	13	SM	-8	IM	0
	10	12	SM	7	SM	1
						7
						TC= 7. 10-1. 100= 70%

Tabela 3.37 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, terceira e quarta épocas de avaliação (continua)

		A		B		Conjuntos A e B
Época	Lotes	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
3	1	0	M	-7	IM	0
	2	-5	IM	-2	IM	1
	3	-1	IM	2	SM	0
	4	-11	IM	-1	IM	1
	5	-5	IM	10	SM	0
	6	0	M	-2	IM	0
	7	2	SM	6	SM	1
	8	0	M	9	SM	0
	9	10	SM	-13	IM	0
	10	10	SM	-2	IM	0
						3
						TC= 3.10-1.100= 30%

Tabela 3.37 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (parâmetros SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, terceira e quarta épocas de avaliação

(conclusão)

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
4	1	-1	IM	2	SM	0
	2	-2	IM	2	SM	0
	3	-2	IM	2	SM	0
	4	-7	IM	1	SM	0
	5	-6	IM	1	SM	0
	6	0	M	2	SM	0
	7	9	SM	6	SM	1
	8	5	SM	2	SM	1
	9	4	SM	-7	IM	0
	10	0	M	-10	IM	0
						2
						TC= 2. 10-$^{1.}$ 100= 20%

Tabela 3.38 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Santa Clara em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, quinta época de avaliação

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
5	1	11	SM	-11	IM	0
	2	-4	IM	0	M	0
	3	-10	IM	-5	IM	1
	4	3	SM	-11	IM	0
	5	3	SM	-5	IM	0
	6	10	SM	2	SM	1
	7	11	SM	10	SM	1
	8	11	SM	5	SM	1
	9	-21	IM	9	SM	0
	10	-2	IM	6	SM	0
						4
						TC= 4.10-1.100= 40%

Tabela 3.39 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Mariana em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, primeira e segunda épocas de avaliação

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
1		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
	1	6	SM	6	SM	1
	2	-1	IM	-1	IM	1
	3	7	SM	0	M	0
	4	0	M	-1	IM	0
	5	4	SM	0	M	0
	6	1	SM	0	M	0
	7	-1	IM	-1	IM	1
	8	4	SM	0	M	0
	9	-11	IM	-2	IM	1
	10	-5	IM	-1	IM	1
						5
						TC= 5. 10-1.100= 50%
2	1	12	SM	12	SM	1
	2	24	SM	0	M	0
	3	-1	IM	-4	IM	1
	4	-5	IM	3	SM	0
	5	-5	IM	-1	IM	1
	6	-5	IM	-8	IM	1
	7	-1	IM	1	SM	0
	8	-5	IM	16	SM	0
	9	-5	IM	-24	IM	1
	10	-5	IM	-2	IM	1
						6
						TC= 6. 10-1. 100=60 %

Tabela 3.40 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Mariana em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, terceira e quarta épocas de avaliação

		A		B		Conjuntos A e B
Época	Lotes	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
	1	1	SM	-4	IM	0
3	2	8	SM	3	SM	1
	3	-5	IM	2	SM	0
	4	2	SM	5	SM	1
	5	1	SM	15	SM	1
	6	4	SM	13	SM	1
	7	0	M	13	SM	0
	8	-5	IM	-12	IM	1
	9	-7	IM	-15	IM	1
	10	-3	IM	-26	IM	1
						7
						TC= 7.10^{-1}.100= 70%
Época	Lotes	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
4	1	1	SM	-9	IM	0
	2	0	M	1	SM	0
	3	-1	IM	3	SM	0
	4	0	M	-2	IM	0
	5	8	SM	-8	IM	0
	6	0	M	3	SM	0
	7	0	M	4	SM	0
	8	-1	IM	9	SM	0
	9	-3	IM	-1	IM	1
	10	-4	IM	-4	IM	1
						2
						TC= 2. 10-1.100=20%

Tabela 3.41 - Distribuição dos lotes de sementes de tomate cultivar Mariana em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, quinta época de avaliação

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
5	1	2	SM	7	SM	1
	2	-9	IM	0	M	0
	3	-2	IM	-3	IM	1
	4	4	SM	5	SM	1
	5	2	SM	-2	IM	0
	6	-1	IM	-4	IM	1
	7	5	SM	5	SM	1
	8	-2	IM	2	SM	0
	9	1	SM	-2	IM	0
	10	7	SM	-9	IM	0
						5
						TC= $5.10^{-1}.100$= 50%

Sendo assim, de maneira geral, a coerência das informações obtidas na análise computadorizada de plântulas com os demais testes de vigor foi diferente com relação aos cultivares, sendo que neste caso foi mais eficiente para o cultivar Mariana; entretanto, deve-se mencionar que o nível de coerência variou de acordo com o índice utilizado. Os índices de vigor e de crescimento de plântulas foram mais eficientes para separar os lotes de forma similar aos dados obtidos nas demais avaliações de vigor para o cultivar Santa Clara, assim como o comprimento de plântulas para o cultivar Mariana. Resultados satisfatórios com o uso do índice de vigor fornecido por meio do SVIS foram encontrados para sementes de melão (MARCOS FILHO et al., 2006) e milho doce (GOMES JUNIOR et al., 2009); para as sementes de tomate do cultivar Mariana, assim como ocorreu em outra pesquisa com sementes de soja (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), na análise computadorizada de plântulas como método para avaliação do vigor de sementes, o comprimento de plântulas foi um parâmetro mais sensível para indicar diferenças de vigor entre os lotes que os índices de vigor e de uniformidade de desenvolvimento.

A identificação de lotes com baixo vigor pode contribuir para melhorar a eficiência de sistemas de produção agrícola, possibilitando a escolha correta dos materiais para semeadura, pois sementes menos vigorosas podem demorar mais para estabelecer as plantas no campo e isto pode favorecer o ataque por patógenos já presentes no solo, podendo levar ao tombamento de plântulas ou mesmo a morte das sementes durante o processo de germinação e, consequentemente, reduzir o estande, o que terá reflexo direto na produção, além de facilitar o estabelecimento de plantas daninhas que vão concorrer com a cultura por nutrientes e outros recursos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Segundo Rodo e Marcos Filho (2003) o uso de sementes de alto vigor pode ser justificado para assegurar o adequado estabelecimento de estande de plantas em diferentes condições ambientais. Além disso, a identificação de lotes com baixo vigor pode permitir o descarte dos mesmos e com isso reduzir os custos com beneficiamento e armazenamento das sementes.

O uso de testes eficientes para avaliação do vigor de sementes é essencial; para sementes de tomate a redução do vigor acarreta maior lentidão no processo de formação de mudas (BARBOSA; COSTA; SÁ, 2011), sendo, portanto, fundamental o uso de testes precisos para avaliar sementes desta espécie, a qual é produzida basicamente por mudas.

Outro aspecto importante que deve ser mencionado, é que o uso do SVIS não se restringe somente à comparação direta do vigor de diferentes lotes mediante a análise do crescimento de plântulas, e sim com possibilidade de sua introdução como complemento de outros testes (SEKHARAM et al., 2005; OTONI et al., 2008)

Empresas produtoras de sementes tem a necessidade de desenvolver testes específicos que possam garantir a análise adequada para identificar os lotes com maior nível de qualidade para a comercialização e esforços devem serem feitos no futuro para utilizar esse tipo de informação tecnológica, a qual pode ser incluída como chave da agricultura global de precisão e sustentabilidade, na transferência padronizada de dados para analistas de sementes para tomada de decisão (DELL'ÁQUILA, 2009).

A possibilidade de utilizar um sistema de avaliação da qualidade de sementes que forneça informações precisas, objetivas e com rapidez é fundamental para qualquer sistema de controle de qualidade de sementes e deve ser prioridade na pesquisa. O uso do SVIS, além das vantagens mencionadas anteriormente, proporciona o arquivamento de imagens para análise posterior e é um sistema de baixo custo, equivalente ao teste de germinação, (GOMES JUNIOR et al., 2009).

Esta tecnologia tem sido utilizada rotineiramente por laboratórios de entidades certificadoras de sementes e de empresas produtoras nos Estados Unidos da América,

particularmente no estado de Ohio, sendo considerado procedimento promissor para avaliação segura do vigor de sementes de várias espécies cultivadas (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Resultados satisfatórios com o uso do SVIS são descritos na literatura para avaliação do vigor de sementes de melão (MARCOS FILHO et al., 2006), trigo (SILVA; MARCOS FILHO; KRZYZANOWSKY, 2011), algodão (ALVARENGA; MARCOS FILHO, 2011) e girassol (ROCHA; CICERO, 2011), para avaliação do efeito do condicionamento fisiológico de sementes de milho doce (GOMES JUNIOR, 2009) e para avaliação do efeito de tratamentos com fungicidas em sementes de mamona (KOBORI et al., 2010).

3.2.2.3 Berinjela

Os dados referentes a caracterização dos lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, podem ser observados na Tabela 3.42. O teor de água das sementes variou entre 6,2 a 7,8% para os 10 lotes; é importante que este parâmetro não tenha grande variação entre os lotes, pois pode interferir nos resultados dos testes de vigor, já que influenciará a velocidade da absorção de água pelas sementes.

A maioria dos lotes teve germinação acima de 95%, o que indica alto potencial fisiológico das sementes. O percentual de plântulas normais foi similar entre os lotes, sendo que somente o lote 10 foi inferior em relação aos demais. Por ser conduzido em condições ideais de temperatura, umidade, aeração e luminosidade esta avaliação pode não detectar diferenças sutis no potencial fisiológico de sementes.

Por outro lado, na primeira contagem de germinação, os lotes 2, 5, 6 e 7 tiveram maior desempenho comparado aos lotes 3, 8, 9 e 10. Lotes de sementes com germinação semelhante frequentemente mostram diferenças em suas velocidades de germinação, indicando que existem diferenças de vigor entre eles, o que pode ser avaliado na primeira contagem do teste de germinação (NAKAGAWA, 1999).

As metodologias de envelhecimento acelerado permitiram a detecção de diferenças de vigor das sementes entre os lotes. No teste tradicional o lote 5 foi mais vigoroso comparado aos lotes 3, 8, 9 e 10; no teste com solução salina saturada o lote 6 teve melhor desempenho comparado aos lotes 4, 8, 9 e 10. Na maioria dos casos, houve efeito mais drástico no teste tradicional; deve-se considerar que sementes pequenas absorvem água mais rápida e desuniformemente durante o período de envelhecimento, o que pode acelerar o processo de deterioração ou resultar em comportamento variável entre as sementes de uma amostra (BHERING et al., 2006). O uso de solução salina permite que a absorção de água pelas

sementes ocorra com menor velocidade e a deterioração seja assim menos intensa; porém, houve casos isolados, como os lotes 5 e 7 que tiveram maior percentual de germinação após o envelhecimento tradicional. Resultados semelhantes foram verificados para sementes de berinjela (TORRES; NEGREIROS, 2008)

A emergência de plântulas foi semelhante entre os lotes, destacando-se somente maior vigor dos lotes 5 e 7 em relação ao 10. O percentual de plântulas emersas foi elevado para a maioria dos lotes (superior a 85%), exceto lote 10, porém, estes resultados foram inferiores aos do teste de germinação. Como na avaliação de emergência não há controle de temperatura, umidade, luminosidade, como existe no teste de germinação, podem ter ocorrido condições desfavoráveis para sementes de berinjela, o que proporcionou evidenciar diferença de vigor entre os lotes.

A avaliação do vigor de sementes por meio da condutividade elétrica foi sensível às diferenças entre os lotes (Tabela 3.42); a menor lixiviação de exsudatos foi dos lotes 5 e 7, que foram os mais vigorosos quanto à emergência de plântulas e a primeira contagem de germinação. Provavelmente, a reorganização das membranas celulares das sementes foi mais eficiente que nos demais lotes e, com isso, houve menor perda de íons, resultando em maior eficiência na embebição e reações metabólicas necessárias para o crescimento de plântulas. Deve-se lembrar que a secagem e rehidratação da semente impõem considerável estresse sobre os componentes celulares e a lixiviação de solutos durante a embebição indica danos temporários na membrana e organelas como as mitocôndrias, que são vitais para a eficiência da respiração e o metabolismo de energia (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

Considerando o desempenho dos lotes no conjunto de testes (pontuação geral) foi possível classificar os lotes 5 e 7 como mais vigorosos, os lotes 1, 2, 3 e 6 como intermediários e os lotes 4, 8, 9 e 10 como de mais baixo vigor.

Tabela 3.42 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P), pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, primeira época de avaliação

LOTE	TA	G* (%)	P	PC* (%)	P	EAT* (%)	P	EASS* (%)	P	EP* (%)	P	CE ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$)	P	PG
1	6,2	97 A[1]	1	84 AB	2	81 AB	3	80 AB	3	85 AB	0	244 C	-2	7
2	6,3	96 A	1	91 A	4	76 AB	3	88 AB	3	86 AB	0	247 BC	-1	10
3	6,3	97 A	1	72 BC	-3	74 B	2	79 AB	3	85 AB	0	241 C	-2	1
4	6,5	95 A	1	83 ABC	1	88 AB	3	76 B	2	84 AB	0	254 D	-9	-2
5	6,4	97 A	1	91 A	4	91 A	4	85 AB	3	94 A	1	187 A	7	20
6	7,2	97 A	1	91 A	4	85 AB	3	93 A	4	86 AB	0	231 BC	-1	11
7	7,7	97 A	1	94 A	4	76 AB	3	84 AB	3	95 A	0	189 A	7	18
8	7,6	95 A	1	72 BC	-3	40 C	-7	48 C	-7	86 AB	0	240 BC	-1	-17
9	7,7	97 A	1	63 CD	-5	45 C	-7	39 C	-7	89 AB	0	249 C	-2	-20
10	7,8	87 B	-9	49 D	-8	28 C	-7	32 C	-7	73 B	-2	214 AB	4	-29
CV(%)	-	7,4		10,4		9,5		8,7		7,9		5,4		

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$.

A análise computadorizada de plântulas pelo SVIS foi capaz de diferenciar os lotes quanto ao vigor (Tabela 3.43). O índice de vigor dos lotes 5 e 7 foi superior ao da maior parte dos lotes; esse resultado foi semelhante ao verificado nas avaliações de primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e condutividade elétrica, assim como o menor potencial dos lotes 9 e 10 também foi constatado na primeira contagem e no envelhecimento acelerado (ambas metodologias).

Os lotes 5 e 7 tiveram maior velocidade de germinação, possivelmente associado a maior velocidade de reorganização das membranas celulares, o que proporcionou crescimento de plântulas mais rápido e uniforme, refletindo-se no maior índice de vigor. Já os lotes 9 e 10 devido ao menor vigor, tiveram menor capacidade de resistência à estresses, impostos pelas condições de altas umidade relativa do ar e temperatura e possivelmente em razão disto foram mais afetados pelo envelhecimento acelerado. É interessante observar que o lote 9 embora com alto percentual de germinação (97%), teve baixo desempenho nas demais avaliações de vigor, o que reforça a importância da utilização de vários testes para caracterizar o potencial fisiológico de lotes de sementes.

De maneira geral, o índice de crescimento e o comprimento de plântulas foram maiores nos lotes 5 e 7, sendo que estes lotes também destacaram-se nas demais avaliações de vigor, conforme discussão anterior.

A uniformidade de crescimento de plântulas também foi sensível para avaliar o vigor das sementes; é importante observar que o lote 10 teve desempenho muito inferior aos demais, neste e nos outros parâmetros avaliados por meio do SVIS, o que também ocorreu nas avaliações de vigor tradicionalmente utilizadas (Tabelas 3.42 e 3.43).

O uso de parâmetros capazes de detectar diferenças de vigor entre lotes com germinação semelhante é desejável na análise de sementes; além disso, é fundamental que estes sejam coerentes com as avaliações rotineiramente utilizadas, pois apesar de não existirem testes de vigor padronizados para a maioria das espécies cultivadas, há referências na literatura citando o uso de testes como o envelhecimento acelerado (TORRES; NEGREIROS, 2008; DEMIR et al., 2005), condutividade elétrica (NOVEMBRE et al., 2002), entre outros, para análise de vigor de sementes de berinjela.

Os resultados dos índices obtidos com a análise computadorizada de plântulas evidenciam a possibilidade do uso do SVIS na avaliação segura do potencial fisiológico de sementes de berinjela, especialmente considerando que a interpretação de testes de vigor geralmente depende de decisões tomadas pelo analista, considerando critérios pré-estabelecidos como, por exemplo, os conceitos sobre normalidade de plântulas; testes de vigor

podem apresentar limitações, destacando-se a variação de resultados entre analistas e laboratórios, face à possível subjetividade da interpretação; ao mesmo tempo, vários testes consomem período de tempo considerado excessivo para a obtenção dos resultados. Consequentemente, a automatização desses procedimentos, via recursos computacionais, pode contribuir significativamente para aprimorar a precisão de resultados, além da obtenção mais rápida da informação (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Tabela 3.43 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IUC) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, primeira época de avaliação

LOTE	IV	P	IC	P	IUC	P	CP	P	PG
1	650 BC*	-1	558 BC	-1	866 AB	2	5,3 B	0	0
2	627 BC	-1	527 C	-2	865 AB	2	4,8 B	0	-1
3	632 BC	-1	533 C	-2	867 AB	2	4,9 B	0	-1
4	618 BC	-1	526 C	-2	836 ABC	1	4,6 BC	-1	-4
5	737 A	7	677 A	7	879 A	3	6,4 A	7	24
6	697 AB	2	652 AB	6	803 BC	0	5,5 AB	2	10
7	771 A	7	748 A	7	826 ABC	1	6,5 A	7	22
8	572 C	-2	481 CD	3	785 C	-3	3,6 C	-5	-7
9	617 BC	-1	526 C	-2	833 ABC	1	4,5 BC	-1	-3
10	440 D	-9	370 D	-8	605 D	-9	1,6 D	-9	-35
CV(%)	5,4	-	8,7	-	3,7	-	8,7	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os dados referentes a segunda, terceira, quarta e quinta épocas de avaliação dos lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, encontram-se nas Tabelas 3.44 a 3.47.

O teor de água das sementes teve pequena variação entre os lotes em cada época (Tabelas 3.44 a 3.47), porém houve redução na quarta época; embora as sementes tenham sido armazenadas em sacos de papel aluminizado, que teoricamente são impermeáveis, ocorreram trocas; na Figura 3.3 é possível observar que entre a terceira e quarta época ocorreu redução da umidade relativa do ar em Piracicaba, o que pode ter influenciado nos resultados, pois o controle das condições ambientais da sala onde as sementes foram armazenadas é passível de falhas, assim como qualquer outro sistema. Embora essa redução tenha sido de apenas 6%, vale lembrar que esses valores são as médias mensais.

No entanto, como o objetivo do trabalho é verificar se a análise computadorizada de plântulas é capaz de fornecer resultados comparáveis aos dos testes de vigor comumente utilizados em cada época de avaliação, isso não prejudica a discussão.

O teste de germinação na segunda época revelou similaridade entre os lotes, assim como ocorreu na época anterior, somente destacando menor potencial dos lotes 8 e 10; contudo, na terceira e quinta época essa avaliação, foi mais sensível para detectar diferenças entre os lotes, possivelmente devido ao avanço da deterioração, sendo que na terceira época os lotes 4 e 5 foram superiores aos lotes 8, 9 e 10, e na quinta época o lote 5 destacou-se com maior potencial comparado aos lotes 1, 3, 4, 8, 9 e 10.

Para a maioria dos lotes, o percentual de plântulas normais foi alto até os nove meses de armazenamento (quarta época), chegando a menos de 60% para metade dos lotes aos 12 meses de armazenamento (quinta época). Contudo, as avaliações de primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado, na maioria dos casos, indicaram baixo potencial dos lotes antes dos seis meses de armazenamento; por exemplo, os lotes 3 e 9, que tiveram 94 e 92% de germinação, respectivamente, após o envelhecimento acelerado geraram somente 59 e 50% (metodologia tradicional) e 75 e 63% de plântulas normais (solução salina saturada) , respectivamente, aos três meses de armazenamento (segunda época).

Os testes de envelhecimento acelerado (ambos métodos) avaliaram com eficiência o vigor dos lotes em todas épocas de análise (Tabelas 3.44 a 3.47). De maneira geral, o lote 7 foi mais vigoroso em relação à vários lotes e os lotes 9 e 10 tiveram baixo vigor, na maioria das épocas para ambas metodologias de envelhecimento.

Comparando-se as metodologias de envelhecimento acelerado, na segunda época, a metodologia tradicional foi mais drástica somente para os lotes 3, 6 e 9 e na quarta época para os lotes 2, 9 e 10, comparado ao método com uso de solução salina saturada; já na terceira época todos os lotes foram mais afetados pela tradicional, e na quinta época ocorreu o inverso, porém, nesta na maioria dos lotes as sementes já estavam muito deterioradas, chegando a somente 13% de germinação para alguns lotes.

A emergência de plântulas diferenciou os lotes em todas as épocas de avaliação, sendo que ficou mais evidente o menor vigor do lote 10, na maioria das épocas. De maneira geral, o percentual de plântulas emersas ficou acima de 85% para a maior parte dos lotes durante todo o período do experimento, com algumas exceções, como por exemplo os lotes 4, 9 e 10 na segunda época, lotes 2 e 10 na terceira, lote 10 na quarta e quinta épocas.

O teste de condutividade elétrica diferenciou o vigor dos lotes em todas as épocas de avaliação e, de modo geral, identificou maior potencial fisiológico dos lotes 5, 6 e 7 ao longo do armazenamento.

Com base nos resultados citados, é possível inferir que a maioria dos testes realizados, para todas as épocas, foram eficientes para detectar diferença de potencial fisiológico entre os

lotes. Observando o desempenho dos lotes no conjunto de testes utilizados verificou-se, de maneira geral, superioridade dos lotes 5, 6 e 7 e inferioridade dos lotes 8, 9 e 10 (Tabelas 3.44 a 3.47).

Tabela 3.44 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, segunda época de avaliação

LOTE	TA (%)	G* (%)	P	PC* (%)	P	EAT* (%)	P	EASS* (%)	P	EP (%)	P	CE ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$)	P	PG
1	6,6	91 A[1]	2	91 A	2	84 AB	3	85 AB	3	88 A	3	203 C	-4	9
2	6,5	94 A	2	94 A	2	77 AB	3	76 AB	3	88 A	3	218 C	-4	9
3	6,6	94 A	2	94 A	2	59 CD	-6	75 CD	-6	83 A	3	214 C	-4	-9
4	6,4	95 A	2	95 A	2	80 AB	3	76 AB	3	69 B	-7	207 C	-4	-3
5	7,1	92 A	2	92 A	2	81 AB	3	79 AB	3	87 A	3	119 A	7	20
6	7,4	92 A	2	92 A	2	70 BC	1	84 BC	-1	89 A	3	124 A	7	14
7	7,1	94 A	2	94 A	2	89 A	4	79 A	4	87 A	3	132 A	7	22
8	6,8	86 B	-8	86 B	-8	84 AB	3	70 AB	3	85 A	3	206 C	-4	-11
9	6,6	92 A	2	92 A	2	50 D	-7	63 D	-6	74 B	-7	205 C	-4	-22
10	6,7	63 B	-8	63 B	-8	46 D	-7	38 D	-6	68 B	-7	148 B	-3	-39
CV(%)	-	5,6		5,9		5,6		7,2		6,6		5,6		

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$.

Tabela 3.45 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, terceira época de avaliação

LOTE	TA (%)	G (%)	P	PC (%)	P	EAT (%)	P	EASS (%)	P	EP (%)	P	CE ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$)	P	PG
1	7,3	93 AB	2	90 A	2	44 DEF	-3	67 AB	0	90 AB	1	234 D	-9	-7
2	7,2	93 AB	2	91 A	2	63 ABC	3	81 A	2	76 BC	-1	219 BC	-2	4
3	7,5	91 ABC	1	87 AB	1	60 ABCD	2	88 A	2	81 ABC	0	215 BC	-2	4
4	7,3	94 A	3	90 A	2	54 BCDE	0	76 A	2	90 AB	1	206 C	-3	5
5	7,9	95 A	3	93 A	2	69 AB	4	80 A	2	90 AB	1	103 A	7	19
6	7,8	93 AB	2	88 AB	1	62 ABCD	2	83 A	2	91 AB	1	103 A	7	15
7	7,8	90 ABC	1	85 AB	1	78 A	5	85 A	2	94 A	2	107 A	7	18
8	7,2	81 CD	-5	72 BC	-4	40 EF	-5	66 AB	0	93 AB	0	205 C	-3	-17
9	7,1	85 BCD	-2	80 ABC	-4	50 CDEF	-2	41 B	-6	89 AB	0	212 C	-3	-17
10	7,4	78 D	-7	63 C	-7	32 F	-6	41 B	-6	64 C	7	151 B	1	-11
CV(%)	-	5,6	-	7,4	-	14,0	-	11,2	-	8,8	-	4,9	-	-

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$.

Tabela 3.46 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, quarta época de avaliação

LOTE	TA (%)	G (%)	P	PC (%)	P	EAT (%)	P	EASS (%)	P	EP (%)	P	CE ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$)	P	PG
1	5,0	97 A[1]	1	94 A	1	90 A	3	86 A	1	86 AB	0	237 C	-4	2
2	5,2	92 A	1	92 A	1	76 AB	2	79 A	1	93 A	1	235 C	-4	2
3	5,0	95 A	1	95 A	1	80 AB	2	76 A	1	91 A	1	238 C	-4	2
4	5,0	92 A	1	92 A	1	71 B	1	71 AB	0	94 A	1	233 C	-4	0
5	5,5	91 A	1	91 A	1	87 AB	2	89 A	1	94 A	1	122 A	7	12
6	5,5	92 A	1	92 A	1	87 AB	2	84 A	1	95 A	1	117 A	7	13
7	5,3	96 A	1	96 A	1	86 AB	2	75 A	1	95 A	1	118 A	7	13
8	5,3	91 A	1	91 A	1	83 AB	2	88 A	1	92 A	1	228 C	-4	2
9	5,0	89 A	1	89 A	1	33 C	-8	85 A	1	95 A	1	227 C	-4	-10
10	5,1	67 B	-1	67 B	-1	44 C	-8	51 B	-8	73 B	-8	156 B	-4	-32
CV(%)	-	5,5	-	5,9	-	8,2	-	9,1	-	7,6	-	4,7	-	-

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/2}$

Tabela 3.47 - Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e com solução salina saturada (EASS), emergência de plântulas (EP), condutividade elétrica (CE) e classificação estatística, pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, quinta época de avaliação

LOTE	TA (%)	G* (%)	P	PC (%)	P	EAT (%)	P	EASS* (%)	P	EP* (%)	P	CE ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$)	P	PG
1	6,2	52 CD[1]	-4	47 DE	-4	23 CD	-2	14 C	-3	95 AB	1	199 BCD	-2	-14
2	6,3	82 AB	5	77 ABC	5	25 BCD	-1	13 C	-3	93 AB	1	211 CD	-3	4
3	6,2	57 CD	-4	50 DE	-4	30 ABCD	0	18 BC	-2	90 AB	1	195 BCD	-2	-7
4	6,0	58 C	-3	52 D	-3	31 ABCD	0	23 ABC	0	88 BC	-1	210 CD	-3	-10
5	7,0	89 A	6	88 A	6	40 AB	3	32 A	6	97 AB	1	112 A	7	23
6	6,8	84 AB	5	81 AB	5	37 ABC	2	35 A	6	95 AB	1	152 AB	3	22
7	6,8	86 A	6	84 AB	5	44 A	5	29 AB	4	98 A	2	107 A	7	29
8	6,6	65 BC	-2	63 BCD	0	27 BCD	-1	16 C	-3	90 AB	1	247 D	-4	-11
9	6,4	57 CD	-4	55 CD	-2	19 D	3	17 BC	-2	90 AB	1	205 BCD	-2	-6
10	6,2	36 D	-5	28 E	-7	17 D	3	13 C	-3	73 C	-8	183 BC	1	-19
CV(%)	-	9,9	-	14,5	-	22,7	-	12,7	-	6,9	-	12,4	-	-

[1]As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Dados transformados em arc sen $(x/100)^{1/}$

Os resultados de análise computadorizada de plântulas da segunda, terceira, quarta e quinta épocas podem ser visualizados nas tabelas 3.48 a 3.51.

Os índices de vigor e de crescimento e o comprimento de plântulas revelaram maior potencial fisiológico dos lotes 5, 6 e 7 em todas as épocas de avaliação. Dentro de cada época de análise foi possível observar que as sementes destes lotes tiveram menor lixiviação de exsudatos, por sua maior agilidade na reorganização de suas membranas celulares e com isso foram mais rápidas na velocidade de germinação e no desenvolvimento de plântulas, assim como menos influenciados pelas condições adversas do envelhecimento acelerado.

Nas tabelas 3.52 a 3.63 são apresentados os dados de comparação entre a classificação dos lotes em níveis de vigor pelos índices de vigor, de crescimento e de uniformidade de crescimento e o comprimento de plântulas com os testes de vigor comumente utilizados, para cada época de avaliação.

As informações obtidas com o índice de vigor permitiram separar os lotes em níveis, e esta classificação foi mais coerente com as informações dos testes rotineiramente utilizados para esta finalidade, na primeira, segunda (Tabela 3.52) e quinta épocas (Tabela 3.54), pois 80% a 90% dos lotes tiveram classificação idêntica, ao passo que na terceira e quarta época (Tabela 3.53) esta coincidência foi de 70% e 50%, respectivamente.

Na primeira época, os lotes 5 e 7 destacaram-se comparados aos demais tanto nos testes tradicionalmente utilizados (pontuação geral), como na análise computadorizada de plântulas, sendo que estes lotes tiveram menor lixiviação de exsudatos avaliada pela condutividade elétrica, possivelmente este resultado é reflexo da melhor capacidade de reorganização das membranas celulares, e com isso a velocidade de germinação foi maior, assim como o desenvolvimento da plântula, avaliado pelo índice de vigor. Resultado semelhante foi verificado em lotes de sementes de girassol, que tiveram menor valor de lixiviados da solução de embebição avaliada na condutividade elétrica e originaram plântulas com maior comprimento, ou seja, houve maior reparo das membranas celulares (BRAZ; ROSSETO, 2009).

Na segunda época, também houve maior capacidade de reorganização das membranas celulares para os lotes 5 e 7, assim como para o 6, porém, a primeira contagem de germinação não indicou diferença entre a maioria dos lotes, assim como a emergência de plântulas, contudo, o índice de vigor revelou maior potencial do lote 5.

Na quinta época, os lotes 5, 6 e 7 tiveram maior índice de vigor, assim como menor condutividade elétrica; houve também maior resistência ao envelhecimento acelerado tradicional do lote 7 e com solução salina saturada dos lotes 5 e 6, maior emergência de

plântulas do lote 7 e maior velocidade de germinação, avaliada pela primeira contagem do teste, para o lote 5. Utilizando a análise computadorizada de plântulas por meio do SVIS outra pesquisa mostrou coerência dos resultados obtidos no índice de vigor com a condutividade elétrica para sementes de crotalária (SILVA et al., 2012); para sementes de alface o índice de vigor indicou resultados compatíveis com os obtidos na primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado (CONTRERAS; BARROS, 2005) e com o envelhecimento acelerado com solução salina saturada e a emergência de plântulas (PEÑALOSA et al., 2005).

Sendo assim, o índice de vigor atendeu as expectativas esperadas para uma avaliação de vigor, que segundo Bennett (2002) devem ser: maior sensibilidade para avaliar a qualidade de sementes do que o teste de germinação, fornecer resposta consistente com a classificação dos lotes segundo o seu desempenho, ser objetivo, rápido, simples e econômico, repetível e de fácil interpretação.

Outro índice fornecido pelo SVIS foi o de crescimento de plântulas, que na segunda (Tabela 3.55) e quinta época (Tabela 3.57) revelou informações mais coerentes com as dos demais testes de vigor, com 80% e 90%, respectivamente, de coincidência na classificação dos lotes; na primeira (Tabela 3.55) e terceira (Tabela 3.56) época esse valor foi de 70% e na quarta época (Tabela 3.56), o mais baixo, foi de 50%. Na quarta época, a coincidência na classificação foi menor, pois como pode se observar na Tabela 3.16, não houve diferença entre a maioria dos lotes para alguns testes de vigor, como primeira contagem de germinação e emergência de plântulas, o que influenciou na pontuação geral, já o índice de crescimento de plântulas revelou maior potencial dos lotes 5, 6 e 7, menor do lote 10 e intermediário dos demais lotes.

A avaliação do crescimento de plântulas para análise do vigor de sementes é indicada pelas normas internacionais para análise de sementes (ISTA, 2011), e vários trabalhos de pesquisa utilizando a análise computadorizada relatam sua eficiência para diferentes espécies, como soja (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), canola (TOHIDLOO; KRUSE, 2009), impatiens (OAKLEY; KESTER; GENEVE, 2004), pepino (CHIQUITO, 2011) e, também, a detecção de diferenças de vigor entre lotes de sementes de melão comparável aos testes tradicionalmente utilizados (MARCOS FILHO et al., 2006).

Na avaliação do crescimento de plântulas é importante considerar a uniformidade, pois a análise deste parâmetro é uma das formas mais importantes de avaliar o vigor de sementes, já que a uniformidade e a velocidade de crescimento estão inclusas na própria conceituação de vigor (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). O índice de uniformidade de crescimento de plântulas revelou resultados mais compatíveis aqueles obtidos nos demais testes de vigor

na terceira e quarta época, sendo que nestas, 70% e 80%, respectivamente, da classificação dos lotes foi idêntica na análise pelo SVIS e demais testes; entretanto, na terceira e quarta época, o índice em questão somente mostrou menor potencial do lote 10 em relação aos demais. Por outro lado, os demais índices da análise computadorizada de plântulas conseguiram diferenciar melhor os lotes. Para sementes de amendoim, a uniformidade de crescimento de plântulas não foi um parâmetro eficiente na avaliação do potencial fisiológico (MARCHI; CICERO; GOMES JUNIOR, 2011).

O uso do SVIS na análise computadorizada de plântulas fornece mais um parâmetro para avaliação do potencial fisiológico de sementes, o comprimento de plântulas, que classificou os lotes de maneira semelhante aos demais testes de vigor em todas as épocas, sendo que na quinta (Tabela 3.63) e segunda (Tabela 3.61) épocas a coincidência de classificação foi maior, sendo de 90% e 80%, respectivamente; nas demais épocas houve resultado semelhante, porém a taxa de coincidência foi menor, sendo de 70% na primeira (Tabela 3.61) e terceira épocas (Tabela 3.62) e 50% na quarta época. O comprimento de plântulas, avaliado manualmente, já mostrou-se eficiente na avaliação do vigor de sementes de várias espécies, no entanto é um procedimento que consome considerável tempo para sua realização e está sujeito à erros de interpretação pela subjetividade inerente ao teste, o que pode ser solucionado pela análise automatizada, que é rápida e precisa. Outros trabalhos revelaram eficiência com o uso do SVIS na avaliação da qualidade de sementes de crotalaria (SILVA et al., 2012), mamona (KOBORI et al., 2010), soja (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), alface (PEÑALOSA et al., 2005) e para avaliar o efeito do condicionamento fisiológico de sementes de *Guazuma ulmifolia* (BRANCALION et al., 2010).

De forma geral, considerando-se a pontuação dos lotes por seu desempenho no conjunto de índices avaliados pelo SVIS e nos demais testes de vigor (Tabelas 3.64 a 3.66), foi possível observar alta relação entre os dados nas cinco épocas de avaliação, porém, deve-se lembrar que a eficiência varia conforme o índice utilizado.

É importante mencionar que diferentes procedimentos para avaliação do vigor de sementes vem sendo desenvolvidos desde a década de 50, no entanto as pesquisas tem tido foco em grandes culturas e menor em hortaliças (MARCOS FILHO et al., 2006), portanto, esta pesquisa com sementes de solanáceas assume importância significativa para análise de sementes. Resultados satisfatórios são descritos na literatura com o uso do SVIS para avaliação do vigor de sementes de milho (OTONI; McDONALD, 2005), melão (MARCOS FILHO et al., 2006) e soja (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Além disso, essa análise foi eficiente para avaliar o efeito do condicionamento fisiológico de sementes de

milho doce (GOMES JUNIOR et al., 2009) e *Guazuma ulmifolia* (BRANCALION et al., 2010) e o efeito do tratamento de sementes de mamona com fungicidas (KOBORI et al., 2010) e de amendoim (MARCHI; CICERO; GOMES JUNIOR, 2011).

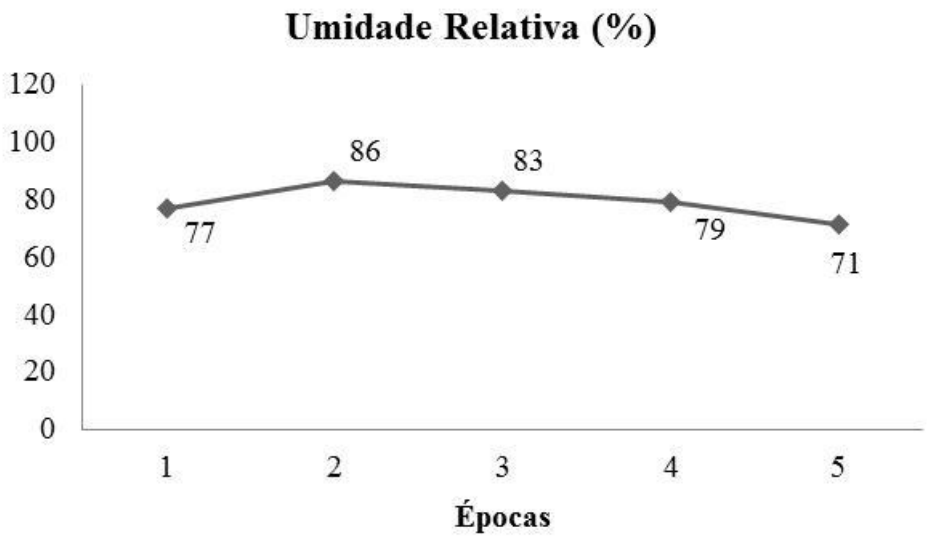


Figura 3.3 - Dados médios mensais de umidade relativa do ar no município de Piracicaba, SP, nos meses de setembro de 2009 (época 1), dezembro de 2009 (época 2), março de 2010 (época 3), junho de 2010 (época 4) e setembro de 2010 (época 5). Fonte: Posto meteorológico de Piracicaba, SP, base de dados da estação convencional, área de Física e Meteorologia- LEB-Esalq-USP

Tabela 3.48 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, segunda época

LOTE	IV	P	IC	P	IU	P	CP	P	PG
1	574 C*	-2	461 B	-2	839 A	1	3,8 C	-2	-5
2	568 C	-2	444 B	-2	859 A	1	3,9 C	-2	-5
3	539 C	-2	410 B	-2	841 A	1	3,5 C	-2	-5
4	541 C	-2	400 B	-2	873 A	1	3,6 C	-2	-5
5	762 A	8	704 A	7	900 A	1	6,8 A	8	24
6	735 AB	7	684 A	7	855 A	1	5,9 AB	7	22
7	696 B	6	632 A	7	821 A	1	5,5 B	6	20
8	534 C	-2	410 B	-2	826 A	1	3,3 C	-2	-5
9	557 C	-2	444 B	-2	821 A	1	3,6 C	-2	-5
10	345 D	-9	233 C	-9	607 B	-9	1,1 D	-9	-32
CV(%)	4,7	-	7,5	-	5,2	-	10,7	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 3.49 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, terceira época

LOTE	IV	P	IC	P	IU	P	CP	P	PG
1	687 B*	-2	602 B	-2	856 A	1	5,5 B	-2	-5
2	657 B	-2	573 B	-2	854 A	1	4,7 B	-2	-5
3	618 B	-2	521 B	-2	847 A	1	4,3 B	-2	-5
4	636 B	-2	540 B	-2	860 A	1	4,8 B	-2	-5
5	843 A	7	815 A	7	909 A	1	7,6 A	7	22
6	806 A	7	775 A	7	879 A	1	6,9 A	7	22
7	815 A	7	779 A	7	899 A	1	7,4 A	7	22
8	651 B	-2	579 B	-2	820 A	1	4,5 B	-2	-5
9	681 B	-2	599 B	-2	875 A	1	5,2 B	-2	-5
10	443 C	-9	391 C	-9	564 B	-9	1,4 C	-9	-32
CV(%)	4,6	-	6,3	-	4,8	-	10,6	-	-

*As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 3.50 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, quarta época de avaliação

LOTE	IV	P	IC	P	IU	P	CP	P	PG
1	640 BC*	-1	535 B	-2	884 A	1	4,5 C	-2	-4
2	602 C	-2	490 B	-2	868 A	1	4,9 C	-2	-5
3	622 C	-2	509 B	-2	887 A	1	5,4 BC	-1	-4
4	595 C	-2	482 B	-2	861 A	1	4,8 C	-2	-5
5	788 A	7	744 A	7	892 A	1	7,6 A	7	22
6	764 A	7	727 A	7	853 A	1	7,0 A	7	22
7	738 AB	6	688 A	7	855 A	1	6,7 AB	6	20
8	605 C	-2	501 B	-2	849 A	1	4,7 C	-2	-5
9	582 C	-2	473 B	-2	840 A	1	4,7 C	-2	-5
10	393 D	-9	290 C	-9	633 B	-9	1,7 D	-9	-32
CV(%)	6,6	-	9,2	-	4,2	-	11,3	-	-

*As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 3.51 - Índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU), e comprimento de plântulas (CP), pontuação por avaliação (P) e pontuação geral (PG) de dez lotes de sementes de berinjela cultivar Embu, quinta época de avaliação

LOTE	IV	P	IC	P	IU	P	CP	P	PG
1	500 B*	-2	323 B	-2	915 A	3	3,5 B	-2	-5
2	508 B	-2	357 B	-2	863 ABC	1	3,5 B	-2	-5
3	470 B	-2	307 B	-2	853 ABC	1	2,9 B	-2	-5
4	500 B	-2	331 B	-2	895 AB	2	3,4 B	-2	-4
5	654 A	7	570 A	7	852 ABC	1	5,7 A	7	22
6	683 A	7	605 A	7	866 ABC	1	6,0 A	7	22
7	670 A	7	607 A	7	817 C	-1	5,4 A	7	20
8	530 B	-2	397 B	-2	842 BC	0	3,6 B	-2	-6
9	521 B	-2	377 B	-2	856 ABC	1	3,6 B	-2	-5
10	333 C	-9	210 C	-9	621 D	-9	1,3 C	-9	-32
CV(%)	5,6	-	9,4	-	3,3	-	9,9	-	-

*As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 3.52 - Comparação entre resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, cultivar Embu, primeira e segunda épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	-1	IM	7	SM	0
2	-1	IM	10	SM	0
3	-1	IM	-4	IM	1
4	-1	IM	-1	IM	1
5	7	SM	20	SM	1
6	2	SM	12	SM	1
7	7	SM	19	SM	1
8	-2	IM	-13	IM	1
9	-1	IM	-21	IM	1
10	-9	IM	-30	IM	1
					8
					$TC=8.10^{-1}.100= 80\%$
			Época 2		
1	-2	IM	9	SM	0
2	-2	IM	9	SM	0
3	-2	IM	-9	IM	1
4	-2	IM	-3	IM	1
5	8	SM	20	SM	1
6	7	SM	14	SM	1
7	6	SM	22	SM	1
8	-2	IM	-11	IM	1
9	-2	IM	-22	IM	1
10	-9	IM	-39	IM	1
					8
					$TC=8.10^{-1}.100= 80\%$

Tabela 3.53 - Comparação entre resultados de índice de vigor (A), SVIS (B), com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados, de 10 lotes de sementes de berinjela, terceira e quarta épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	-2	IM	-7	IM	1
2	-2	IM	4	SM	0
3	-2	IM	4	SM	0
4	-2	IM	5	SM	0
5	7	SM	19	SM	1
6	7	SM	15	SM	1
7	7	SM	18	SM	1
8	-2	IM	-17	IM	1
9	-2	IM	-17	IM	1
10	-9	IM	-11	IM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$
			Época 4		
1	-1	IM	2	SM	0
2	-2	IM	2	SM	0
3	-2	IM	2	SM	0
4	-2	IM	0	M	0
5	7	SM	12	SM	1
6	7	SM	13	SM	1
7	6	SM	13	SM	1
8	-2	IM	2	SM	0
9	-2	IM	-10	IM	1
10	-9	IM	-32	IM	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Tabela 3.54 - Comparação entre resultados de índice de vigor (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	-2	IM	-14	IM	1
2	-2	IM	4	SM	0
3	-2	IM	-7	IM	1
4	-2	IM	-10	IM	1
5	7	SM	23	SM	1
6	7	SM	22	SM	1
7	7	SM	29	SM	1
8	-2	IM	-11	IM	1
9	-2	IM	-6	IM	1
10	-9	IM	-19	IM	1
					9
					$TC=9.10^{-1}.100=90\%$

Tabela 3.55 - Comparação entre resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, primeira e segunda épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	-1	IM	7	SM	0
2	-2	IM	10	SM	0
3	-2	IM	-4	IM	1
4	-2	IM	-1	IM	1
5	7	SM	20	SM	1
6	6	SM	12	SM	1
7	7	SM	19	SM	1
8	3	SM	-13	IM	0
9	-2	IM	-21	IM	1
10	-8	IM	-30	IM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$

Tabela 3.55 - Comparação entre resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, primeira e segunda épocas de avaliação (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 2		
1	-2	IM	9	SM	0
2	-2	IM	9	SM	0
3	-2	IM	-9	IM	1
4	-2	IM	-3	IM	1
5	7	SM	20	SM	1
6	7	SM	14	SM	1
7	7	SM	22	SM	1
8	-2	IM	-11	IM	1
9	-2	IM	-22	IM	1
10	-9	IM	-39	IM	1
					8
					TC=8.10^{-1}.100= 80%

Tabela 3.56 - Comparação entre resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, terceira e quarta épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	-2	IM	-7	IM	1
2	-2	IM	4	SM	0
3	-2	IM	4	SM	0
4	-2	IM	5	SM	0
5	7	SM	19	SM	1
6	7	SM	15	SM	1
7	7	SM	18	SM	1
8	-2	IM	-17	IM	1
9	-2	IM	-17	IM	1
10	-9	IM	-11	IM	1
					7
					TC=7.10^{-1}.100= 70%

Tabela 3.56 - Comparação entre resultados de índice de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, terceira e quarta épocas de avaliação (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 4		
1	-2	IM	2	SM	0
2	-2	IM	2	SM	0
3	-2	IM	2	SM	0
4	-2	IM	0	M	0
5	7	SM	12	SM	1
6	7	SM	13	SM	1
7	7	SM	13	SM	1
8	-2	IM	2	SM	0
9	-2	IM	-10	IM	1
10	-9	IM	-32	IM	1
					5
					TC=5.10^{-1}.100= 50%

Tabela 3.57 - Comparação entre resultados de índice de crescimento (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de tomate cultivar Mariana, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	-2	IM	-14	IM	1
2	-2	IM	4	SM	0
3	-2	IM	-7	IM	1
4	-2	IM	-10	IM	1
5	7	SM	23	SM	1
6	7	SM	22	SM	1
7	7	SM	29	SM	1
8	-2	IM	-11	IM	1
9	-2	IM	-6	IM	1
10	-9	IM	-19	IM	1
					9
					TC=9.10^{-1}.100= 90%

Tabela 3.58 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas, SVIS (A), com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, primeira e segunda épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	2	SM	7	SM	1
2	2	SM	10	SM	1
3	2	SM	-4	IM	0
4	1	SM	-1	IM	0
5	3	SM	20	SM	1
6	0	M	12	SM	0
7	1	SM	19	SM	1
8	-3	IM	-13	IM	1
9	1	SM	-21	IM	0
10	-9	IM	-30	IM	1
					6
					$TC=6.10^{-1}.100= 60\%$
			Época 2		
1	1	SM	9	SM	1
2	1	SM	9	SM	1
3	1	SM	-9	IM	0
4	1	SM	-3	IM	0
5	1	SM	20	SM	1
6	1	SM	14	SM	1
7	1	SM	22	SM	1
8	1	SM	-11	IM	0
9	1	SM	-22	IM	0
10	-9	IM	-39	IM	1
					6
					$TC=6.10^{-1}.100= 60\%$

Tabela 3.59 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, terceira e quarta épocas de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	1	SM	-7	IM	0
2	1	SM	4	SM	1
3	1	SM	4	SM	1
4	1	SM	5	SM	1
5	1	SM	19	SM	1
6	1	SM	15	SM	1
7	1	SM	18	SM	1
8	1	SM	-17	IM	0
9	1	SM	-17	IM	0
10	-9	IM	-11	IM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$
			Época 4		
1	1	SM	2	SM	1
2	1	SM	2	SM	1
3	1	SM	2	SM	1
4	1	SM	0	M	0
5	1	SM	12	SM	1
6	1	SM	13	SM	1
7	1	SM	13	SM	1
8	1	SM	2	SM	1
9	1	SM	-10	IM	0
10	-9	IM	-32	IM	1
					8
					$TC=8.10^{-1}.100= 80\%$

Tabela 3.60 - Comparação entre resultados de índice de uniformidade de crescimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
1	0	M	7	SM	0
2	0	M	10	SM	0
3	0	M	-4	IM	0
4	-1	IM	-1	IM	1
5	7	SM	20	SM	1
6	2	SM	12	SM	1
7	7	SM	19	SM	1
8	-5	IM	-13	IM	1
9	-1	IM	-21	IM	1
10	-9	IM	-30	IM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$

Tabela 3.61 - Comparação entre resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, primeira e segunda épocas de avaliação. (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 1		
1	3	SM	-14	IM	0
2	1	SM	4	SM	1
3	1	SM	-7	IM	0
4	2	SM	-10	IM	0
5	1	SM	23	SM	1
6	1	SM	22	SM	1
7	-1	IM	29	SM	0
8	0	M	-11	IM	0
9	1	SM	-6	IM	0
10	-9	IM	-19	IM	1
					4
					$TC=4.10^{-1}.100= 40\%$

Tabela 3.61 - Comparação entre resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, primeira e segunda épocas de avaliação. (conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 2		
1	-2	IM	9	SM	0
2	-2	IM	9	SM	0
3	-2	IM	-9	IM	1
4	-2	IM	-3	IM	1
5	8	SM	20	SM	1
6	7	SM	14	SM	1
7	6	SM	22	SM	1
8	-2	IM	-11	IM	1
9	-2	IM	-22	IM	1
10	-9	IM	-39	IM	1
					8
					$TC=8.10^{-1}.100= 80\%$

Tabela 3.62 - Comparação entre resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, terceira e quarta épocas de avaliação (continua)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 3		
1	-2	IM	-7	IM	1
2	-2	IM	4	SM	0
3	-2	IM	4	SM	0
4	-2	IM	5	SM	0
5	7	SM	19	SM	1
6	7	SM	15	SM	1
7	7	SM	18	SM	1
8	-2	IM	-17	IM	1
9	-2	IM	-17	IM	1
10	-9	IM	-11	IM	1
					7
					$TC=7.10^{-1}.100= 70\%$

Tabela 3.62 – Comparação dos resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, terceira e quarta épocas de avaliação

(conclusão)

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 4		
1	-2	IM	2	SM	0
2	-2	IM	2	SM	0
3	-1	IM	2	SM	0
4	-2	IM	0	M	0
5	7	SM	12	SM	1
6	7	SM	13	SM	1
7	6	SM	13	SM	1
8	-2	IM	2	SM	0
9	-2	IM	-10	IM	1
10	-9	IM	-32	IM	1
					5
					$TC=5.10^{-1}.100= 50\%$

Tabela 3.63 – Comparação dos resultados de comprimento de plântulas (A), SVIS, com resultados de testes de vigor tradicionalmente utilizados (B), de 10 lotes de sementes de berinjela, quinta época de avaliação

Lotes	A		B		Conjuntos A e B
	PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
			Época 5		
1	-2	IM	-14	IM	1
2	-2	IM	4	SM	0
3	-2	IM	-7	IM	1
4	-2	IM	-10	IM	1
5	7	SM	23	SM	1
6	7	SM	22	SM	1
7	7	SM	29	SM	1
8	-2	IM	-11	IM	1
9	-2	IM	-6	IM	1
10	-9	IM	-19	IM	1
					9
					$TC=9.10^{-1}.100= 90\%$

Tabela 3.64 - Distribuição dos lotes de sementes de berinjela em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, primeira e segunda épocas de avaliação

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
1		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
	1	7	SM	0	M	0
	2	10	SM	-1	IM	0
	3	1	SM	-1	IM	0
	4	-2	IM	-4	IM	1
	5	20	SM	24	SM	1
	6	11	SM	10	SM	1
	7	18	SM	22	SM	1
	8	-17	IM	-7	IM	1
	9	-20	IM	-3	IM	1
	10	-29	IM	-35	IM	1
						7
						TC= $7.\ 10^{-1}.100= 70\%$
2	1	9	SM	-5	IM	0
	2	9	SM	-5	IM	0
	3	-9	IM	-5	IM	1
	4	-3	IM	-5	IM	1
	5	20	SM	24	SM	1
	6	14	SM	22	SM	1
	7	22	SM	20	SM	1
	8	-11	IM	-5	IM	1
	9	-22	IM	-5	IM	1
	10	-39	IM	-32	IM	1
						8
						TC= $8.\ 10^{-1}.\ 100= 80\%$

Tabela 3.65 - Distribuição dos lotes de sementes de berinjela em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, terceira e quarta épocas de avaliação

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
3		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
	1	-5	IM	-7	IM	1
	2	-5	IM	4	SM	0
	3	-5	IM	4	SM	0
	4	-5	IM	5	SM	0
	5	22	SM	19	SM	1
	6	22	SM	15	SM	1
	7	22	SM	18	SM	1
	8	-5	IM	-17	IM	1
	9	-5	IM	-17	IM	1
	10	-32	IM	-11	IM	1
						7
						TC= $7.\ 10^{-1}.100$= 70%
4	1	-4	IM	2	SM	0
	2	-5	IM	2	SM	0
	3	-4	IM	2	SM	0
	4	-5	IM	0	M	0
	5	22	SM	12	SM	1
	6	22	SM	13	SM	1
	7	20	SM	13	SM	1
	8	-5	IM	2	SM	0
	9	-5	IM	-10	IM	1
	10	-32	IM	-32	IM	1
						5
						TC= $5.\ 10^{-1}.\ 100$= 50%

Tabela 3.66 - Distribuição dos lotes de sementes de berinjela em grupos superior (SM), inferior (IM) e médio (M) nos conjuntos A (índices SVIS) e B (testes de vigor tradicionais); taxa de coincidência (TC), entre os conjuntos A e B, calculada a partir do número de presenças no mesmo grupo, quinta época de avaliação

Época	Lotes	A		B		Conjuntos A e B
5		PG	Grupo M=0	PG	Grupo M=0	Presenças no mesmo grupo
	1	-14	IM	-5	IM	1
	2	4	SM	-5	IM	0
	3	-7	IM	-5	IM	1
	4	-10	IM	-4	IM	1
	5	23	SM	22	SM	1
	6	22	SM	22	SM	1
	7	29	SM	20	SM	1
	8	-11	IM	-6	IM	1
	9	-6	IM	-5	IM	1
	10	-19	IM	-32	IM	1
						9
						TC= $9.\ 10^{-1}.100$= 90%

3.3 Considerações Finais

A análise computadorizada de plântulas com o uso do *software* SVIS foi eficiente na detecção de diferenças de vigor entre lotes de sementes de tomate e de berinjela em todas as épocas de avaliação, porém a eficiência deste procedimento variou com o parâmetro utilizado.

Outro aspecto a ser destacado é com relação à espécie estudada. Embora plântulas de tomate e de berinjela sejam semelhantes na sua estrutura, a análise de imagens com o SVIS foi mais eficiente para berinjela, pois em todos os momentos de avaliação seus resultados foram mais coerentes com os indicados nas demais avaliações de vigor. Alguns autores já estudaram modificações do método para diferentes espécies, como soja (HOFFMASTER et al., 2003)), milho (OTONI; McDONALD, 2005), algodão (XU; FUJIMURA; McDONALD, 2007); para alface, que foi a espécie para qual o programa foi criado (SAKO et al., 2001), Contreras e Barros (2005) ressaltaram que o método não leva em consideração necroses nos cotilédones, um tipo de anormalidade que pode prejudicar a emergência de plântulas.

No caso de solanáceas, a análise computadorizada de plântulas pelo SVIS possibilitou considerar o principal tipo de anormalidade encontrado nas plântulas das duas

espécies, que foi encurtamento das raízes, característica que não é levada em conta na avaliação no teste de emergência de plântulas. É importante destacar que muitos pesquisadores consideram a avaliação da raiz primária um parâmetro fundamental para determinação do atributo fisiológico da qualidade de sementes.

Os resultados da presente pesquisa indicam nova possibilidade na área de análise de sementes de tomate e de berinjela, pois o uso da análise computadorizada de plântulas permitiu a avaliação segura e prática do potencial fisiológico das sementes em curto intervalo de tempo.

3.4 Conclusão

A análise computadorizada de plântulas com o *software* SVIS® é eficiente para avaliar o potencial fisiológico de sementes de tomate e de berinjela; a coerência de seus resultados com as informações fornecidas por meio dos testes de vigor tradicionalmente utilizados depende do índice utilizado; de maneira geral, os índices de vigor e de crescimento de plântulas e o comprimento de plântulas são mais eficientes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate; para sementes de berinjela, todos os índices obtidos na análise via SVIS são eficientes para separar os lotes em níveis de vigor de forma similar às avaliações rotineiramente utilizadas para essa finalidade.

Referências

ADA - American Dietetic Association. **Position of the American Dietetic Association: functional foods**, Philadelphia, v. 10, p. 1278-1285, 1999.

ALVARENGA, R.O.; MARCOS FILHO, J. Análise computadorizada de imagens de plântulas para avaliação do vigor de sementes de algodão. In:Congresso Brasileiro de Sementes,17., 2011. Natal, **Informativo Abrates**, Natal, v. 21, n.2, 2011.

ARAUJO, A.E.S; CASTRO, A.P.G.; ROSSETO, C.A.V. Avaliação de metodologia para detecção de fungos em sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 2, p.45-54, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lasing, 1983. 88p. (AOSA. Contribution, 32).

BARBOSA, R.M.; COSTA, D.S.; SÁ, M.E. Envelhecimento acelerado de sementes de espécies oleráceas**. Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 328-335, 2011.

BENNETT, M. Saturated salt accelerated aging (SSAA) and other vigor tests for vegetable seeds**.** In: INTERNATIONAL SEED SEMINAR: TRADE PRODUCTION AND TECHNOLOGY, 2002, Santiago de Chile. **Proceedings...** Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2002. Palestra.

BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F. dos S.; VIDIGAL, D.S.; NAVEIRA, D.S.P. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.3, p. 64-71, 2006.

BRANCALION, P.H.S.;TAY, D.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R.; MARCOS FILHO, J. Priming of pioneer tree Guazuma ulmifolia (Malvaceae) seeds evaluated by an automated computer image analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.3, p.274-279, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BRAZ, M.R.S.; ROSSETO, C.A.V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p. 1997-2003, 2009.

CALIARI, M.F.; SILVA, W.R. Interpretação de dados de testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.23, n.1, p.239-251, 2001.

CHIQUITO, A.A. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de pepino utilizando sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (SVIS) em comparação com procedimentos tradicionais**. 2011. 64p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CONTRERAS, S.; BARROS, M. Vigor tests on lettuce seeds and their correlation with emergence. **Ciência e Investigación Agrária**, Santiago de Chile, v. 32, n.1, p. 3-10, 2005.

DELL'AQUILA, A. Digital imaging information technology applied to seed germination testing. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 29, p. 213–221, 2009.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.

DEMIR, I.; ERMIS, S.;OKÇU, G.; MATTHEWS, S. Vigour tests for predicting seedling emergence of aubergine (*Solanum melongena* L.) seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.33, p. 481-484, 2005.

FERGUSON, J.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Changes during early soybean seed and axes deterioration. **Crop Science**, Madison, v.30, n.1, p.175-179, 1990.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PINÃ-RODRIGUES,F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M. ;FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.131-174.

GAGLIARDI, B.; MARCOS FILHO, J. Relationship between germination and bell pepper seed structure assessed by the X-ray test. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.4, p.411-416, 2011.

GOMES JUNIOR, F.G.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. Evaluation of priming effects on sweet corn by SVIS. **Seed Technology**, Lincoln, v. 31, n. 1, p. 95-100, 2009.

HOFFMASTER, A.L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. An automated system for vigour testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.31, p. 701-713, 2003.

HOWARTH, M.S.; STANWOOD, P.C. Imaging techniques to enhance the preservation and utilization of seed germplasm. **Journal of Seed Technology**, Lincoln , v.17, p. 54-64, 1993.

ISTA- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods,**. Zurich, 1995. 117p.

ISTA- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods,**. Zurich, 2011. 117p.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, n.1, p.123-131, 1996.

KEYS, R.D. CASAS (computerized automated seed analysis system): an approach to the analysis and testing of seed. **Journal of Seed Technology,** Lincoln, v.**7**, p. 23-35, 1982.

KEYS, R.D.; MARGAPURAM, R.G.;REUSCHE, G.A. Automated seedling length measurement for germination, vigor estimation using CASAS (Computerized automated seed analysis system). **Journal of Seed Technology,** Lincoln, v. 9, n.1, p. 41-53, 1984.

KOBORI, N.N.; MASTRANGELO, T.; CICERO, S.M.; CASSIERI, P.; MORAES, M.H.D.; WALDER, J.M.M. Effects of gamma radiation on physiological and phytosanitary qualities of Brazilian Castor Bean seeds, *Ricinus communis* (cv. IAC Guarani). **Research Journal of Seed Science**, New York, v. 3, n. 2, p. 70-81, 2010.

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.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-21.

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

MARCOS FILHO, J.; BENNETT, M.A.; MCDONALD, M.B.; EVANS, A.F.; GRASSBAUGH, E.M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures**. Seed Science and Technology**, Zurich, v. 35, p. 485-497, 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**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

McCORMAC, A.C.; KEEFE, P.D.; DRAPER, S.R. Automated vigour testing of field vegetables using image analysis. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.18, p. 103-112, 1990.

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

MARTINS, C.C.; CASTRO, M.M.; SENEME, A.M.; NAKAGAWA, J. Metodologia para a avaliação do vigor de sementes de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 301-304, 2006.

MENDONCA, E.A.F.; AZEVEDO, S.C.; GUIMARAES, S.C.; ALBUQUERQUE, M.C.F. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de sementes**, Londrina, v.30, n.3, p. 1-9, 2008.

MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; BAHRY, C.A.; MATTIONI, N.M. Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.2, p. 138-142, 2007.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de Sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes. 1999. 218p.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G.W.; BEWLEY, J.D. Germination—Still a mystery. **Plant Science**, Limerick, v. 179, p. 574–581, 2010.

NOVEMBRE, A.D.L.C.; CARPI, V.; MARCOS FILHO, J.; CHAMMA, H. Teste de condutividade elétrica para estimar o potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.293, 2002.

OAKLEY, K.; KESTER, S.T.; GENEVE, R.L. Computer-aided digital image analysis of seedling size and growth rate for assessing seed vigour in *Impatiens*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, p. 837-845, 2004.

OTONI, R.R.; McDONALD, M.B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 2, p.243-247, 2005.

PANOBIANCO, M.; MARCOS-FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.119-124, 2007.

PEÑALOZA, P.; RAMIREZ-ROSALES, G.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigor imaging system. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaiso, v.8, n.3, p.299-307, 2005.

RAJJOU, L.; DEBEAUJON, I. Seed longevity: Survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 331, p. 796-805, 2008.

ROCHA, C.R.M.; CICERO, S.M. Avaliação do vigor de sementes de girassol utilizando a análise computadorizada de imagens de plântulas. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES,17., 2011. Natal,. **Informativo Abrates**,Natal, , v. 21, n.2, 2011.

RODO, A.B. **Testes de vigor em sementes de tomate com ênfase ao teste de condutividade elétrica**. 1997. 41p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1997.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 20, n. 1, p.23-28, 1998.

RODO, A.B.; MARCOS FILHO, J. Accelerated aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of onion seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.465-469, 2003.

SAKO, Y.; MCDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich,v. 29, p. 625-636, 2001.

SEKHARAN, S. **Aged soybean seeds - their physiology and vigor assessment**. 2006. 180p. Tese (Ph.D) - The Ohio State University, Columbus/OH/EUA, 2005.

SILVA, S.A.; MARCOS FILHO, J.; KRZYZANOWSKI, F.C. Análise computadorizada de imagens para avaliação do vigor de sementes de trigo. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES,17., 2011. Natal, 2011. **Informativo Abrates**, Natal,, v. 21, n.2, 2011.

SILVA, C.B; LOPES, M.M.; MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R.D. Automated system of seedling image analysis (SVIS) and electrical conductivity to assess sun hemp seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 55 - 60, 2012.

TOHIDLOO, G.; KRUSE, M. Development of an image analysis aided seedling growth test for winter oilseed rape and verification as a vigour test. **Seed Science and Technology**, Zurich,v. 37, n.1, p 98-109, 2009.

TORRES, S.B.; MINAMI, K. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p. 109-112, 2000.

TORRES, S.B.; NEGREIROS, M.Z. Envelhecimento acelerado em sementes de berinjela. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p.209-213, 2008.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

XU, L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M.B. Automatic separation of overlapping seedlings by network optimization. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 35, p. 337-350, 2007.