

FLÁVIO AMILTON DA SILVA JUNIOR

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS E PROCESSAMENTO
DE DADOS EM ANÁLISE DE SEMENTES DE SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Willian Rodrigues Macedo

Coorientador: João Fernando Mari

**RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS
2023**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba

T

S586a
2023
Silva Junior, Flávio Amilton da, 1998-
Automação do sistema de aquisição de imagens e
processamento de dados em análise de sementes de soja / Flávio
Amilton da Silva Junior. – Rio Paranaíba, MG, 2023.
27 f.: il. (algumas color.).

Orientador: Willian Rodrigues Macedo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Instituto de Ciências Agrárias, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Vigor de sementes. 2. Fenolftaleína. 3. Processamento
de imagens. I. Macedo, Willian Rodrigues, 1982-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências
Agrárias. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal).
III. Título.

633.34


FLÁVIO AMILTON DA SILVA JUNIOR

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS E PROCESSAMENTO
DE DADOS EM ANÁLISE DE SEMENTES DE SOJA**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 FLAVIO AMILTON DA SILVA JUNIOR
Data: 13/04/2023 12:46:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Flávio Amilton da Silva Junior
Autor

Documento assinado digitalmente
 WILLIAN RODRIGUES MACEDO
Data: 13/04/2023 20:20:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Willian Rodrigues Macedo
Orientador

*A minha mãe Maria Aparecida Rodrigues
Ao meu pai Flávio Amilton da Silva
Ao meu padrinho Edilson Soares de Carvalho
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela minha vida, e por me proporcionar pessoas especiais para superar as dificuldades ao longo da especialização.

Agradeço a todos meus familiares e amigos pela dedicação, paciência e esforço em me auxiliar em momentos difíceis.

Aos professores, pela orientação e dedicação. Em especial aos professores Dr. Willian Macedo e Dr. João Mari pela paciência e dedicação.

A COOPADAP, pelo auxílio técnico.

Ao Laboratório de Análise de Sementes-Associação dos Produtores de Sementes e Mudanças do Estado de Minas Gerais pelo suporte à análise de sementes e especialmente a Enga. Agra. Maria Selma pelo apoio e conhecimento repassados.

A SHIMADA Agronegócios pelo apoio durante o desenvolvimento do curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Código do Financiamento 001.

RESUMO

SILVA JR, Flávio Amilton, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **Automação do sistema de aquisição de imagens e processamento de dados em análise de sementes de soja.** Orientador: Willian Rodrigues Macedo. Coorientador: João Fernando Mari.

A aferição do potencial dos lotes de sementes de soja é dada pelo teste de germinação e os testes de vigor, com empecilho de necessitar um longo período de tempo para obtenção dos resultados. O avanço de tecnologias e a adoção destas pelo setor do agronegócio, aliadas a demandas recorrentes, como obtenção de resultados rápidos sobre a qualidade de sementes, levou ao desenvolvimento de processos que aprimorem a redução de tempo e precisão de testes de vigor em lotes de sementes. O potencial ainda a ser explorado pelos testes de vigor, consiste na redução ou eliminação da possível subjetividade no processamento dos resultados, devido a características pessoais de cada analista. Esta pesquisa objetivou automatizar o teste de fenolftaleína, um teste que permite a avaliação de vigor, através de uma ferramenta computacional. O sistema é composto por um *scanner* adaptado para aquisição de imagens; associado a um software que processa as imagens automaticamente, e que possibilita a classificação de lotes de sementes de soja, com base nas características fisiológicas. Através de análises de regressão e análise de desvio padrão, foram verificadas a acurácia e a precisão do *software* no processamento dos lotes. Ocorreram avaliações de lotes de sementes de soja provenientes de quatro safras, sendo lotes das cultivares TEC e TMG. Os lotes de sementes foram avaliados quanto à qualidade fisiológica por testes de germinação e o vigor; posteriormente utilizados para análise de regressão com dados obtidos pelo sistema desenvolvido. O protótipo possibilitou adquirir imagens de forma padronizada; e o sistema demonstrou capacidade de processar automaticamente imagens, proporcionando resultados concisos. Ao término deste projeto foi possível construir um *software* intuitivo e de manuseio amigável para análise de imagens do teste de fenolftaleína, além de validar a eficiência deste para aferição do vigor de sementes de soja.

Palavras-chave: Vigor de sementes. Fenolftaleína. Processamento de imagens.

ABSTRACT

SILVA JR, Flávio Amilton, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2023.
Automated image capture and data process to analyse soybean seed vigor.
Advisor: Willian Rodrigues Macedo. Co-Advisor: João Fernando Mari

The measurement of the potential of soybean seed lots is given by the germination test and the vigor tests, with the hindrance of needing a long period of time to obtain the results. The advancement of technologies and their adoption by the agribusiness sector, combined with currently demands, such as acquisition quick results on seed quality, led to the development of processes that improve the speed and accuracy of vigor tests in seed lots. The potential yet to be explored by vigor tests consists of reducing or eliminating possible subjectivity in processing the results, due to the personal characteristics of each analyst. This research aimed to automate the phenolphthalein test, a test that allows the assessment of vigor, through a computational tool. The system comprises a *scanner* adapted to obtain images; associated with a software that processes the images automatically, and that allows the classification of soybean seed lots, based on the physiological characteristics. Through regression analysis and standard deviation analysis, the accuracy and precision of the software in batch processing were verified. There were evaluations of soybean seed lots from four harvests were evaluated, with lots of TEC and TMG cultivars. Seed lots were evaluated for physiological quality by germination and vigor tests; subsequently used for regression analysis with data obtained by the developed system. The prototype made it possible to acquire images in a standardized way; and the system demonstrated the ability to automatically process images, providing concise results. At the end of this project, it was possible to build an intuitive and user-friendly software for analyzing images of the phenolphthalein test, in addition to validating its efficiency for measuring the vigor of soybean seeds.

Keywords: Seed vigor. Phenolphthalein. Image processing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO 1. DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE DO PHENOLPHTALEIN AUTOMATIZED SEED TEST (PHAST)	10
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Aprimoramento do protótipo para aquisição das imagens.....	10
3.2. <i>Scanner</i> e ferramentas computacionais.....	12
3.3. Aprimoramento do <i>PHAST</i>	12
3.4. <i>Ranking</i> para classificação de cultivares	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1. Protótipo do equipamento de aquisição das imagens	13
4.2. <i>Layout</i> do sistema.....	14
4.2.1. Interface	14
4.1. Quantificação da cor nas células	16
4.2. <i>Ranking</i> para classificação de cultivares	18
CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO 2. APLICAÇÃO DO PHENOLPHTALEIN AUTOMATIZED SEED TEST (<i>PHAST</i>) NA CLASSIFICAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. OBJETIVOS.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Análises preliminares dos lotes de semente de soja	21
3.2. Metodologia padronizada do teste de fenolftaleína para automatização	22
3.3. Procedimento para obtenção adequada de imagens	22
3.4.1. Precisão do processamento e conversão de dados.....	23
3.4.2. Acurácia na classificação de dados	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CONCLUSÕES GERAIS.....	27

1. INTRODUÇÃO

No processo produtivo das sementes de soja o cultivo está sujeito a adversidades que podem promover redução da qualidade do lote de sementes. Estresses bióticos, abióticos, doenças, pragas e danos mecânicos, são exemplos de injúrias que podem passar despercebidos quando não é realizada uma avaliação adequada (DA SILVA et al., 2018). O teste de germinação permite avaliar o lote de sementes quanto a condições ótimas de temperatura e umidade, indicados pela Regras para análise de sementes (2009).

Instituída por legislação (Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003) para comercialização de sementes, o teste de germinação é uma ferramenta essencial para indicar a viabilidade comercial de um lote (FORTI et al., 2010). Por demandar uma quantidade mínima de cinco dias para primeira avaliação e oito dias para avaliação final da germinação dos lotes de sementes de soja (Regras para análise de sementes, 2009), somente o teste de germinação apresenta uma dificuldade técnica de atender a dinâmica diária de um setor de beneficiamento de sementes.

Análises de vigor permitem uma distinção com velocidade e consistência (CUSTODIO, 2005) da qualidade dos lotes de soja avaliados, permitindo ao setor de sementes uma avaliação prévia para tomada de decisão (MARCOS FILHO et al., 2009). Dentre os testes de vigor o teste de fenolftaleína se destaca pela velocidade, simplicidade e baixo custo. A análise por necessitar de uma etapa de imersão da semente de soja e posterior avaliação da solução resultante, permitiu um processo mais simples de automatização do teste, sem perder a abrangência de análise da semente (SILVA JUNIOR, 2020).

O empenho encontrado no teste de fenolftaleína é a possível subjetividade que possa ser desencadeada pelo método de avaliação. O teste tradicionalmente é realizado por um avaliador que após colocar uma quantidade mínima de 200 sementes para embeber, associa uma solução com o indicador de fenolftaleína, infere pela tonalidade rósea da solução o índice de vigor do lote de semente de soja (AMARAL & PESKE, 1984). O teste tradicional por não apresentar uma escala padronizada de coloração apresenta limitação em uma avaliação intermédia da coloração.

Em Silva Junior, 2019 foi possível estruturar as características iniciais de obtenção e caracterização para avaliação por método automatizado do teste de fenolftaleína. Como trabalhos de Wendt, (2014) Teixeira, Cicero & Dourado Neto, (2006) houve a redução de subjetividade e aprimoramento de avaliação das análises de vigor utilizando avaliação de imagens digitais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.S. & PESKE, S.T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.6, n.3, p.85-92, 1984.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Brasília, DF. [2003]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.711.htm>. Acesso em novembro de 2022.

CUSTÓDIO, C.C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215. Vol. 1. No. 1. 2005.

DA SILVA, A. C. S., ULRICH, A., RAMIRES, M., & CANTILIANO, L. DANO MECÂNICO EM SEMENTES DE SOJA PELO TESTE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO. *ANAIS CONGREGA MIC-ISBN 978-65-86471-05-2*, p. 28-29, 2018.

FORTI, V. A., CICERO, S. M., & PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, p. 123-133, 2010.

MARCOS FILHO, J., KIKUTI, A. L. P., & LIMA, L. B. D. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de sementes*, v. 31, p. 102-112, 2009.

SILVA JUNIOR, F.A. AUTOMAÇÃO DO TESTE DE FENOLFTALEÍNA VIA ANÁLISE DE IMAGENS: UMA NOVA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO DE VIGOR EM SEMENTES DE SOJA. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa. Rio Paranaíba-MG, 2020.

TEIXEIRA, E. F., CICERO, S. M., & DOURADO NETO, D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 28, p. 159-167, 2006.

WENDT, L., Gomes Junior, F. G., Zorato, M. D. F., & Moreira, G. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, p. 280-286, 2014.

CAPÍTULO 1. DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE DO PHENOLPHTALEIN AUTOMATIZED SEED TEST (PHAST)

1. INTRODUÇÃO

Automação de processos permite além da redução de custos em grandes escalas, a simplificação de etapas, padronização e o incremento de confiabilidade nas análises. Ferramentas de análise de vigor como Wendt, (2014), Teixeira, Cicero & Dourado Neto, (2006); Lima et al., (2014) são exemplos de análises de imagens digitais em que o processo foi aprimorado pela automação, sendo nestes testes se diferindo por avaliar plântulas.

A automação do teste de fenolftaleína destacasse por avaliar a solução ao qual a semente é embebida (AMARAL & PESKE, 1984). A avaliação do meio em que a semente foi alocada permite com que através de uma imagem única da célula de cada semente, possa realizar uma avaliação da extensão da membrana externa (SILVA JUNIOR, 2020). Na avaliação eletrônica além da precisão, permite uma avaliação mais rápida ao processar uma amostra que seria avaliada individualmente, em um único processo (MARCOS FILHO, 2009; ALVARENGA, 2012).

Em Silva Junior, 2019 foi adaptado o processo metodológico de realização e a estruturação da avaliação automatizada das imagens. Nos processos desenvolvidos o programa apresentou a capacidade de distinção dos lotes, associado a protótipos para obtenção de imagens adequadas. As necessidades de um protótipo simplificado, além da construção de uma interface gráfica para ser associada com uma escala de conversão, desencadearam a necessidade do desenvolvimento do trabalho em questão.

Uma Interface gráfica *user friendly* permite uma maior abrangência de utilização ao apresentar uma característica simples e intuitiva ao usuário. Na busca de melhorar a interação com o usuário, no trabalho adotou-se a denominação “PHENOLPHTALEIN AUTOMATIZED SEED TEST (PHAST)” para a metodologia de análise, de forma a ressaltar a origem da metodologia e caracterizar o aprimoramento avaliativo, como apresentado por Wendt, (2014), Teixeira, Cicero & Dourado Neto (2006); Lima et al., (2014).

2. OBJETIVOS

Aprimorar o protótipo desenvolvido para aquisição das imagens. Atualizar o software para uma versão *user friendly* por meio, principalmente, do desenvolvimento de uma interface gráfica de usuário (GUI).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aprimoramento do protótipo para aquisição das imagens

No projeto inicial, foram desenvolvidos dois protótipos para obtenção de imagens. A princípio foi adotado um molde plástico, com 28 células, para acondicionar as sementes e a solução de fenolftaleína. Em posse deste molde

plástico, foi desenvolvida uma estrutura em formato retangular com recorte central, para acomodar o molde plástico, o qual seria utilizado para comportar a solução de fenolftaleína a ser analisada. Posteriormente, esse suporte é ajustado a uma estrutura de isopor onde estava alojado um *scanner* (HP Scanjet 200 Flatbed, Hewlett-Packard Company) em sua parte superior, para que houvesse um contato mais próximo possível ao molde plástico (Figura 1A e Figura 1B).



Figura 1. Primeiro protótipo de 2019 (A) vista externa e (B) vista interna; segundo protótipo de 2019 (C) vista externa e (D) vista interna; terceiro protótipo 2022 (E) vista externa e (F) vista interna.

No intuito de aprimorar o sistema de aquisição de imagens, foi desenvolvido um segundo protótipo para correções de falhas observadas no primeiro protótipo, como: maior obscuridade do ambiente de aquisição das imagens; e aperfeiçoamento no sistema de entrada e retirada das amostras no conjunto (Figura 1C e Figura 1D).

Na busca por uma estrutura mais simples, de caráter modular e que se adequasse ao corte a laser; foi desenvolvido um terceiro protótipo, seguindo os princípios básicos do desenvolvimento inicial. O protótipo conta com estrutura constituída em MDF (*Medium Density Fiberboard*), possuindo dimensões de 53

centímetros de comprimento, 35 centímetros de largura, 10 centímetros de altura. Contém uma abertura de 3,5 centímetros na parte frontal para o posicionamento de uma gaveta dinâmica, que permite além de acomodar o molde plástico com as células; a realização do distanciamento e acomodação adequada do *scanner* para aquisição das imagens (Figura 1E e Figura 1F).

3.2. *Scanner* e ferramentas computacionais

A escolha do aparelho para aquisição das imagens foi definida com base na eficiência, homogeneidade e características do programa nativo do *scanner* em manter padrões desejáveis na obtenção das imagens. O *scanner* de mesa HP Scanjet 200 Flatbed (Hewlett-Packard Company) foi selecionado por atender aos pré-requisitos mencionados acima, além de possibilitar a aquisição de imagens em 200dpi, permitir a remoção da tampa superior para acomodação no protótipo, e apresentar um programa nativo com opções de preservação das características da imagem.

Na construção do *software* utilizado no sistema foi utilizada a linguagem de programação de uso geral Python 3.6¹ (VAN ROSSUM & DRAKE Jr, 1995). Para algoritmos de processamento de imagens, foram utilizadas as bibliotecas Scikit-image², SciPy³ e Imageio⁴. As bibliotecas se constituem de licenciamento livre, além de serem em linguagem Python¹, permitindo análise simplificada dos dados.

3.3. Aprimoramento do *PHAST*

No desenvolvimento inicial da construção do *software* ficou comprovada a capacidade de atender com eficiência as necessidades para análise automatizada do teste de fenolftaleína (SILVA JUNIOR, 2020). Para simplificar e auxiliar o usuário na utilização foi desenvolvido uma interface gráfica do usuário (GUI) para o programa. Para a construção da GUI foi utilizada a biblioteca Kivy⁵.

Os requisitos atendidos no aprimoramento foram a capacidade de processar múltiplas imagens, padronização das análises, suporte a múltiplos *layouts*, conversão dos dados para escala de índice de vigor e exportação dos dados.

3.4. *Ranking* para classificação de cultivares

Para simplificar a interpretação do resultado pelo usuário final, houve a construção de um conjunto de dados para a conversão de escala de cinza obtida na aquisição da imagem (valores entre 0 e 255), para índices de vigor (valores entre 0% e 100%). O banco de dados se baseia na associação de resultados de germinação de laboratório seguindo a Regras para Análises de Sementes (2009); com dados obtidos pelo processamento inicial das imagens dos lotes de semente de soja de distintas qualidades.

¹ <https://www.python.org/>

² <https://scikit-image.org/>

³ <https://www.scipy.org/>

⁴ <https://scikit-learn.org/stable/>

⁵ <https://kivy.org/>

Com fundamentação no conjunto de dados concisos, o *software* verifica a tendência de intensidade em escala de cinza que cada variedade apresenta em relação ao vigor do lote. Por meio da aplicação de regressão linear (REF), o sistema consegue mapear o valor de intensidade da imagem (valores entre 0 e 255) para valores de vigor das sementes (valores entre 0% e 100%). Nas imagens digitais valores de intensidade próximos de 0 representam maior vigor enquanto os valores próximos de 255 representam menor vigor. Os valores convertidos para escala de vigor indicam através da escala, em que valores próximos de 100% indica maior vigor, e próximos de 0% menor vigor. O banco de dados é composto por pares de valores de intensidades de pixels e os valores correspondentes de vigor. Os modelos de regressão linear são construídos com esses pares e novos valores de intensidade de pixels são mapeados para valores de vigor por meio deste modelo (Figura 8).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Protótipo do equipamento de aquisição das imagens

A terceira versão foi aprimorada de forma que o funcionamento do dispositivo se tornasse mais simples e dinâmico. Ao realizar a abertura da gaveta, para inserção e retirada de amostras, o usuário libera a abertura necessária para acomodação do molde plástico e no mesmo movimento realiza a elevação do *scanner* a fim de permitir o espaço necessário para acomodação segura do vidro do aparelho para as análises posteriores (Figura 2(A)). Ao fechar, o usuário realiza as operações simultâneas anteriores de forma inversa, permitindo ao fechar completamente, a redução significativa de interferências externas na obtenção das imagens de forma segura e em menor tempo (Figura 2(A)).

Sua construção em MDF se deu pela estrutura robusta apresentada pelo material, seu baixo custo de construção e possibilidade de realizar sua reprodução em larga escala através de máquinas Router CNC. O MDF permite uma característica de preservação da fidelidade da imagem, devido à redução significativa da exposição de luz externa na obtenção das imagens devido a sua capacidade de impedir a passagem de luminosidade para as amostras.

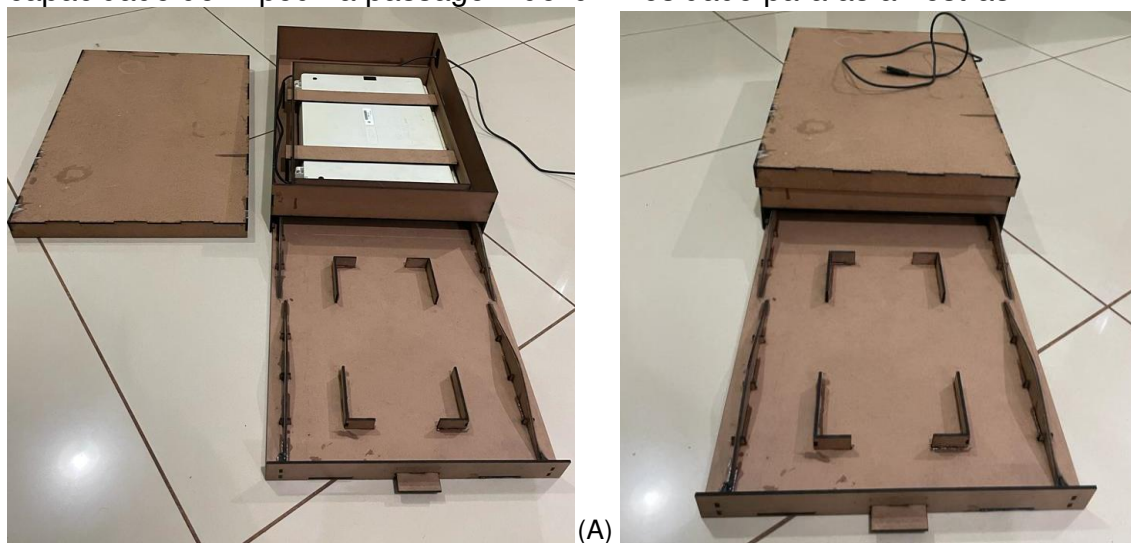


Figura 2. Terceiro protótipo aberto (A) acomodação do *scanner*; (B) acomodação do molde plástico.

As dimensões de corte mais precisas, proporcionadas pelo corte a laser, permitem acomodar com melhor adequação o *scanner* e o molde plástico no protótipo, simplificando e aprimorando as etapas posteriores decorrentes no processamento das imagens.

4.2. Layout do sistema

4.2.1. Interface

Após o desenvolvimento inicial da construção do sistema, foi desenvolvida uma GUI para o programa com característica *user friendly* (Figura 3). Pelo fato do sistema ter sido desenvolvido com foco em atender não apenas ao público acadêmico, mas ao mercado da cadeia de sementes, a proposta foi apresentar um sistema com características simples e intuitivo; de maneira a ser autocompreendida pelo usuário.

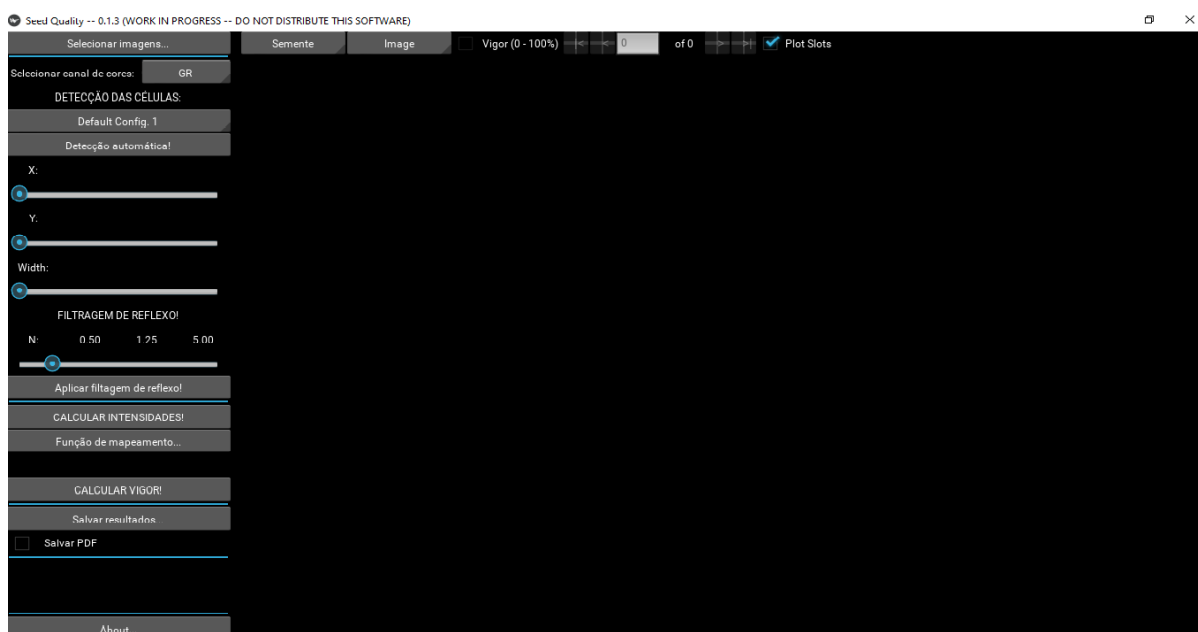


Figura 3. Página inicial do *software*.

O sistema conta com o botão “Selecionar imagens” (Figura 4A) que permite o carregamento de múltiplas imagens para caracterização de um lote de sementes. Na área “DETECÇÃO DAS CÉLULAS” é possível optar pelo sistema de seleção de células a serem processadas que melhor se adequa a utilização do usuário (Figura 4A). Na primeira opção é possível selecionar *layouts* pré-definidos, na segunda opção a detecção automática e na terceira o ajuste manual. O ajuste manual é composto por barramentos em que é possível ajustar os eixos “X”, “Y” e no campo “Width” a dimensão da área utilizada para análise pelo programa.

A “FILTRAGEM DE REFLEXO” é um processo com ajuste pré-definido que permite a redução de *pixels* que extrapolam a fórmula de constante de padronização hiperparâmetro ‘N’ validado em trabalhos anteriores (SILVA JUNIOR, 2020). E opção “CALCULAR INTENSIDADE” a qual realiza a mensuração dos *pixels* das células características, filtradas pela etapa anterior (Figura 4B).

“Função de mapeamento” permite a seleção do banco de dados da variedade a ser analisada. Possuindo “TEC_PRE_12_22”, “TMG_PRE_12_22” para análises

com sementes presentes na imagem analisada e “TEC_AUS_12_22”, “TMG_AUS_12_22” para análises na ausência das sementes.

Ao clicar “CALCULAR VIGOR” o programa utiliza os parâmetros definidos nas etapas prévias para conversão dos dados em valor de escala de zero a cem, por meio da regressão linear com os dados das sementes previamente carregadas a partir dos bancos de dados. Sendo zero a inviabilidade completa de germinação do lote, e cem um lote de alto vigor.

Para exportar os resultados o usuário pode optar por selecionar a opção “Salvar PDF”, que ao clicar em “Salvar resultados” além de exportar as tabelas e gráficos; gera um arquivo em formato PDF de característica simplificada aos usuários.

O usuário ao clicar em “About” (Figura 4B) tem acesso a informações dos desenvolvedores, além da discriminação da versão do *software*.

Na parte superior o usuário (Figura 4C) tem acesso aos níveis de detalhamento das análises, contando com “Semente”, indicando a leitura por células; “Bandeja” detalhando as características médias de cada molde plástico em análises de múltiplas imagens; “LOTE” apresentando uma análise geral do lote ao adicionar as oito imagens necessárias para atingir o mínimo da metodologia de análise.

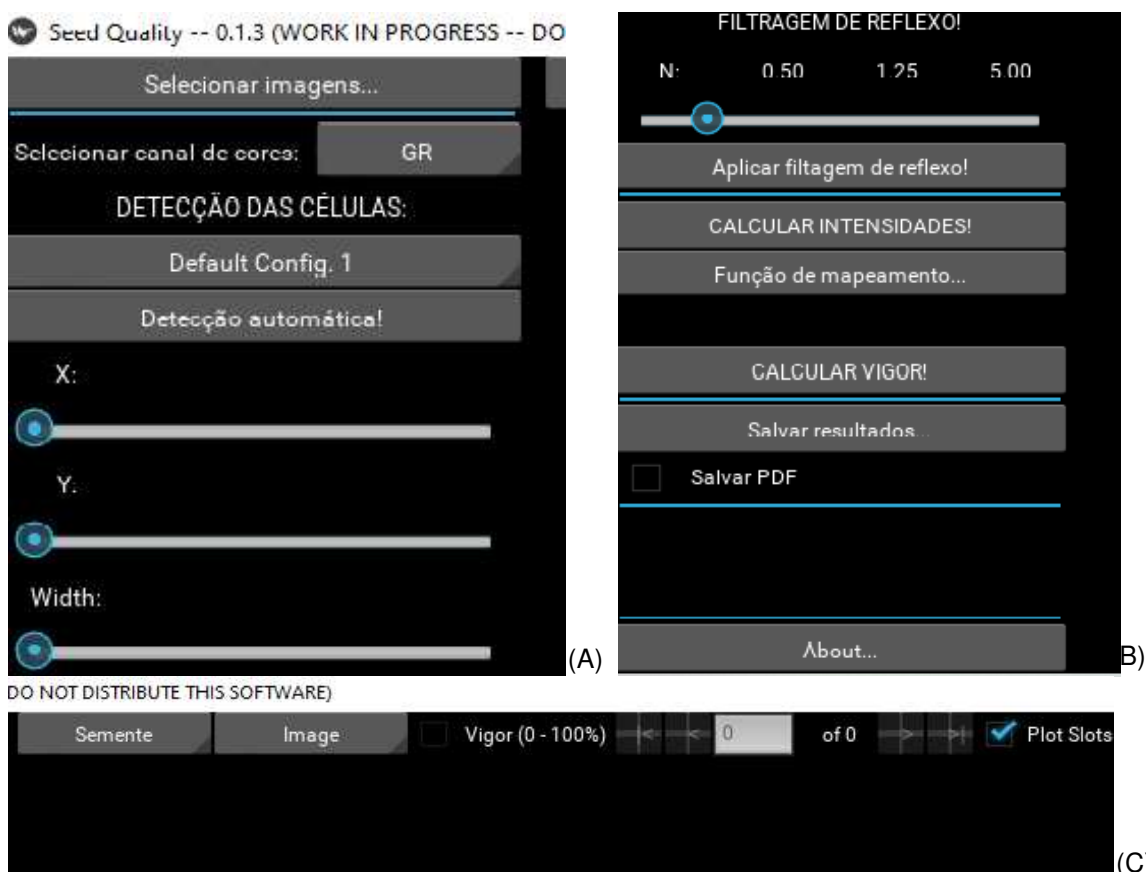


Figura 4. Página inicial do *software* ampliada. (A) Canto superior esquerdo; (B) Canto inferior esquerdo; (C) Centro superior.

Na segunda aba de seleção (Figura 4C) é possível verificar os modos de apresentação de resultado, sendo: “Image” para demonstração das etapas de processamento preliminares à quantificação de intensidade, “Charts” para apresentação dos dados quantitativos de forma gráfica a fim de melhoras a análise

visual do usuário; e “Info” para demonstrar os números de forma tabelada, de forma que todos os níveis interagem com a aba de seleção anterior.

Ao lado direito a escala de vigor do sistema, o usuário pode intercambiar entre as imagens que foram selecionadas, e verificar os resultados de acordo com os níveis de apresentação selecionados anteriormente.

4.1. Quantificação da cor nas células

O software fornece um gabarito (ou *layout*) que indica o posicionamento das células no molde plástico e fornece as coordenadas para recortar uma imagem em diversas sub-imagens. Em que cada uma dessas sub-imagens contém uma única célula. A utilização de um layout, que facilita o processo de identificação das células, só é possível devido ao desenvolvimento do terceiro protótipo do sistema de aquisição de imagens, que garante que as imagens são adquiridas sempre na mesma posição. Na versão anterior do sistema, foi desenvolvido um método para localização automática das células, assim como um método para localização manual interativa. A solução por gabarito é mais simples, torna a operação do protótipo mais fácil e está menos sujeita a erros.

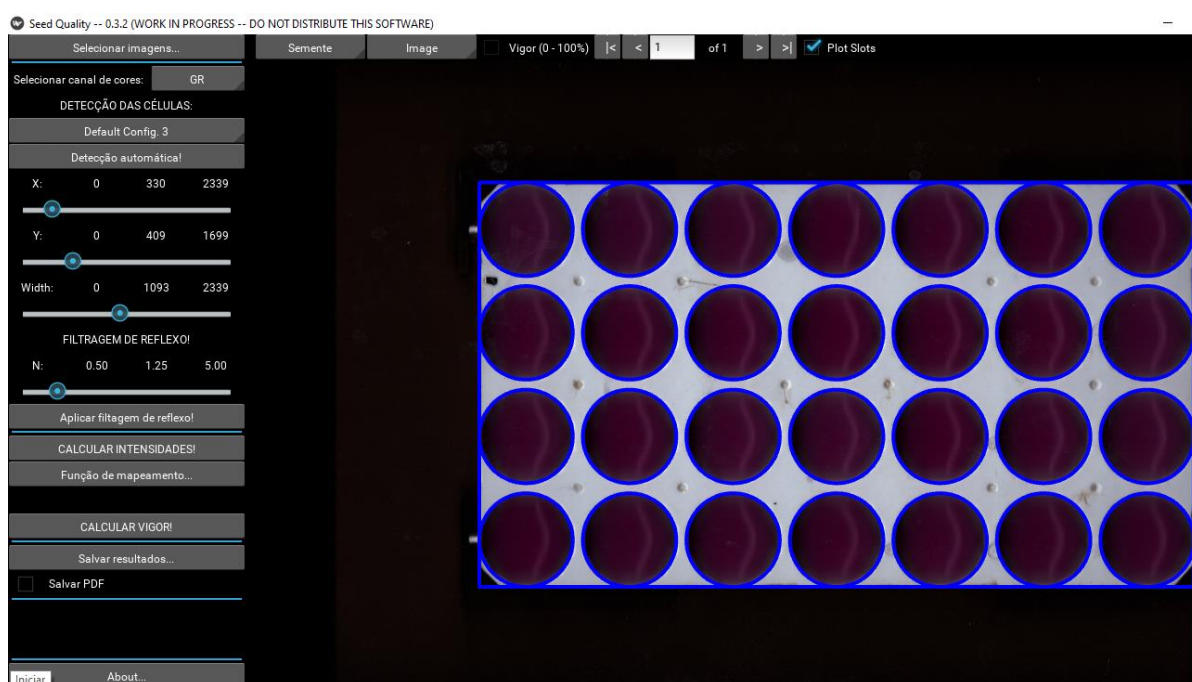


Figura 5. Página inicial do *software* com uma imagem a ser analisada.

A imagem é adquirida colorida no espaço de cores RGB I_{RGB} . Antes de iniciar o processamento das imagens elas são convertidas para níveis de cinza, I_{CINZA} . (GONZALEZ et al., 2009). A escolha da conversão para níveis de cinza foi tomada a partir dos experimentos realizados no trabalho anterior (SILVA JUNIOR, 2020) em que foram comparados os canais individuais (2D) de cores das imagens representadas em diversos espaços de cores (RGB, HSV, Lab), assim como a representação da imagem em níveis de cinza que são inerentemente 2D (GONZALEZ et al., 2009).

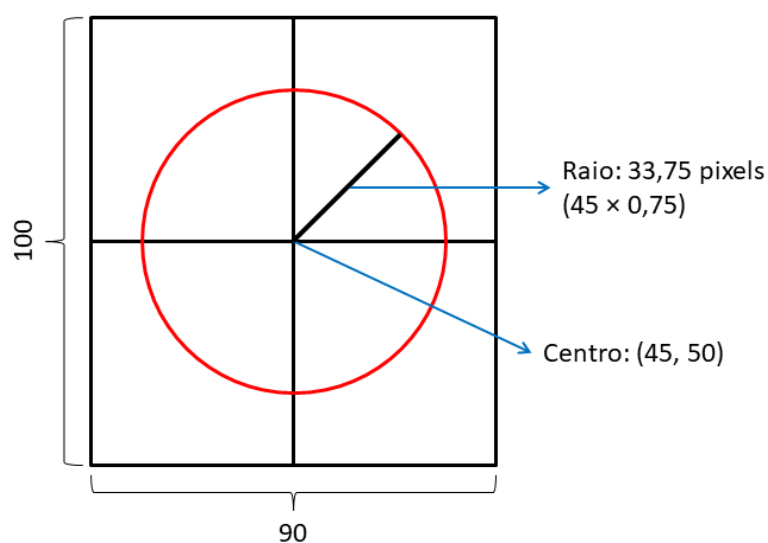


Figura 6: Processo de computação da região de interesse circular.

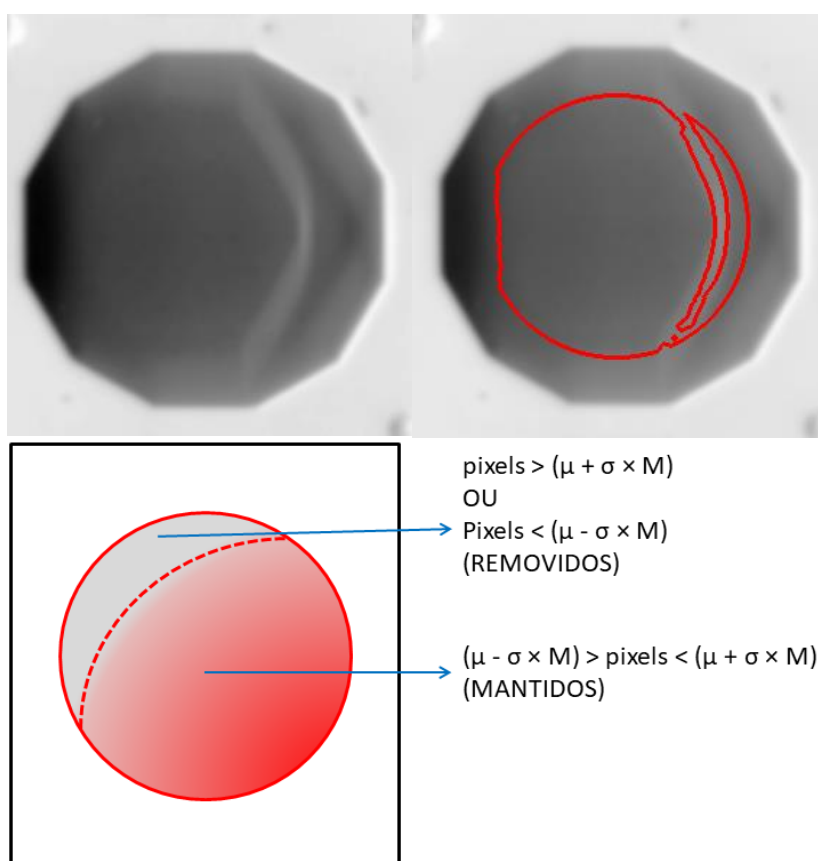


Figura 7: Ilustração do método de filtragem dos pixels afetados pelo reflexo e sombreamento.

Para avaliação computa-se um círculo centralizado em cada sub-imagem. O raio do círculo é calculado como 75 % da metade do menor lado da imagem. Apenas os pixels dentro do círculo são considerados para quantificar a cor do reagente naquela célula. A Figura 6 mostra uma ilustração do método.

É possível observar um reflexo que pode interferir na acurácia da quantificação (Figura 7). Assim como no trabalho prévio, para diminuir o efeito do reflexo foi desenvolvido um método para filtrar os pixels afetados pelo reflexo. O método proposto consiste em calcular a média (μ) e o desvio padrão (σ) dos pixels no interior do círculo. Apenas os pixels com valor superior a $\mu - \sigma \times M$ e os pixels com valores inferiores a $\mu + \sigma \times M$ são considerados para a quantificação. A Figura 7 mostra o efeito da filtragem dos pixels afetados pelo reflexo. Ainda no trabalho anterior parâmetro M foi calibrado por meio de experimentos, e foi determinado que o melhor valor é 1,25 (SILVA JUNIOR, 2020).

Após a filtragem dos pixels pertencentes às áreas de reflexo, computa-se a média e o desvio padrão dos pixels restantes no interior do círculo. O valor da média é utilizado para quantificar a resposta do reagente à semente de soja (Figura 7).

4.2. *Ranking* para classificação de cultivares

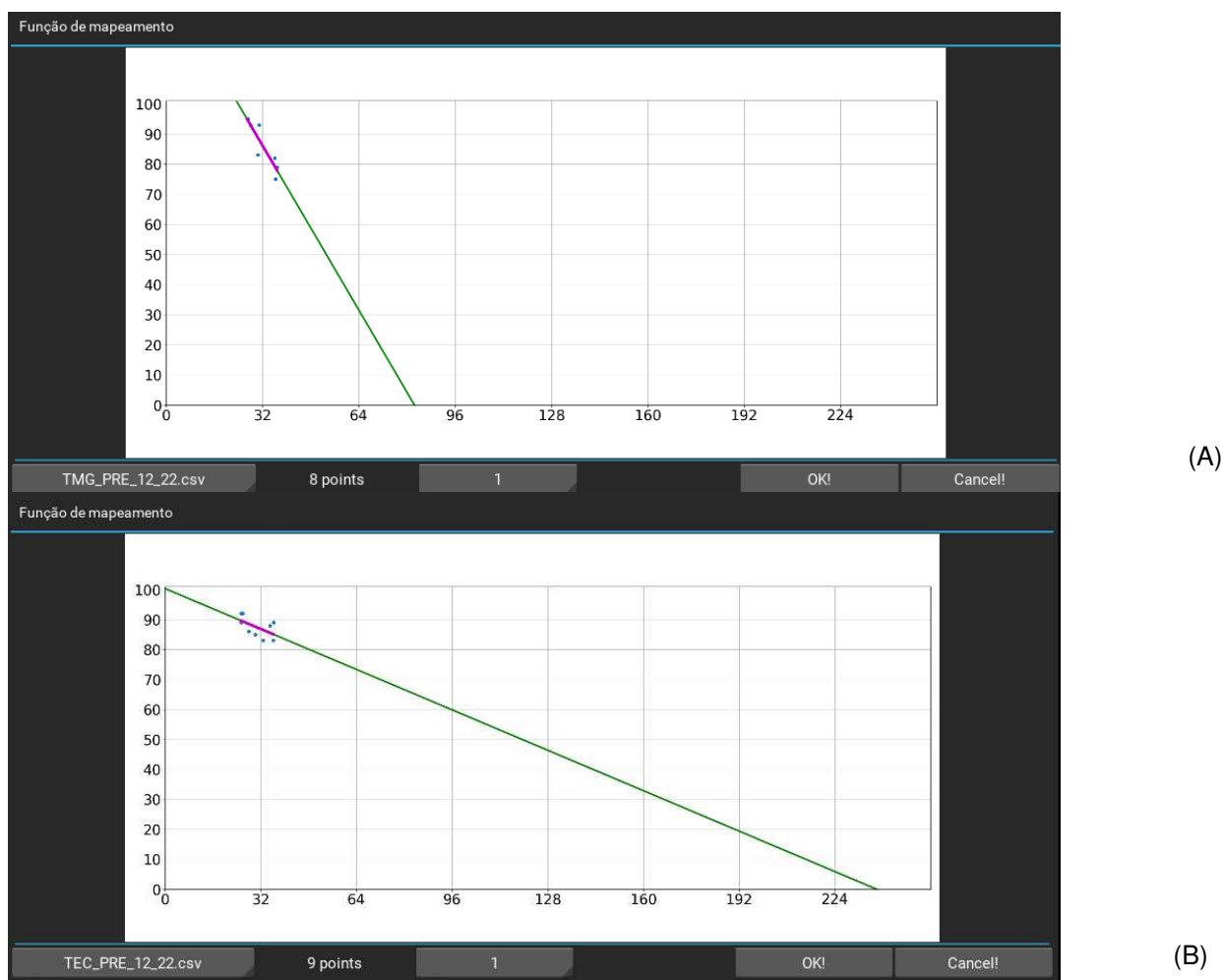


Figura 8. Função de mapeamento de classes (A) TMG; (B) TEC

O *Ranking* de classificação foi desenvolvido tendo como base funções de mapeamento para cada uma das cultivares exploradas, buscando obter análises posteriores com precisão. Para atender lotes ainda não catalogados pelo programa,

também foi adicionada uma função generalista “All”, que permite ao usuário obter uma prévia da qualidade do lote analisado com margem de erro relativamente maior. A função de mapeamento foi constituída da junção dos dados de todos lotes analisados, buscando passar uma inferência previa de análise.

Esta área do sistema foi estruturada de forma a receber futuras atualizações de adição e aprimoramento de variedades.

Os *Ranking* de classificação foram estruturados por cultivares, devido as características intrínsecas das sementes, distinguindo-se na espessura e conformação, permitindo diferentes velocidades de hidratação (CAVARIANI et al, 2009). A velocidade de hidratação que infere na exsudação de íons da semente, foi verificada por autores como Cavariani et al, 2009; e Costa et al, 2002 sendo dependente da cultivar.

De aspecto comparativo, a variedade TEC apresentou um índice de inclinação sobre a linha de projeção menor que a variedade TMG, como apresentado na Figura 8, demonstrando a dificuldade que o usuário teria em classificar com precisão o vigor de diferentes lotes.

CONCLUSÕES

O sistema demonstrou eficiência na aquisição de imagens, com simplicidade na operação e qualidade construtiva.

O *software* atendeu a necessidade de ser *user friendly*, facilitando a interação do usuário e a dinâmica de exportação de relatórios; associado a uma escala intuitiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. O., MARCOS-FILHO, J., GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação do vigor de sementes de milho superdoce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 3, 2012.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009.

SILVA JUNIOR, F.A. AUTOMAÇÃO DO TESTE DE FENOLFTALEÍNA VIA ANÁLISE DE IMAGENS: UMA NOVA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO DE VIGOR EM SEMENTES DE SOJA. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa. Rio Paranaíba-MG, 2020.

GADOTTI, G.I., ASCOLI, C.A., BERNARDY, R., MONTEIRO, R.D., & PINHEIRO, D.M. Máquina de aprendizagem para classificação de lotes de sementes de soja. *Engenharia Agrícola*, Engenharia Agrícola, v. 42, 2022.

GONZALEZ, R C.; WOODS, R C. Processamento digital de imagens. Pearson, 2009.

LIMA, D. C., JORGE, L. D. C., RODRIGUES, E. L. L., & GOMES-JUNIOR, F. G. Sistema de análise automatizada do vigor de sementes. SIMPÓSIO NACIONAL DE

INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2014, São Carlos, SP Anais do SIAGRO: ciência, inovação e mercado 2014. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2014.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; DE LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. Revista Brasileira de sementes, v. 31, n. 1, 2009.

TEIXEIRA, E. F., CICERO, S. M., & DOURADO NETO, D.; Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. Revista Brasileira de Sementes, 28, 159-167; 2006.

VAN ROSSUM, G.; DRAKE JR, F. L. Python tutorial. Amsterdam: Centrum voor Wiskunde en Informatica, 1995.

SAKO, Y.; McDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. A system for automated seed vigour assessment. Seed Science and Technology, v.29, n.3, p.625-636, 2001.

WENDT, L., Gomes Junior, F. G., Zorato, M. D. F., & Moreira, G. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, p. 280-286, 2014.

CAPÍTULO 2. APLICAÇÃO DO PHENOLPHTALEIN AUTOMATIZED SEED TEST (PHAST) NA CLASSIFICAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA

1. INTRODUÇÃO

O teste de germinação é necessário para parametrizar a comercialização de sementes, respeitando as diretrizes impostas pela legislação federal (BRASIL, 2003; BRASIL, 2013), e assim, fornecer uma medida direta da qualidade do lote de sementes. De forma a padronizar possíveis tendências no campo e obter caracterizações de lotes de semente de forma mais rápida, os testes de vigor foram desenvolvidos (MARCOS FILHO, 2009).

Os receios da utilização das avaliações do vigor ocorrem pela dificuldade de mensurar com precisão, a amplitude de características que irão influenciar o desenvolvimento da cultura no campo. De forma a superar os desafios de mensuração, os testes destacam por apresentar elevada sensibilidade para detectar e classificar lotes de semente pelo seu desempenho fisiológico estimado (MARCOS FILHO, 2015).

O teste de fenolftaleína destacou-se por permitir avaliar a integridade e permeabilidade da membrana da semente, após embeber a semente com água para liberar os exsudados. Durante o processo ocorre a liberação de açúcares, ácidos orgânicos e íons H⁺ (AMARAL & PESKE, 1984; CARVALHO et al, 2002), em que posteriormente pela adição de uma gota de solução com fenolftaleína e carbonato de sódio anidro; ocorre a alteração de pH da solução, apresentando a coloração rosa característica que permite avaliar o vigor das sementes. A intensidade rosa escura indica viabilidade devido a integridade da membrana e a intensidade rosa mais clara e/ou incolor indica a inviabilidade pelo extravasamento da composição interna da membrana, por danos ou alterações (AMARAL & PESKE, 1984).

A seleção de um teste de vigor como o fenolftaleína, assistido por um processo automatizado, tem potencial de desenvolvimento da cadeia produtiva de sementes pela velocidade e precisão (CASTRO et al, 2004). O teste automatizado por ser simples tem potencial de adaptação ao campo em cenário de tomada de decisão por danos de colheita; além de avaliações de larga escala em barracões para avaliações iniciais.

2. OBJETIVOS

Aplicar e aferir a eficiência do *Phenolphthalein Automated Seed Test (PHAST)* no processamento de lotes de sementes de soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Análises preliminares dos lotes de semente de soja

Comprovada a devida eficiência do protótipo em obter imagens e do programa em processar as imagens de forma automatizada, foi possível realizar o aperfeiçoamento para aplicabilidade da tecnologia em desenvolvimento. Para coletar

dados para serem utilizados na análise de regressão do sistema, foram selecionados 17 lotes de semente de diferentes níveis de vigor.

Foram avaliadas sementes de soja provenientes da safra 2018/2019, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022; e caracterizadas pelas cultivares TEC 7849 IPRO, TMG 7363 RR e TMG 7063 IPRO. Todas as sementes foram classificadas em Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) com tamanho padrão (peneira 6,5mm).

As sementes foram analisadas quanto ao teste de vigor de fenolftaleína pela metodologia automatizada e quanto à germinação no Laboratório de Análise Sementes- Associação dos Produtores de Sementes e Mudanças do Estado de Minas Gerais, através do teste de germinação de cordão com as Regras para Análises de Sementes (2009). Adiciona água destilada (2,5 vezes o peso do papel), em uma folha de papel previamente esterilizado, em que posteriormente são acomodadas 50 sementes. O processo conta com oito repetições para atingir a necessidade mínima de 400 sementes. Após cinco dias (Regras para análise de sementes, 2009) foram avaliados os lotes e verificado a porcentagem de germinação.

3.2. Metodologia padronizada do teste de fenolftaleína para automatização

Os procedimentos do teste de fenolftaleína foram realizados com base na metodologia proposta em trabalho de Amaral & Peske (1984), com procedimentos padronizados previamente em etapas anteriores (SILVA JUNIOR, 2020). Com dissolução da fenolftaleína (1 g) em 100 ml de álcool + 100 ml de água, previamente fervida; posteriormente foi adicionado NaOH 0,02 N, até que a solução adquira coloração rosa claro, para fins de eliminar a subjetividade na padronização desta solução, foi adotada como forma de padronização o valor do pH da solução em 8,95 ($\pm 0,05$); este aferido com auxílio de um medidor de pH de bancada (MPA-210), previamente calibrado.

O preparo da solução de carbonato de sódio anidro, foi realizado por meio da dissolução de 0,8 g de carbonato de sódio anidro em 1.000 ml de água destilada. Para manter o padrão de aferição, foi adotado o pH de 10,86 ($\pm 0,05$).

Para testes convencionais de fenolftaleína é indicada a utilização de 200 sementes por análise, sendo no teste adotado o procedimento da realização da aquisição de imagens de oito moldes plásticos de 28 células, totalizando uma amostra final de 224 sementes, as quais representam um lote de sementes. As sementes foram acomodadas nas células individualmente e embebidas com dois mililitros de água destilada (pH $\cong 7,15$) previamente fervida, durante 25 minutos. Após o período foi colocado em cada célula, uma gota de solução de fenolftaleína e, adicionalmente, uma gota de solução de carbonato de sódio anidro; com leve agitação dos moldes plásticos por trinta segundos (30s).

3.3. Procedimento para obtenção adequada de imagens

Após realizar os procedimentos de execução do teste de fenolftaleína adaptado, os moldes plásticos foram acomodados na bandeja do protótipo, e fechado a gaveta; para obtenção das imagens. Os parâmetros disponibilizados pelo *software* nativo do *scanner* devem ser alterados para retirar correções e salvo em formato .tiff.

Após os resultados iniciais, foi possível verificar a eficiência do sistema em quantificar lotes mesmo com a presença de sementes no molde plástico. A análise ocorrendo diretamente com a semente auxilia na velocidade de processamento de lotes e na redução de possíveis erros provenientes do manuseio do operador.

3.4. Análises técnicas do sistema

3.4.1. Precisão do processamento e conversão de dados

Para verificar a constância do sistema na análise contínua de lotes, foram processadas quatro repetições de uma amostra representativa do lote de TEC 7849 IPRO safra 2021/2022 com índice de germinação previamente avaliado seguindo a Regras para análise de sementes, (2009).

Cada repetição foi constituída por oito moldes plásticos de 28 células do lote. Os laudos obtidos pelo sistema foram analisados quanto ao Desvio padrão, de forma a avaliar a precisão do sistema.

3.4.2. Acurácia na classificação de dados

De forma a verificar a acurácia da classificação de vigor para ambos os *rankings* de análise disponíveis, foram selecionados dois lotes TEC e dois lotes TMG para serem avaliados e comparados quanto ao índice de germinação destes. O teste de germinação foi realizado externamente no laboratório credenciado, a fim eliminar possíveis alterações tendenciosas, sendo as análises realizadas as cegas, e posteriormente comparadas via coeficiente de variação.

O teste de germinação foi utilizado como parâmetro comparativo, devido à característica de ser uma medida direta, que apresenta similaridade na tendência qualitativa de lotes, além de ser uma avaliação exigida por lei na Instrução Normativa Nº 45, DE 17 de setembro de 2013 para comercialização de lotes de semente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos testes para análise de regressão indicaram potencialidade de verificar a distinção de lotes de sementes com características fisiológicas distintas e o desenvolvimento do *ranking* de classificação de vigor.

A fim de verificar a precisão do processamento, as quatro repetições da amostra de um mesmo lote de TEC 7849IPRO de índice de germinação de 90,66%, foram comparadas quanto ao desvio padrão. Comparativamente os desvios observados (Tabela 1) foram menores que dois por cento independente das repetições, demonstrando elevada precisão de avaliação.

O índice de vigor obtido também apresentou similaridade com o índice da avaliação direta selecionado via teste de germinação. Os dados corroboram com as análises prévias realizadas para construção do banco de dados que fundamenta as funções de mapeamento do sistema.

Tabela 1. Índice de vigor apresentado via processamento do sistema

Variedade		TEC 7849IPRO			
		%			
		Amostra.1	Amostra.2	Amostra.3	Amostra.4
Rep.1		90,21	89,80	90,54	90,34
Rep.2		90,67	90,43	90,43	90,30
Rep.3		90,49	90,28	90,31	90,75
Rep.4		89,68	90,75	90,46	90,56
Rep.5		90,49	90,38	90,55	89,50
Rep.6		90,17	90,83	90,77	90,58
Rep.7		90,49	90,19	90,66	90,67
Rep.8		90,31	90,06	90,24	90,41
Médias		90,31	90,34	90,50	90,39
Média Geral		90,39			
Germinação (%)		90,66			
Desvio padrão		1,03	1,15	1,06	1,09

*Sementes da safra 2021/2022. Rep.=Referente a uma imagem de um molde plástico com 28 sementes de soja. Amostra.= Resultado em escala de porcentagem, referente a oito imagens de moldes plásticos, totalizando uma amostra completa de 228 sementes de soja para representação de um lote.

Tabela 2. Índice de vigor apresentado via processamento do sistema para variedade TMG 7063IPRO.

Variedade		TMG 7063IPRO			
		Amostra.5		Amostra.6	
		%	D.P.	%	D.P.
Rep.1		98,26	5,20	93,81	5,12
Rep.2		99,10	1,80	94,32	5,04
Rep.3		99,09	2,43	94,88	4,83
Rep.4		97,53	5,53	96,58	2,29
Rep.5		98,60	2,53	95,06	5,14
Rep.6		98,08	3,76	94,01	5,41
Rep.7		97,43	5,77	96,11	2,85
Rep.8		98,72	2,59	94,12	3,88
Médias gerais		98,35	3,70	94,86	4,32
Germinação (%)		98,5	-	95,0	-

*Sementes da safra 2021/2022. Rep.=Referente a uma imagem de um molde plástico com 28 sementes de soja. Amostra.= Resultado em escala de porcentagem, referente a oito imagens de moldes plásticos, totalizando uma amostra completa de 228 sementes de soja para representação de um lote.

D.P.=Desvio padrão

Na verificação da acurácia na quantificação e na conversão de dados, os lotes de semente de soja foram escolhidos ao acaso e analisados separadamente, para evitar interferências. Os lotes da variedade TMG 7063IPRO apresentaram um desvio padrão maior que os obtidos na TEC 7849 (Tabela 2 e Tabela 3), mas ambos abaixo de cinco, demonstrando baixa variação (OLIVEIRA et al,2019).

As médias de índice de vigor do sistema apresentaram boa correlação com índice de germinação, tendo como comparativo os quatro lotes com resultados consistentes e índice de variação baixos.

Tabela 3. Índice de vigor apresentado via processamento do sistema para variedade TEC

Variedade	TEC 7849			
	Amostra.7		Amostra.8	
	%	D.P.	%	D.P.
Rep.1	89,61	0,94	85,06	1,48
Rep.2	89,17	0,94	85,06	1,65
Rep.3	89,59	0,76	84,73	2,02
Rep.4	89,75	0,57	85,29	0,60
Rep.5	89,81	0,64	84,36	1,67
Rep.6	89,67	0,58	85,46	0,58
Rep.7	89,46	1,09	84,96	0,81
Rep.8	89,72	0,97	85,06	1,30
Médias gerais	89,60	0,81	85,00	1,26
Germinação (%)	89,0		86,0	

*Sementes da safra 2021/2022. Rep.=Referente a uma imagem de um molde plástico com 28 sementes de soja. Amostra= Resultado em escala de porcentagem, referente a oito imagens de moldes plásticos, totalizando uma amostra completa de 228 sementes de soja para representação de um lote.

D.P.=Desvio padrão

5. CONCLUSÕES

O sistema *Phenolphthalein Automatized Seed Test* apresentou precisão no processamento de sementes de soja, contendo um banco de dados que apresenta acurácia na classificação de sementes das cultivares TEC e TMG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.S. & PESKE, S.T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.6, n.3, p.85-92, 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 45, DE 17 de setembro de 2013. Disponível em: <

https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf>. Acesso em novembro de 2022

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Brasília, DF. [2003]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.711.htm>. Acesso em novembro de 2022.

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

CARVALHO, J. A. VON PINHO, É. V. R., OLIVEIRA, J. A., GUIMARÃES, R. M., BONOME, L. T. Rapid tests for evaluating the physiological quality of Citromelo swingle seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 24, n. 1, p. 263-270, 2002.

Castro, A. M. G. D., Lopes, M. A., Lima, S. M. V., Bresciani, J. C., & Rosinha, R. Cenários do setor de sementes e estratégia tecnológica. *Revista de Política Agrícola*, v. 13, n. 3, p. 58-72, 2004.

CAVARIANI, C., TOLEDO, M. Z., RODELLA, R. A., FRANÇA NETO, J. D. B., NAKAGAWA, J. Velocidade de hidratação em função de características do tegumento de sementes de soja de diferentes cultivares e localidades. *Revista brasileira de Sementes*, p. 30-39, 2009.

COSTA, J. A., PIRES, J. L. F., THOMAS, A. L., & ALBERTON, M. Variedades de soja diferem na velocidade e capacidade de absorver água. *Scientia Agraria*, v. 3, n. 1, p. 91-96, 2002.

SILVA JUNIOR, F.A. AUTOMAÇÃO DO TESTE DE FENOLFTALEÍNA VIA ANÁLISE DE IMAGENS: UMA NOVA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO DE VIGOR EM SEMENTES DE SOJA. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa. Rio Paranaíba-MG, 2020.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; DE LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de sementes*, v. 31, n. 1, 2009.

MARCOS FILHO, J. Teste de vigor de sementes: uma visão geral da perspectiva do passado, presente e futuro. *Scientia Agrícola*, 72 (4), 363-374, 2015.

Oliveira, C. G., De Macêdo, V. D. T. L., & Soares, F. C. M. Desvio padrão e imprecisão de leitura: Paquímetro. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE*, v. 5, n. 3, p. 27-27, 2019

SILVA, V. N., SARMENTO, M. B., SILVEIRA, A. C., SILVA, C. S., & CICERO, S. M. Avaliação da morfologia interna de sementes de *Acca sellowiana* O. Berg por meio de análise de imagens. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 4, p. 1158-1169, 2013.

CONCLUSÕES GERAIS

O sistema de aquisição de imagens demonstrou simplicidade na operação e qualidade construtiva.

O *software* atendeu a necessidade de ser *user friendly*, facilitando a interação do usuário e a dinâmica de exportação de relatórios; associado a uma escala intuitiva.

O sistema *Phenolphthalein Automated Seed Test* apresentou precisão no processamento de sementes de soja, contendo um banco de dados que apresenta acurácia na classificação de sementes das cultivares TEC e TMG.