

**ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA**

POR

LARISSA KATIÊ MOREIRA RIBEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção de grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO

Fevereiro 2021

**ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA**

Por

LARISSA KATIÊ MOREIRA RIBEIRO

Comitê de Orientação:

Orientadora, Prof. Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira, IF Goiano, Campus Iporá

Coorientador, Prof. Dr. Jacson Zuchi, IF Goiano, Polo de Inovação

**ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIA
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA**

Por

LARISSA KATIÊ MOREIRA RIBEIRO

Orientador: _____
Prof. Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira, IF Goiano,
Campus Iporá

Examinadores: _____
Prof^ª. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz, IF Goiano Campus
Iporá

Prof^ª. Dra. Vanessa Fátima Grah Ponciano, IF Goiano –
Campus Iporá

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC – Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Larissa Katiê Moreira Ribeiro

Matrícula: 2019102331540110

Título do Trabalho: ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 02/05/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

RIO VERDE - GOIÁS
Local

, 26 / 04 / 2021.
Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Silvia Jonielle Costa Leal

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 18/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE SOJA

Autora: Larissa Katiê Moreira Ribeiro
Orientadora: Sílvia Sanielle Costa de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Bioenergia e Grãos - Área de Concentração Agroenergia

APROVADA em 27 de fevereiro de 2021.

Prof.^a Dr.^a Sílvia Sanielle Costa de Oliveira
Presidente da Banca - IF Goiano / Campus Iporá

Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz
Avaliador interno - IF Goiano /
Campus Iporá

Prof.^a Dr.^a Vanessa Fátima Grah
Ponciano
Avaliadora externa - IF Goiano /
Campus Iporá

Documento assinado eletronicamente por:

- Vanessa de Fatima Grah Ponciano, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2021 11:04:41.
- Sihelio Julio Silva Cruz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2021 11:04:11.
- Sílvia Sanielle Costa de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2021 11:03:24.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/02/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 243402
Código de Autenticação: adfb9b6c92





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 12/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 35 (TRINTA E CINCO)
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e sete dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e um, às 09h00min (nove horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **LARISSA KATIÊ MOREIRA RIBEIRO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof.^a Dr.^a Sílvia Sanielle Costa de Oliveira, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao(a) autor(a) da Dissertação para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Sílvia Sanielle Costa de Oliveira	IF Goiano - Campus Iporá	Presidente
Sihélio Júlio Silva Cruz	IF Goiano - Campus Iporá	Membro interno
Vanessa Fátima Grah Ponciano	IF Goiano - Campus Iporá	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Vanessa de Fatima Grah Ponciano**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2021 11:05:07.
- **Sihelio Julio Silva Cruz**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2021 11:03:24.
- **Silvia Sanielle Costa de Oliveira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2021 11:02:19.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/02/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 243426

Código de Autenticação: 6b9744b148



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que em toda a minha vida esteve sempre presente em todos os momentos de dificuldades.

Aos meus pais Edson e Heliene, e ao meu esposo, Dantes que sempre tiveram paciência e compreensão durante esta jornada, dando sempre apoio incondicional, recebam o meu sincero agradecimento por tudo que fazem por mim, amo vocês.

Agradeço também a Instituto Federal Goiano, que foi o responsável pelo grande crescimento intelectual que será muito valioso em minha vida pessoal e profissional. A minha orientadora Silvia Sanielle Costa de Oliveira, por me aceitar como orientada, por toda atenção, dedicação, confiança, paciência que teve comigo durante este período.

À minha filha Alana Moreira Ribeiro Cabral, que está contribuindo sempre para o meu crescimento pessoal e gostaria de lhe informar que sempre poderá contar comigo.

A todos, que mesmo não citados aqui, estiveram presentes nesta fase, de alguma forma, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	6
2.2 Produção de Sementes de Soja	7
2.3 Controle de Qualidade de Sementes de Soja	8
2.4 Classificação de Plântulas Em Sementes de Soja.....	9
2.5 Análise de Imagens	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Teor de Água	14
3.2 Teste de Germinação	14
3.3 Teste de Envelhecimento Acelerado	14
3.4 Teste de Crescimento de Plântulas (Medição Manual)	15
3.5 Teste de Tetrazólio	15
3.6 Emergência de Plântulas Em Campo	15
3.7 Análise de Imagens	16
3.8 Análise Estatística	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA

Por

LARISSA KATIÊ MOREIRA RIBEIRO

(Sob Orientação da Professora Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira IF Goiano, Campus

Iporá)

RESUMO

Técnicas dentro da área de análise de imagens vêm sendo estudadas para a avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes visando minimizar as limitações existentes nos testes tradicionais. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições de 50 sementes para todos os testes utilizados (caracterização dos lotes e análise de imagens). Foi realizada as análises de variância e as médias comparadas pelo teste de ScottKnott a 5% de probabilidade. Para realizar a comparação dos testes de envelhecimento acelerado, comprimento de plântula e raiz com a análise de imagens foi realizada uma análise fatorial, sendo que os fatores considerados foram lotes e tipos de testes (6 x 2) para cada variedade. O objetivo do estudo foi verificar a eficiência do equipamento GroundEye® na avaliação do vigor de sementes de soja a partir de imagens de plântulas provenientes do teste de germinação, a sua possível aplicação como teste complementar no controle de qualidade de empresas produtoras de sementes. O equipamento se mostrou eficiente para a utilização como técnica de análise de imagens de plântulas se tornando auditoria interna, auditoria esta por inteligência artificial, eliminando qualquer interferência humana que possa ter na checagem do potencial fisiológico da semente.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* L. Merril ; GroundEye®; Vigor.

ANALYSIS OF SEEDLINGS IMAGES TO EVALUATE THE PHYSIOLOGICAL
POTENTIAL OF SOYBEAN SEEDS

By

LARISSA KATIÊ MOREIRA RIBEIRO

(Sob Orientação da Professora Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira IF Goiano, Campus
Iporá)

ABSTRACT

Image analysis techniques have been studied to evaluate the physical and physiological quality of seeds to minimize the limitations existing in traditional tests. The experiment was carried out in a completely randomized design with four replicates of 50 seeds for all tests used (lot characterization and image analysis). Variance analyses and means compared by ScottKnott test at 5% probability were performed. To compare the accelerated aging, seedling length and root tests with image analysis, a factor analysis was performed, and the factors considered were lots and types of tests (6 x 2) for each variety. The aim of this study was to verify the efficiency of GroundEye ® equipment in to evaluatesoybean seeds vigor from seedling images ingermination test, its possible application as a complementary test in the quality control of seed producing companies. The equipment proved to be efficient for its use as a technique for analyzing seedling images, becoming an internal audit, auditing this by artificial intelligence, thus eliminating any human interference that may have when checking the seed physiological potential.

KEY WORDS: *Glycine max L. Merril* ; Groundeye®; Vigor.

1. INTRODUÇÃO

O produto mais exportado em 2017 foi, a mescla da cultura da soja em grãos e seus derivados, como farelo e óleo, contabilizando 14,10% de toda a exportação brasileira. No parecer da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), na safra de 2019/2020, o Brasil produziu 122,8 milhões de toneladas de soja em grãos. A previsão de crescimento para a safra 2020/2021 é de 2,5% na área e produção de 133,7 milhões de toneladas confirmando o país como o maior produtor mundial da oleaginosa (Conab, 2019).

A tendência de produção de sementes de qualidade ganha força, principalmente no Centro-Oeste, que apresenta altitude e clima favoráveis para o melhoramento de sementes (Conab, 2018), com estação seca ao longo do ano, que contribui para manter o nível adequado de umidade da semente. As sementes são distribuídas para grandes produtores de soja de vários estados, como Mato Grosso, Bahia, Pará, São Paulo, Minas Gerais, além do sudoeste goiano, entre outros.

Um dos fatores, determinantes para o sucesso da produção agrícola é a utilização de sementes de qualidade. Contudo, informações precisas em relação ao desempenho de um lote em condições adversas só foi possível com o surgimento do teste de vigor (Ávila, 2017).

A utilização de sementes com elevado vigor pode proporcionar acréscimos de 20% a 35% no rendimento dos grãos, quando comparados ao uso de sementes de baixo vigor (França Neto *et al.* 2010). Além disso, o uso de sementes com qualidade assegura população adequada de plantas, com maior velocidade de emergência e desenvolvimento, podendo assim, conferir aumento na produtividade (Zuchi, 2015).

No caso da soja diversas tecnologias foram implantadas, visando melhorar a qualidade das sementes produzidas: uso de época de semeadura específica para a produção de

sementes; antecipação da colheita, com 17% a 19% de umidade; melhoramento genético; colheita com menores danos mecânicos e menores perdas (Embrapa, 2006). Dentre as técnicas de controle de qualidade, destacam-se os trabalhos de aprimoramento dos diversos testes de vigor, e tem despertado interesse do setor produtivo na utilização destas técnicas, visando produção de sementes com qualidade mais elevada (França Neto, 2014).

A análise computadorizada de plântulas reflete progresso na otimização do tempo, e minimização de incertezas das análises, porém é pouco influenciada pelo analista, ocasionando tomadas de decisões mais precisas e ágeis. No entanto, essa ferramenta de avaliação de vigor de sementes por meio de análise de plântulas, ainda é primária, havendo a necessidade de calibração e padronização dos testes (Alvarenga et al., 2012).

Dessa forma, há poucos relatos na literatura quanto a utilização de equipamentos em sementes de soja. O objetivo do estudo foi verificar a eficiência do equipamento GroundEye® na avaliação do vigor de sementes de soja a partir de imagens de plântulas provenientes do teste de germinação, a sua possível aplicação como um teste complementar no controle de qualidade de empresas produtoras de sementes.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Cultivo da Soja No Brasil

No Brasil, o agronegócio se tornou um dos principais setores que impulsiona a economia do País, tendo expressiva composição no seu produto interno bruto – PIB. O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA 2020) indica o ramo agrícola com resultado de aproximadamente 14,6%, em 2019, dos 20,9% atribuído ao agronegócio no geral. Com a safra de 2019/2020 acima dos 123 milhões de toneladas de soja colhida, o Brasil volta a liderar o ranking como maior produtor mundial, conforme levantado pelo United States Department of Agriculture (USDA, 2020).

Mediante ao empenho das pesquisas e transferências de tecnologias que têm sido realizadas no setor agrícola, a soja é cultivada em 19 estados e no Distrito Federal (CONAB, 2018; IBGE, 2018), permitindo ampla eficiência da cultura e o estabelecimento dela em uma cadeia produtiva estruturada.

O agronegócio foi essencial para o mercado internacional brasileiro na última década, em particular o complexo agroindustrial da soja, pois os demais setores da economia, agregados, apresentaram significativos déficits comerciais, em todos os anos do período. Em 2018, as exportações do agronegócio e do complexo agroindustrial da soja representaram 42,4% e 17,1%, respectivamente, das exportações totais do País (Brasil, 2019b). A importância da soja para a economia nacional, em 2018, foi o faturamento de R\$ 384,0 bilhões das lavouras brasileiras, o valor bruto da produção agropecuária da soja correspondeu a R\$ 142,5 bilhões (mais de 1/3 do total), como indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2019a).

O sudoeste Goiano tem destaque na produção de duas culturas (soja e milho), essa alta produção de grãos é o principal estímulo para a inserção de diversas agroindústrias na região, seja para o processamento principal dos grãos, ou de subprodutos, como as rações para o abastecimento das agroindústrias de suínos e aves (Silva et al., 2015).

2.2 Produção de Sementes de Soja

A produção de sementes de soja está distribuída por praticamente todas as regiões do Brasil, logo, estando exposta a diversas condições ambientais, como fotoperíodo, precipitações, temperatura, umidade do ar, umidade do solo (Ávila et al., 2003). Alguns métodos de cultivo podem influenciar na qualidade da semente, como a densidade populacional e a época de semeadura que é considerada como a mais importante, é a que tem maior efeito na produção (Motta et al., 2002; Albrecht et al., 2008).

Destaca-se também que, para produção de sementes de soja com qualidades fisiológica e sanitária, são indicadas regiões com temperatura do ar menores que 22°C durante o processo de maturação da cultura (Costa et al., 1994). Atualmente, a cerca de 70% da produção brasileira de soja está centralizada em territórios tropicais, que retratam condições estressantes para a geração de sementes de alta qualidade (França Neto, 2014). Por isso, a relevância de se utilizar sementes vigorosas para endossar o estabelecimento de uma população adequada de plantas mesmo sob circunstâncias estressantes.

Atualmente, o processo de produção de sementes é totalmente integrado ao sistema de controle de qualidade. Os trabalhos de controle de qualidade com base no DIACOM (diagnóstico completo de qualidade de sementes de soja) começam já na fase de pré-colheita, quando a qualidade das sementes é avaliada pelo teste de tetrazólio. Cujos resultados propiciam informações importantes quanto ao destino de um campo de sementes, se será aproveitado para sementes, caso a qualidade esteja dentro dos padrões pré-estabelecidos, ou para grãos, caso a qualidade esteja afetada. Após a colheita, a semente passa por avaliação das

qualidades fisiológicas e sanitária. O desempenho fisiológico da semente é medido percentualmente pelos testes de germinação em laboratório e de emergência de plântulas em canteiros (VIEIRA; RAVA, 2000).

Avaliar o vigor das sementes é um parâmetro fundamental para obter sucesso na produção (Marcos Filho, 1999). Sendo considerado um parâmetro indispensável que pode ter influência tanto no estabelecimento das plântulas como no rendimento das culturas, principalmente quando submetidas a condições ambientais adversas (Ghassemi–Golezani et al., 2010). Além disso, sementes com elevado vigor, asseguram um estande ideal de plantas e germinação uniforme (Oliveira et al., 2009).

2.3 Controle de Qualidade de Sementes de Soja

A qualidade das sementes é garantida no processo de certificação, em que são requeridos padrões mínimos de pureza física e de germinação em sua produção. O teste de germinação é realizado visando a avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes, porém, por ser um teste realizado em condições ideais de germinação, nem sempre os resultados obtidos refletem o potencial do lote em condições a campo (Brandani, 2017). Outros testes são realizados visando a complementação dos resultados obtidos no teste de germinação. Nesse contexto, testes de vigor são muito utilizados por serem mais sensíveis, identificando estágios de deterioração menos avançados, facilitando o manuseio de lotes de sementes quanto ao seu destino ou descarte (Pinto, 2014). Além disso, pode evidenciar o comportamento das sementes em situações específicas como a secagem, beneficiamento e armazenamento, auxiliando na tomada de decisão durante todas as etapas da produção das sementes (Brandani, 2017).

Morfologicamente, a semente é idêntica ao grão comercial, entretanto, semente é aquela produzida com finalidade de semeadura, sob cuidados especiais. O processo de produção de sementes de qualidade exige, além de um amplo e rigoroso sistema de controle de

qualidade interno por parte das empresas produtoras, o cumprimento de leis e normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e outros mecanismos reguladores (Ohlson et al., 2010). Por meio dessas normas e mecanismos, determina-se padrões mínimos de qualidade e controle do processo produtivo a fim de se garantir a produção certificada de sementes.

Na certificação de sementes são requeridos padrões mínimos de pureza física e de germinação, porém em cenário competitivo, quando a qualidade é fator imprescindível e regulador de mercado, as empresas produtoras não se prendem somente a estes requisitos. Tanto para sementes de soja certificadas (C1 e C2) e não certificadas (S1 e S2), a porcentagem de germinação e pureza mínima requeridas para sua comercialização é de 80% e 99%, respectivamente (Brasil, 2013).

Apesar deste ser o mínimo requerido, muitas empresas estipulam valores de germinação muito acima disto, visando a garantia da qualidade das sementes produzidas. Tais empresas possuem controle de qualidade extremamente rigoroso, que visa o acompanhamento e a aferição da qualidade em todas as etapas do processo de produção. Para isto, são feitos uma série de testes prescritos nas Regras para Análise de Sementes (RAS) e outros possíveis testes baseados em outras metodologias (Brasil, 2013).

2.4 Classificação de Plântulas Em Sementes de Soja

O teste de classificação do vigor das plântulas consiste na classificação das plântulas provenientes do teste de germinação em normais fortes, normais intermediárias, normais fracas e anormais, de acordo os parâmetros definidos por (Nakagawa, 1999) para a cultura da soja. Os lotes de sementes que possuem porcentagem maior de plântulas normais fortes são considerados mais vigorosos, ou seja, terão maiores possibilidades de emergir e produzir plantas normais em condições adversas de campo (Pinto et al., 2015).

O teste de crescimento de plântulas consiste na determinação do comprimento médio das plântulas normais, que, para soja, toma-se a medida da extremidade da raiz até a inserção

dos cotilédones. Segundo (Nakagawa, 1999) o comprimento médio da plântula é obtido somando as medidas tomadas de cada plântula normal, em cada repetição, e dividindo, a seguir, pelo número de plântulas normais mensuradas. Os resultados são expressos em cm. Como conclusão para tal teste se admite que as amostras que apresentam os maiores valores médios são as mais vigorosas (Nakagawa, 1999). De acordo com (Dan et al., 1987), isso ocorre porque as sementes mais vigorosas originarem plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário.

A interpretação do teste de germinação no cotidiano de um laboratório de análise de sementes, consiste em fazer a separação de plântulas normais (capazes de produzir plantas normais em condições favoráveis), plântulas anormais (incapazes de gerar plantas normais no campo), sementes duras, sementes dormentes e sementes mortas.

Para a realização do teste de comprimento de plântulas não são necessários analistas e equipamentos especializados, sendo um teste relativamente simples, porém as medições realizadas no teste são feitas manualmente, demandando tempo e estando sujeitas a variações dentre analistas (Dornelas et al., 2005). Tendo em vista a grande demanda de tempo e a subjetividade proveniente das variações entre os possíveis analistas do teste, uma alternativa que solucionaria tais problemas seria a automatização deste processo a partir do processamento computadorizado de imagens (Hoffmaster et al., 2003) que, além de tornar o teste mais rápido, traria também resultados mais precisos (Marcos Filho et al., 2015).

2.5 Análise de Imagens

A utilização do estudo de imagens automatizada de sementes e plântulas está relacionada a inevitabilidade de métodos rápidos e precisos (Dell'aquila, 2009). A observação de estruturas como hipocótilos e raiz primária de plântulas assim como a análise de conteúdo de reservas de sementes, são técnicas garantidas para o parecer do potencial fisiológico

(Henning et al., 2010). Pois, encontra uma analogia positiva entre o desenvolvimento de plântulas e os diversos testes que propiciam estimar o vigor de sementes de soja (Mahajan; Das; Sardana 2015).

Em 2011, a Tbit Tecnologias e Sistemas, empresa incubada na Universidade Federal de Lavras (UFLA), desenvolveu um sistema de análise de imagem computadorizada denominado inicialmente de Sistema de Análise de Sementes (SAS) e posteriormente de GroundEye®. O GroundEye® é um sistema composto por um módulo de captação e um software de análise. O módulo de captação é constituído por uma ou duas câmeras de alta resolução e por uma bandeja acrílica ou esteira rolante, de acordo com a versão a ser utilizada (Figura 1).

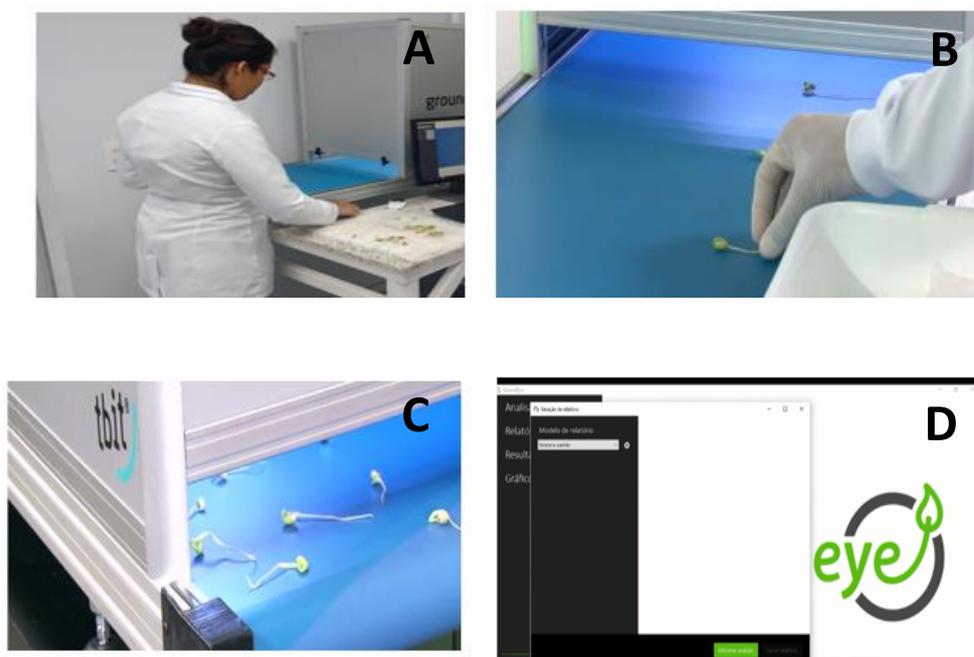


Figura 1: Equipamento realizando a captura das imagens. (A) Analista organizando as plântulas; (B) Separando as plântulas e deixando-as sob a esteira do equipamento, (C) Plântulas no equipamento e (D) Software utilizado para leituras.

Fonte: Arquivo pessoal.

A configuração de análise é a etapa mais importante para as análises de sementes ou plântulas por meio desse sistema. Nesta etapa a configuração da cor de fundo é o momento que se utiliza os parâmetros dos espaços de cor (HSV, CIE L*a*b ou YCbCr) para separar os objetos do fundo e assim ficarem o mais próximo possível do real (Manual Groundeye®, 2016). Na etapa de análise, as características das sementes e plântulas são extraídas e várias ferramentas podem auxiliar na interpretação dos dados como gráficos, cores, formas, relatórios e as ferramentas de inteligência artificial (classificadores, redes de decisão, expressões e área de interesse por cor). O GroundEye® analisa individualmente a plântula e fornece informações de vigor por meio de índices nos quais os valores variam de 0 a 100. A avaliação do vigor é realizada por meio de inferências, de modo que o sistema automaticamente compara os valores de vigor calculados nos testes feitos em laboratório com os valores fornecidos pelo software.

Pinto et al. (2015) trabalharam com o GroundEye® para verificar a potencialidade de uso do sistema na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. Andrade et al. (2016) utilizaram o mesmo software para adequar a metodologia e avaliar a eficiência do sistema na detecção de sementes esverdeadas em lotes de soja. Também foi avaliada a possibilidade de uso desse sistema para diferenciação de cultivares de soja, pelas características de coloração do hilo, formato e brilho das sementes (Andrade, 2014). Abreu et al. (2016) avaliaram a qualidade fisiológica das sementes de café submetidas a diferentes níveis de secagem e estimaram o vigor das plântulas pelo sistema de análise de imagens. Ávila (2017) verificou o potencial de utilização da técnica de análise de imagens pelo equipamento GroundEye® na separação de lotes de sementes de soja com diferentes níveis de qualidade fisiológica e relacionou os resultados da avaliação computadorizada com os testes de vigor indicados para a cultura.

Dessa forma, o uso de análise de imagens para avaliação da qualidade de sementes utilizando o sistema GroundEye® é uma técnica promissora, porém é necessário realizar mais pesquisas para correlacionar essa técnica com os testes tradicionais de laboratório. A análise automatizada do desenvolvimento de plântulas, com a utilização do GroundEye®, limita a subjetividade das análises embasadas na observação visual do analista, e pode compor uma ascensão significativo rumo à padronização da sistematização de avaliação de germinação por intermédio da análise de imagens (Shea et al., 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com sementes de soja da cultivar 74I77 RSF IPRO e NT 1478SP de lote comercial proveniente da safra 2019/2020 fornecida pela empresa Pro Vigor, unidade de Rio Verde – GO. A utilização do equipamento para a realização das análises de imagens foi viabilizada pela empresa Sementes Goiás.

3.1 Teor de Água

Determinado o teor de água das sementes utilizadas pelo método de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (Brasil 2009) utilizando duas repetições de 5 g de sementes por tratamento. Os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

3.2 Teste de Germinação

Quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas de maneira alternada sobre duas folhas de papel “germitest”, umedecido a 2,5 vezes a massa seca do papel, e cobertas com uma folha adicional umedecidas nas mesmas condições. Logo após, foram confeccionados os rolos, os quais foram mantidos em germinador regulado a temperatura constante de 25°C com fotoperíodo. A avaliação da germinação de sementes ocorreu com cinco dias. Os valores foram expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

3.3 Teste de Envelhecimento Acelerado

As sementes foram distribuídas, em camada única, sobre a tela de alumínio, fixada em caixa plástica de germinação, contendo no fundo 40 ml de água destilada. As caixas contendo as sementes foram fechadas e mantidas a 41°C por 24 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e teor de água, sendo a avaliação da porcentagem de plântulas normais realizada cinco dias após a semeadura (Marcos Filho, 1999).

3.4 Teste de Crescimento de Plântulas (Medição Manual)

Foi realizado nas plântulas normais oriundas do teste de germinação e envelhecimento acelerado, após cinco dias de instalação. Para efetuar as medições foi utilizada uma régua. As medições manuais das plântulas foram realizadas para determinar o comprimento da maior raiz, da parte aérea, do comprimento total e do número de ramificações das mesmas (Vieira & Carvalho, 1994), para posterior comparação com o resultado obtido pelo software.

3.5 Teste de Tetrazólio

O teste de tetrazólio foi realizado em duas subamostras de 50 sementes para cada tratamento, pré-condicionadas em papel de germinação, tipo “germitest”, umedecidos e mantidos nestas condições por 16 horas a 25°C. Após este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos (capacidade 50 ml) com solução de tetrazólio de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio na concentração de 0,075% e mantidas em b.o.d com ausência de luz por até três horas a 40°C. Decorrido este período, as sementes foram lavadas em água corrente e logo em seguida, avaliadas de forma individual com corte longitudinal ao eixo embrionário (França Neto et al., 1999).

3.6 Emergência de Plântulas Em Campo

O teste de emergência de plântulas em campo foi realizado na fazenda Nova Esperança, localizada no município de Rio Verde - GO. A semeadura foi realizada manualmente, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, sendo as parcelas distribuídas ao acaso, espaçadas 10 cm entre linhas, a contagem das plântulas foi realizada após sete dias de instalação e o resultado expresso em percentual de número de plântulas normais emergidas (Brasil, 2009).

3.7 Análise de Imagens

Para a obtenção das imagens das plântulas utilizou-se o equipamento Groundeye Série L e foi realizado o teste de germinação e envelhecimento acelerado utilizando as quatro repetições de 50 sementes por tratamento, ou seja, por lote, de acordo com a metodologia descrita anteriormente (Brasil, 2009).

Para a captura das imagens as plântulas foram retiradas do papel “germitest” de forma cuidadosa e colocadas sobre a esteira do equipamento, de maneira que as plântulas não encostassem umas nas outras. Posteriormente, foi iniciada a captação do equipamento para captura das imagens e análise. A captura das imagens do teste de germinação foi realizada por uma câmera profissional de alta resolução contida dentro da câmera de captação do equipamento.

Após a captura das imagens das plântulas, procedeu-se a análise pelo próprio equipamento (em todos os casos a unidade métrica foi o centímetro), e a germinação e vigor das plântulas foram expressos em porcentagem.

3.8 Análise Estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições de 50 sementes para todos os testes utilizados (caracterização dos lotes e análise de imagens). Foram obtidas as análises de variância e as médias comparadas pelo teste de ScottKnott a 5% de probabilidade. Para realizar a comparação dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e comprimento de plântula e raiz com a análise de imagens foi realizada uma análise fatorial, sendo que os fatores considerados foram lotes e tipos de testes (6 x 2) para cada cultivar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, o coeficiente de variação encontrado ficou abaixo de 20%, demonstrando confiança nos resultados obtidos, e estão dentro dos valores encontrados na literatura em experimentos de avaliação de qualidade fisiológica (Borba *et al.*, 1995; Rodrigues, 2007; Peres, 2010). Com base na tabela 1, não houve diferença entre as cultivares para as variáveis emergência de plântulas em campo (EPC), Teste de tetrazólio – potencial de germinabilidade (TZ G) e vigor (TZ vigor).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para emergência de plântulas em campo (EPC), Teste de tetrazólio – potencial de germinabilidade (TZ G) e vigor (TZ vigor) para duas cultivares de soja.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		EPC	TZ G	TZ vigor
Cultivar	1	2,4 ^{ns}	390,6 ^{ns}	6,4 ^{ns}
Repetição	19	28,1 ^{ns}	262,9 ^{ns}	35,3 ^{ns}
Resíduo	19	25,0	284,3	28,3
Total	39	-	-	-
CV (%)		5,6	18,7	5,9

GL = grau de liberdade; não significativo (^{ns}); CV = coeficiente de variação

Na tabela 2 estão apresentados as médias das cultivares para as variáveis emergência de plântulas em campo, porcentagem de potencial de germinabilidade e vigor, e se trata de um fator considerável, pois a uniformização das cultivares testadas é de suma importância para o alinhamento das avaliações e obtenção de resultados confiáveis.

As cultivares DO114320 e NT1800420 apresentaram germinação em condições de campo superior a 80% (Tabela 2), valor este considerado como padrão mínimo exigido pelo ministério da agricultura para comercialização (Brasil, 2013). Além disso, o teste de tetrazólio caracterizou as cultivares com alto vigor, assim, fica evidente a alta qualidade fisiológica das sementes utilizadas neste estudo (Tabela 2).

O teste de germinação, embora padronizado, isoladamente não indica sobre vários aspectos a qualidade fisiológica das sementes, pois estas podem iniciar o processo germinativo e não ter potencial para emergir tonando uma planta normal em campo (Amaral, 1991). A maior restrição do teste de germinação é sua incapacidade para identificar diferença de potencial fisiológico entre cultivares com alta germinação, indicando, assim a necessidade de complementação dessa informação com os resultados dos testes de vigor e, a utilização do teste de emergência em campo para assegurar bom desempenho das sementes em condições adversas (Wielewicki et al.,2006).

Tabela 2. Porcentagem de emergência de plântulas em campo (EPC), porcentagem de potencial de germinabilidade por meio do teste de tetrazólio (TZ G) e vigor (TZ vigor) em duas cultivares de soja.

Cultivares	EPC	TZ G	TZ vigor
DO114320	86,8 a	86,7 a	90,4 a
NT1800420	90,0 a	93,0 a	89,6 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Conforme destacado por Hampton e Coolbear (1990), um único teste de vigor não é capaz de caracterizar todas as possíveis interações entre as sementes e as condições ambientais

variadas que enfrentam em campo quando são semeadas. Sendo assim, foram utilizados um conjunto de testes de vigor para caracterizar os lotes deste trabalho.

Na tabela 3, observa-se que a fonte de variação cultivar foi significativa pelo teste de F, para as variáveis, plântulas normais, plântulas intermediárias e plântulas anormais, já para método de avaliação todas as variáveis apresentadas foram significativas, e a interação foi significativa apenas para plântulas anormais.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), Plântulas intermediárias (PI), plântulas fracas (PF) e plântulas anormais (PA) submetidas ao teste de germinação, de duas cultivares de soja submetidas a dois métodos de avaliação, por meio de um analista e pelo Groundeye

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		PN	IVG	PI	PF	PA
Cultivar (C)	1	1479,2 **	92,5 ^{ns}	966,1 **	5,0 ^{ns}	304,2 **
Método de avaliação (M)	1	627,2 **	4351,3 **	1110,1 **	3328,2 **	627,2 **
C x M	1	115,2 ^{ns}	151,3 ^{ns}	18,1 ^{ns}	7,2 ^{ns}	105,8 *
Repetição	19	70,8 ^{ns}	59,7 ^{ns}	58,7 ^{ns}	36,4 ^{ns}	22,6 ^{ns}
Resíduo	57	38,8	64,5	50,9	23,1	24,9
Total	79	-	-	-	-	-
CV (%)		7,3	19,7	22,6	36,9	44,2

. GL = grau de liberdade; significativo a 0,01. (**) e a 0,05 (*) de probabilidade; não significativo (^{ns}); CV = coeficiente de variação.

Analisando a tabela 4, verifica-se que a cultivar NT1800420 apresentou melhores resultados, mas ambas cultivares estão dentro do padrão de comercialização, conforme Brasil (2013). As cultivares avaliadas apresentaram um número significativo de plântulas normais, sendo a maioria dessas plântulas normais classificadas como plântulas intermediárias.

O fato do equipamento groundeye não realizar a captura da imagem da plântula em todas as suas faces, justifica a classificação do analista por menor número de plântulas vigorosas. Para se

enquadrar nesta classificação as plântulas devem apresentar comprimento superior a 15 cm, com ausência de dano aos cotiledones, a plúmula deve se encontrar em perfeito estado e o sistema radicular plântula bem desenvolvido (Pinto et al.,2015). Assim, o analista consegue verificar todas as superfícies da plântula por isso, a sua classificação é mais criteriosa.

Tabela 4. Porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas vigorosas (PV), plântulas intermediárias (PI) e plântulas fracas (PF) de duas cultivares de soja submetidas a dois métodos de avaliação, por meio de um analista e pelo Groundeye. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (dentro do fator) não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Cultivares	PN (%)	PV (%)	PI (%)	PF (%)
DO114320	81,0 b	39,7 a	28,05 b	13,25 a
NT1800420	89,6 a	41,85 a	35,0 a	12,75 a
Métodos de avaliação				
Analista	88,1 a	33,4 b	35,25 a	19,45 a
Groundeyer	82,5 b	48,15 a	27,8 b	6,55 b

Kikuti e Marcos Filho (2012) realizaram a avaliação em sementes de alfaca com o uso de equipamento de imagens e observaram ao avaliar o vigor de lotes de sementes, o comprimento de raiz primária e o índice de crescimento de plântulas apresentaram resultados próximos aos dos testes tradicionais realizados. Outros autores que também fizeram uso do equipamento de análise de imagens em suas avaliações, concluíram a coerência dos resultados obtidos nos ensaios de laboratório e os resultados do índice de vigor realizados pelo software (Silva et al., 2012; Silva; Cícero, 2014).

Quanta a variável porcentagem de plântulas anormais (Tabela 5), na análise por meio do groundeye foi contabilizado maior porcentagem de plântulas anormais, possivelmente o programa foi bem padronizado, pois o mesmo possui menor interferência externa quando comparado com a avaliação pelo analista. O analista está sujeito a interferências pessoais na realização das leituras, podendo variar de analista para analista, o que não acontece quando é feito o uso do equipamento bem calibrado, seguindo o padrão de algoritimos fornecido a ele (Vanzolini et al. 2007).

Tabela 5. Porcentagem de plântulas anormais de duas cultivares de soja submetidas a dois métodos de avaliação, por meio de um analista e pelo Groundeye

Variáveis	Cultivares	Métodos de avaliação	
		Analista	Groundeyer
% de Plântulas anormais	DO114320	9,3 a B	17,2 a A
	NT1800420	7,7 a B	11,0 b A

. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

No trabalho realizado por Pinto (2014) foram avaliados dois híbridos de milho, cada um representado por nove lotes, em que foi empregado o SAS para avaliação de características de plântulas (comprimento médio do coleóptilo, da raiz e das plântulas) e pelos índices de vigor. Neste caso, o trabalho comparou o uso do SAS sem calibração e com calibração manual e verificou que a análise de imagem deve ser feita com a calibração automática pelo software SAS, sem necessidade de correção da imagem das plântulas e conclui que o SAS é um equipamento promissor para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho.

Em relação as cultivares de soja submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, é possível observar na tabela 6, resumo da análise de variância tanto para cultivar quanto para os métodos de avaliação houve significâncias para todas as variáveis respostas, exceto plântulas intermediarias. Como as sementes foram expostas as condições desfavoráveis a sua germinação com

elevada temperatura e alta umidade é possível observar que a porcentagem de plântulas anormais aumentaram (Alvarenga et al. 2012).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), Plântulas intermediárias (PI), plântulas fracas (PF) e plântulas anormais (PA) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, de duas cultivares de soja submetidas a dois métodos de avaliação, por meio de um analista e pelo groundeye.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		PN	IVG	PI	PF	PA
Cultivar (C)	1	3001,3 **	352,8 **	352,8 **	288,8 **	845,1 **
Método de avaliação (M)	1	2761,3 **	217,8 **	7,2 ^{ns}	4205,1 **	2832,2 **
C x M	1	84,1 ^{ns}	80,1 ^{ns}	28,8 ^{ns}	28,8 ^{ns}	80,0 ^{ns}
Repetição	19	127,2 ^{ns}	89,5 ^{ns}	62,9 ^{ns}	32,1 ^{ns}	76,0 ^{ns}
Resíduo	57	41,1	50,3	50,6	38,7	34,2
Total	79	-	-	-	-	-
CV (%)		8,8	30,5	21,9	34,9	29,0

GL = grau de liberdade; significativo a 0,01. (**) de probabilidade; não significativo (^{ns}); CV = coeficiente de variação.

Analisando a tabela 7, é possível observar que a cultivar NT1800420 apresentou qualidade fisiológica superior à cultivar DO114320, mas, após o teste de envelhecimento acelerado, as duas cultivares ficaram aquém ao mínimo de vigor para a comercialização de sementes de soja exigidos pela empresa. Atualmente, não há padrão mínimo de vigor para sementes exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A base do teste de envelhecimento acelerado é o fato de que o índice de deterioração das sementes se torna maior por causa da sua exposição a coeficientes muito variados de temperatura e umidade relativa (Marcos Filho, 2005). Nesse tipo de condições, sementes de menor qualidade apresentam deterioração mais rápida do que as que têm maior vigor (Torres e Marcos Filho, 2001).

Este teste de vigor tem sido utilizado em programas que trabalham com o controle de qualidade, realizados por empresas que produzem sementes, pois, em poucos dias, é possível obter informações relativamente seguras acerca do potencial que os lotes apresentam com relação ao armazenamento. Vale ressaltar que, ambas as cultivares, mesmo com elevada porcentagem de germinação em condições de laboratório e campo (Tabela 2 e 4), apresentaram baixo potencial fisiológico quando expostas a condições estressantes quando submetidas ao teste (Tabela 7).

Quanto ao método de análise, é possível observar que o analista quantificou mais plântulas normais e fracas, contudo, o groundeye computadorizou mais plântulas vigorosas e anormais (Tabela 7). Um dos fatores que contribuiu para este resultado no groundeye quanto a contabilizar menos plântulas normais, é pelo transporte e colocação das plântulas na bandeja de leitura. Como as plântulas possuem estruturas frágeis, ficam suscetíveis a danos, principalmente porque já passaram pela leitura do analista e, posteriormente, ficam dispostas na esteira para a computadorização e leitura do equipamento.

O analista verificou menor porcentagem de plântulas anormais, por poder analisar a plântula de forma mais sensível, se realmente não há nenhuma possibilidade de, por exemplo, presença de raiz engrossada, bifurcada, se a plântula possuir calosidades ou pequenas deformações que impossibilite seu estabelecimento em condições de campo, classificando-as desta forma, como plântula fraca.

Tabela 7. Porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas vigorosas (PV), plântulas intermediárias (PI), plântulas fracas (PF) e plântulas anormais (PA) após o teste de envelhecimento acelerado, de duas cultivares de soja submetidas a dois métodos de avaliação, por meio de um analista e pelo Groundeye.

Cultivares	PN (%)	PV (%)	PI (%)	PF (%)	PA (%)
DO114320	67,1 b	21,15 b	30,30 b	15,65 b	23,05 a
NT1800420	79,35 a	25,35 a	34,50 b	19,45 a	16,55 b

Métodos de avaliação					
Analista	79,1 a	21,60 b	32,7 a	24,80 a	13,85 b
Groundeyer	67,35 b	24,90 a	32,1 a	10,30 b	25,75 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (dentro do fator) não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Gomes Júnior, Chamma e Cícero (2014) demonstraram que as análises do software SVIS[®] na avaliação do vigor entre lotes de sementes de feijoeiro foram equivalentes com as avaliações do potencial fisiológico fornecidas pelos testes tradicionais de vigor de sementes. Contudo, Marcos Filho (2009), ao utilizar o software SVIS para obtenção do índice de vigor em sementes de soja, não obteve resultados sensíveis o bastante para verificar a diferença de vigor entre os lotes. Este resultado foi justificado pela grande recorrência de índices de vigor alto nos lotes utilizados por ele, ocasionando tal insensibilidade. Já Sekharan (2005), também utilizando o SVIS, constatou a eficiência das análises para verificar diferenças no potencial fisiológico de sementes de soja envelhecidas artificialmente, variando entre 83% e 95% de germinação.

Dessa forma, fica evidente que a sensibilidade do analista é fundamental em avaliações que classificam vigor de plântulas, contudo existe variação quanto a interpretação dos resultados quando há mudanças de analista, o que não acontece quando se faz uso de equipamento para tal avaliação.

5. CONCLUSÃO

A utilização da técnica de análise de imagens de plântulas, para a avaliação do potencial fisiológico empregando o equipamento GroundEye® L 800 é eficiente na verificação de diferentes níveis de vigor da semente de soja.

Existe correspondência entre os resultados dos testes tradicionais usados para avaliação de vigor de sementes de soja e os resultados obtidos na avaliação do índice de vigor na análise de imagens.

O equipamento se mostrou eficiente para a utilização do mesmo como técnica de análise de imagens de plântulas, tornando uma auditoria interna, auditoria essa por inteligência artificial, eliminando qualquer interferência humana que possa ter na checagem do potencial fisiológico da semente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, L. A. S. et al. 2016. Computerized analysis in the physiological quality of coffee seeds. *International Journal of Current Research*, v. 8, n. 11, p. 40820-40823.

Albrecht, L. P. et al. 2008. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. *Scientia Agraria, Curitiba*, v. 9, n. 4, p. 445-454.

Alvarenga, R. O.; Marcos filho, J.; Gomes Junior, F. G. 2012. Avaliação do vigor de sementes de milho super doce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. *Revista Brasileira de Sementes, Londrina*, v. 34, n. 3, p. 488-494.

Amaral, A.D. 1991. Testes rápidos para estimar a germinação de sementes. *Lavoura Arrozeira, Porto Alegre*, v.44, n.397, p.10- 14.

Andrade, D.B. 2014. Sistema de análise de sementes (SAS) na detecção de misturas varietais e de sementes esverdeadas em soja. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Andrade, D.B. Oliveira, A.A.; Aparecida, C.; et al. 2016. Detection of green seeds in soybean lots by the seed analysis system (SAS). *International Journal of Current Research*, v. 8, n. 2, p. 26462-26465.

Ávila, M. R. et al. 2003. Sowing seasons and quality of soybean seeds. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 245-252.

Ávila, M.A.B. 2017. Análise de imagem na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras. 42 p.

Azevedo, M. R. de Q. A.; Gouveia, J. P. G. de; Trovão, D. M. M.; Queiroga, V. de P.2003. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.519-524.

Brandani, E. B.2017. Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 54p. Dissertação de Mestrado

Brasil.2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 399p.

Brasil.2013. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, Página 6.

Brasil.2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro. 2019b. Disponível em: < <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm> >. Acesso em: 11 mar. 2019. BRASIL.

Brasil.2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP). 2019a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

Borba, C.S.; Andrade, R.V.; Azevedo, J.T.; Andreoli, C.; Purcino, A.A.C. 1995. Germinação de sementes de diversos genótipos de milho tropical (*Zea mays* L.) em diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Sementes, v. 17, n. 2, p.141-144.

CEPEA. 2020. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB do agronegócio brasileiro. 2020. Disponível em: Acesso em: 03 Dez. 2020.

CONAB.2019. Séries históricas de produção de grãos. 2019. Disponível em: Acesso em: 11 nov. 2019.

Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Perspectivas para agropecuária, v.6. Safra 2019/2020, ISSN: 2318-3241.

Costa, N.P., Pereira, L.A.G., França Neto, J.B., Henning, A.A.& Kryzanowski, F.C. 1994. Zoneamento ecológico do estado do Paraná para a produção de sementes de cultivares precoces de soja. Revista Brasileira de Sementes, v. 16, n. 1: p.12-15.

Dan, E.L. et al.1987. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.9, n.3, p.45-55.

Dell'aquila, A. 2009. Digital imaging information technology applied to seed germination testing. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 29, n.1: p. 213-221.

Dornelas, M.C.; Lobo, C.A., Vieira, I.G.2005. Avaliação do tamanho de plântulas de *Eucalyptus* spp. após a germinação, com utilização de análise de imagens digitais auxiliada por computador. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, n.68, p.125-130.

Embrapa. Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2006. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 225.

França-neto, J.B.; Krzyzanowski, F.C.; Costa, N.P. 1999. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D; França Neto, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, cap.8, p. 5-28.

França-Neto, J.B.; Krzyzanowski, F.C. & Henning, A.A. 2010. A importância do uso da semente de soja de alta qualidade. CGPE 8347, Folder N°1. (EMBRAPA soja 35 anos).

França-Neto, J.B. 2014. Curso mostra como a qualidade das sementes de soja interfere na produtividade, Embrapa Soja. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

Ghassemi-Golezani, K.; Bakhshy, J.; Raey, Y.; Hossainzadeh-Mahootch, A. 2010. Seed vigor and field performance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) Cultivares. *Notulae Botanicae Horti agrobotanici*, Cluj-Napoca, v. 38, n. 3, p.146-150.

Gomes Junior, F. G.; Chamma, H. M. C. P.; Cícero, S. M. 2014. Automated image analysis of seedling for vigor evaluation of common bean seeds. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 36, n. 2, p. 195-200.

Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. 2010. Digital image processing, 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 976 p.

Hampton, J.G.; Coolbear, P. 1990. Potential versus actual seed performance. Can vigour testing provide an answer? Seed Science and Technology. v. 18, n.2, p. 215-228.

Henning, F.A.; Mertz, L.M.; Jacob, E.A.; et al. 2010. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 3, p. 727-734.

Hoffmaster, A.L.; Fujimura, K.; McDonald, M.B.; Bennett, M.A. 2003. Na automated system for vigor testing three-day old soybean seedlings. Seed Science and Technology, v. 31, n.3, p. 701-713.

IBGE. 2018. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção agrícola municipal. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

Kikutu, A. L. P.; Marcos filho, J. 2012. Testes de vigor em sementes de alface. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 30, n. 1, p. 44-50.

Mahajan, S.; Das, A.; Sardana, H. K. 2015. Image acquisition techniques for assessment of legume quality. *Food Science and Technology*, v. 42, p.116-133.

Manual Groundeye®. 2016. Tbit Tecnologia e Sistemas, Lavras.88p.

Marcos Filho, J. 1999. O valor dos testes de vigor. *Seed News, Pelotas*, n. 6, 32p.

Marcos Filho, J. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq. 495 p.

Marcos Filho, J.; Kikuti, A. L. P.; Lima, L. B. 2009. 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.

Motta, I. de S. et al.2002. Época de semeadura em cinco cultivares de soja: II. Efeito na qualidade fisiológica das sementes. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, v. 24, n. 5, p. 1281-1286.

Nakagawa, J. 1994. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D, CARVALHO, N. M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 49- 85p,

Ohlson, O. C. et al. 2010. Teste de envelhecimento acelerado de trigo. *Revista Brasileira de Sementes, Londrina*, v. 32, n. 4, p. 118-124.

Oliveira Neto, A.2016. A produtividade da soja: análises e perspectivas. Brasília: CONAB, 2016, v. 1, 34 p.

Oliveira, A. C. S.; Martins, G. N.; Silva, R. F.; Vieira, H. D. 2009. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. *Revista Científica Internacional*, v. 2, n. 4.

Peres, W.R.L. 2010. **Teste de vigor em sementes de milho.** Jaboticabal. 61p. (Mestrado - UNESP).

Peske, Silmar.2018. Qualidade da semente de soja. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/44/qualidade-de-semente-de-soja>. Último acesso em: 05 de maio de 2018.

Pinto, C.A.G.2014. Análise de imagens na avaliação do potencial fisiológico em sementes de milho. Lavras: UFLA. 52p. (Mestrado - UFLA).

Pinto, C. A. G.; Carvalho, M.L.M.; Andrade, D.B.; Leite, E.R.; Chalfoun, I. 2015. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46,p.319-328.

Rodrigues, A.B.2007. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho de classes de tamanho misturadas para fins de semeadura fluidizada. Jaboticabal, 45p. (Mestrado - UNESP).

Shea, B. J., Hamel, C., Wells, G. A., Bouter, L. M., Kristjansson, E., Grimshaw, J., Boers, M. (2009). AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62, 1013-1020.

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

Silva, C. B.; et al. 2012. 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.

Silva, V. N.; Cicero, S. M.2014.Seedling imaging analyze to evaluate eggplant seed physiological potential. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 327-334.

Silva, F.C.A.; Mendonça, G.H.; Lunas, D.A.L. 2015. Territorialização do Agronegócio e as Novas Dinâmicas no Sudoeste e Norte de Goiás. *Revista Espacios*, vol.36, n.13, 18p.

Torres, S. B.; Marcos Filho, J.2001. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília/DF; v. 23, n. 2, p.108-112.

USDA.2020.United States Department of Agriculture. Oilseeds: World Markets and trade. Washington, D.C.-EUA: USDA, 2020. Disponível em: . Acesso em: 07 mar. 2020

Vanzolini, S. et al.2007. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 29 p. 90-96.

Ventura, M. V. A., Batista, H. R. F., Bessa, M. M., Pereira, L. S., Costa, E. M. & Oliveira, M. H. R.2020. Comparison of conventional and transgenic soybean production costs in different regions in Brazil. *Research, Society and Development*, 9 (7), p. 1-15.

Vieira, R. D.; Carvalho, N. M.1994. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, v.1. 164p.

VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A.2000. (Ed.). Sementes de feijão: produção e tecnologia. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 270 p.

Wielewicki, A. P. et al. 2006. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. *Revista brasileira de sementes, Pelotas*, v.28, n.3, p. 191-197.

Zuchi, J.2015. Refinamento da qualidade de sementes de soja na unidade de beneficiamento. *Rev. Plantar*.74: p. 22-23.

