



DAYLIANE BERNARDES DE ANDRADE

**EVALUATION OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF
TOBACCO SEEDS THROUGH IMAGE ANALYSIS**

LAVRAS - MG

2017

DAYLIANE BERNARDES DE ANDRADE

**EVALUATION OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF TOBACCO SEED
THROUGH IMAGE ANALYSIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dr^a. Maria Laene Moreira de Carvalho

LAVRAS - MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados
pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Andrade, Dayliane Bernardes de.

Evaluation of the physiological quality of tobacco seeds through
image analysis / Dayliane Bernardes de Andrade. - 2017.

48 p. : il.

Orientador(a): Maria Laene Moreira de Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. GroundEye®. 2. Nicotiana tabacum. 3. Qualidade. I.
Carvalho, Maria Laene Moreira de. . II. Título.

DAYLIANE BERNARDES DE ANDRADE

**EVALUATION OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF TOBACCO SEEDS
THROUGH IMAGE ANALYSIS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TABACO POR
MEIO DA ANÁLISE DE IMAGENS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 10 de julho de 2017

Dr. José Maurício Pereira	MAPA
Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Dra. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias	UFV
Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa	EMBRAPA

Prof^a. Dr^a. Maria Laene Moreira de Carvalho
Orientadora

LAVRAS - MG

2017

Aos meus pais Tião Hélio e Renice,
minha irmã Danyelle e
ao Tarcinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder a vida, pela sabedoria e por sempre iluminar e abençoar meus passos.

Aos meus pais Tião Hélio e Renice pelo amor incondicional, por serem meu porto seguro e por sempre apoiarem as minhas escolhas.

A minha irmã Danyelle pelo carinho, amizade e conselhos.

Ao Tarcinho pelo amor, paciência e companheirismo sempre

Aos queridos da minha vida: Eric, Alice, Pedro, Felipe, Mariana, Cecília e a tão esperada Helena.

A toda minha família pelo apoio e orações e aos amigos, em especial minha comadre Nayara, pelos momentos de alegria e sorrisos compartilhados.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de realização do doutorado.

Ao CNPq e a CAPES pelo suporte financeiro.

À empresa Souza Cruz S.A pela disponibilização do material para realização do experimento.

À professora Maria Laene Moreira de Carvalho pelos ensinamentos, amizade e orientação.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães, Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, Profa. Dra. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias e Dr. José Maurício Pereira pelas contribuições para este trabalho.

Aos demais professores, pesquisadores e funcionários do Laboratório Central de Sementes pelos ensinamentos e colaboração.

Aos amigos do laboratório de sementes.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação e conquista deste sonho

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A análise de imagens digitais tem sido utilizada na avaliação da qualidade de sementes como uma técnica precisa, rápida e com pouca interferência humana. Objetivou-se estabelecer metodologias de análise de imagens para avaliação do vigor de sementes de tabaco com a utilização do sistema GroundEye[®]. Para a caracterização dos lotes foram determinadas as avaliações do teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo para ocorrência de 50% da germinação, germinação média acumulada, tempo médio de germinação, emergência e índice de velocidade de emergência. Realizou-se a análise de imagens de plântulas de tabaco de seis lotes de três cultivares por meio do sistema GroundEye[®], versão S120. No primeiro experimento foi avaliado o vigor pelo teste de germinação aos 5, 6, 7 e 8 dias e no segundo experimento analisou-se o vigor pelo teste de emergência aos 5, 6, 7, 8, 12 e 16 dias após a semeadura. O sistema GroundEye[®] permite avaliar a qualidade de lotes de sementes de tabaco tanto com dados obtidos no teste de germinação quanto com dados obtidos na emergência em substrato comercial a partir do sétimo dia de avaliação.

Palavras-chave: GroundEye[®]; *Nicotiana tabacum*; Qualidade; Vigor.

ABSTRACT

Digital image analysis has been used to evaluate seed quality as an accurate, fast and low human interference technique. The objective was to establish image analysis methodologies to evaluate the tobacco seeds vigor with the use of the GroundEye[®] system. For the lots characterization, the water content assessments, germination, first germination count, germination speed index, time to occur 50% of germination, accumulated average germination, germination average time, emergency and emergency speed index were determined. The analysis of tobacco seedlings images from six plots of three cultivars was carried out using the GroundEye[®] system, version S120. In the first experiment the vigor was evaluated by the germination test at 5, 6, 7 and 8 days and in the second experiment the vigor was tested by the emergency test at 5, 6, 7, 8, 12 and 16 days after sowing. The GroundEye[®] system allows the evaluation of the tobacco seed lots quality of both with data obtained in the germination test and with data obtained in emergence on commercial substrates from the seventh evaluation day.

Keywords: GroundEye[®]; *Nicotiana tabacum*; Quality; Vigor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Germinação média acumulada de lotes de sementes de tabaco das cultivares CSC 439 (A), CSC 447 (B) e BAT 2101 (C).....	28
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores médios do teor de água (TA%), primeira contagem de germinação (PC%), germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%} em dias), estande inicial (EI%), estande final (EF%), índice de velocidade de emergência (IVE) para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439..... 26
- Tabela 2 - Valores médios do teor de água (TA%), primeira contagem de germinação (PC%), germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%} em dias), estande inicial (EI%), estande final (EF%), índice de velocidade de emergência (IVE) para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 447..... 27
- Tabela 3 - Valores médios do teor de água (TA%), primeira contagem de germinação (PC%), germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%} em dias), estande inicial (EI%), estande final (EF%), índice de velocidade de emergência (IVE) para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de tabaco da cultivar BAT 2101. 27
- Tabela 4- Valores médios de vigor (%) de lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439 em diferentes dias de avaliação obtidos pela análise de imagens..... 30
- Tabela 5- Valores médios de vigor (%) de sementes de tabaco da cultivar CSC 447 em diferentes lotes e dias de avaliação obtidos pela análise de imagens. 30
- Tabela 6 - Valores médios de vigor (%) de lotes de sementes de tabaco da cultivar BAT 2101 em diferentes dias de avaliação obtidos pela análise de imagens..... 31
- Tabela 7 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%}), obtidos pela análise visual. Valores médios de índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH) e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo de seis lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439 obtidos pela análise de imagens. 32

Tabela 8 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e tempo necessário para atingir 50% de germinação (T _{50%}) obtidos pela análise visual. Valores médios de índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo de seis lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 447 obtidos pela análise de imagens.....	33
Tabela 9 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e tempo necessário para atingir 50% de germinação (T _{50%}) obtidos pela análise visual. Valores médios de índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo de seis lotes de sementes de tabaco da cultivar BAT 2101 obtidos pela análise de imagens.	34
Tabela 10 - Emergence average values - E (%) of cultivar CSC 439 tobacco seedlings in the different lots obtained by the image analysis.....	35
Tabela 11 - Emergence average values - E (%) of cultivar CSC 439 tobacco seedlings on the different evaluation days obtained by the image analysis.	35
Tabela 12 - Emergency average values - E (%) of cultivar CSC 439 tobacco seedlings in the different evaluation methods obtained by the image analysis	36
Tabela 13 - Emergency average values - E (%) of cultivar CSC 447 tobacco seedlings in the different evaluation methods obtained by image analysis.....	36
Tabela 14 - Emergence average values - E (%) of of cultivar CSC 447 tobacco seedlings in the different lots obtained by image analysis.	37
Tabela 15 - Emergence average values - E (%) of cultivar CSC 447 tobacco seedlings on different evaluation days obtained by image analysis	37
Tabela 16 - Emergence average values - E (%) of different lots cultivar BAT 2101 tobacco seedlings on different evaluation days obtained by image analysis.	38
Tabela 17 - Emergence average values - E (%) of cultivar BAT 2101 tobacco seedlings in the different evaluation days obtained by image analysis.	38
Tabela 18 - Initial stand (7th day) - IE (%) and emergence (16th day) - E (%) of cultivars CSC 439, CSC 447 and BAT 2101 tobacco seedlings in the different evaluation methods	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Caracterização da cultura do tabaco	13
2.2	Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	14
2.3	Processamento de imagens digitais	15
2.4	Análise de imagens de plântulas	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Caracterização dos lotes de sementes de tabaco	21
3.2	Análise das imagens	23
3.2.1	Experimento 1: Vigor de plântulas de tabaco provenientes do teste de germinação (imagens obtidas pelo equipamento GroundEye®).....	23
3.2.2	Experiment 2: Tobacco seedlings vigor from the emergency test (images obtained by GroundEye® equipment).....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1	Caracterização dos lotes de sementes de tabaco	25
4.2	Análise das imagens	29
4.2.1	Experimento 1: Índice de vigor de plântulas de tabaco provenientes do teste de germinação (imagens obtidas pelo equipamento GroundEye®).....	29
4.2.2	Experiment 2: Tobacco seedlings vigor from the emergency test (images obtained by GroundEye® equipment).....	34
5	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	ANEXOS	43

1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista econômico e social, o tabaco é uma cultura não alimentícia de expressiva importância em diversos países, como o Brasil. A cultura gera vários empregos em todas as etapas de produção e processamento, e também é utilizada como planta modelo em estudos científicos nas mais diferentes áreas.

Há uma grande preocupação dos agricultores em produzir sementes de tabaco de alta qualidade, a fim de gerar mudas vigorosas e uniformes no campo. A avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes, pode ser feita por análise de imagens, uma técnica que possui muitas vantagens sobre as convencionais. A velocidade de análises é muito maior, não é uma técnica invasiva, possui alta precisão, segurança e confiabilidade nas informações extraídas. Várias são as aplicações da análise de imagens em tecnologia de sementes, dentre elas é possível estimar a germinação, avaliar o vigor de sementes e o crescimento de plântulas, danos por patógenos e insetos, identificar cultivares, avaliar a pureza física e caracterizar fenótipos de plantas.

Além de possuir essas diversas aplicações, pela técnica de análise de imagem digital também é possível processar inúmeras informações contidas em uma imagem, o que seria difícil avaliar através do olho humano. As informações extraídas das avaliações ficam armazenadas em bancos de dados e podem ser acessadas facilmente.

A pesquisa de equipamentos e softwares adaptados para investigação do vigor de lotes de sementes é uma importante iniciativa que poderá trazer informações significativas para a evolução do conhecimento voltado para o controle de qualidade de sementes.

Dentre os sistemas computacionais utilizados na análise de imagens o GroundEye[®], se destaca como um equipamento nacional disponível no comércio e que extrai várias características das sementes e plântulas e processa dados em forma de gráficos, tabelas e histogramas.

No entanto, ainda não existem pesquisas científicas que comprovem sua eficiência na análise do vigor de lotes de tabaco. Desta forma, o objetivo nesta pesquisa foi estabelecer metodologias de análise de imagens para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tabaco com a utilização do sistema GroundEye[®].

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização da cultura do tabaco

O tabaco ou fumo (*Nicotiana tabacum* L.) é uma das culturas agrícolas não alimentícias de maior importância econômica para mais de 150 países. O Brasil se destaca como o segundo maior produtor mundial e o principal exportador (SOUZA CRUZ, 2016). Segundo dados da safra de 2015/16 foi registrada uma produção de aproximadamente 539 mil toneladas de tabaco e a receita bruta anual em torno de 5,23 bilhões. Além da importância econômica, o setor fumageiro exerce expressiva contribuição social envolvendo mais de 2,1 milhões de pessoas no processo, sendo 673.478 mil empregos diretos e 1,44 milhões de empregos indiretos (ANUÁRIO BRASILEIRO DO TABACO, 2016).

A planta do tabaco é muito utilizada em investigações científicas nas áreas de fisiologia, virologia e engenharia genética (HUNZIKER, 2001). O óleo que é extraído das sementes pode ser utilizado na indústria farmacêutica, na alimentação animal (STANISAVLJEVIC'; LAZIC'; VELJKOVIC, 2007), e também no biodiesel (VELJKOVIC' et al., 2006).

Existem vários grupos varietais de tabaco, os quais são diferenciados com relação ao método de cura e às características bioquímicas da planta em, Virgínia, Burley, Oriental, Charuto, Dark, dentre outros (FRICANO et al., 2012), sendo os dois primeiros os principais grupos. Cada grupo varietal é composto por diversas cultivares comerciais desenvolvidas pelos programas de melhoramento de tabaco. Esta diversidade torna-se um problema no controle de qualidade, em virtude das características próprias e distintas de cada cultivar (OLIVEIRA, 2016).

O tabaco é uma planta anual, da família das *Solanaceae*, originária, provavelmente, da região Mesoamericana. As suas sementes são de tamanho reduzido, sendo cada grama de sementes de tabaco constituída por cerca de 16 mil unidades (BRASIL, 2009).

As sementes de tabaco apresentam dormência fisiológica exercida pelo ABA endógeno e dormência tegumentar imposta pela resistência física do tegumento e do endosperma (Finchsavage; Leubner-metzger, 2006), o que pode dificultar a obtenção de lotes com qualidade fisiológica superior, além de apresentarem maturação desuniforme de frutos (AKEHURST, 1981).

Por essas razões, a colheita dos frutos é realizada manualmente, para minimizar os efeitos da maturação desuniforme e possibilitar a padronização e homogeneização dos lotes

(SILVA, 2014). No Brasil, as sementes são produzidas pelas indústrias tabacaleiras e parte delas é vendida para os produtores, que são os cooperados, e a outra parte é exportada (SEGATO; GABALDI, 2012).

Os diversos usos e a importância econômica da cultura do tabaco em contexto nacional e internacional proporcionam uma grande demanda por sementes de qualidade (SILVA, 2014). Os fatos relacionados com a maturação desuniforme, a existência de dormência, o tamanho reduzido das sementes faz da obtenção de sementes de alta qualidade um grande desafio para a pesquisa e empresas produtoras que não disponibilizam de tecnologias rápidas, objetivas e confiáveis para a avaliação da qualidade.

2.2 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

O uso de sementes de alta qualidade é essencial para se obter mudas vigorosas no campo (SILVA; CICERO, 2014), uma vez que o estabelecimento da lavoura de tabaco é realizado por meio do plantio de mudas (SOUZA CRUZ, 2016; VENCATO et al., 2011). As sementes são semeadas em substrato comercial, são colocadas em bandejas de isopor, e estas ficam sobre uma lâmina de água, em sistema “float” para a produção de mudas. Esse processo é conduzido sob condições controladas em casa de vegetação (SOUZA CRUZ, 2016; VENCATO et al., 2011).

A avaliação do potencial fisiológico das sementes pelas empresas produtoras de tabaco tem sido realizada por meio do teste de germinação, porém esse teste é feito sob condições ideais de ambiente o que pode superestimar a emergência dos lotes em condições de campo (ROCHA; SILVA; CÍCERO, 2015). O tempo de duração do teste é de 16 dias (BRASIL, 2009), o que dificulta em obter de forma rápida informações sobre o potencial de germinação dos lotes de sementes. Devido às limitações desse teste, muitas vezes é necessário realizar os testes de vigor para obter-se respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação (OHLSON et al., 2010). A avaliação do vigor como rotina pela indústria sementeira tem evoluído à medida que os testes disponíveis vêm sendo aperfeiçoados (MASSETO et al., 2009), sendo a emergência e a primeira contagem como os testes de vigor mais utilizados rotineiramente.

De acordo com a Association of Official Seed Analyst (AOSA, 2009), os testes de vigor têm como objetivo determinar o potencial para uma emergência rápida e uniforme de plântulas normais sob ampla faixa de condições ambientais. Esses testes detectam diferenças

na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante e diferenciam lotes de alto e baixo vigor (BHERING et al., 2000).

Na análise do vigor de sementes, procura-se utilizar procedimentos que sejam de fácil execução, de custo mais baixo e que permitam a obtenção de resultados confiáveis em curto espaço de tempo. Apesar de ter sido observado em alguns testes resultados confiáveis, há sempre espaço para o aprimoramento de metodologias ou inserção de alternativas inovadoras (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Dessa forma, o uso da análise digital de imagens em sementes e plântulas pode ser considerada como uma alternativa, favorecendo tanto a redução do tempo necessário para a realização do teste, como a consistência das informações obtidas (ALVARENGA; MARCOS FILHO; GOMES JUNIOR, 2012).

Vários sistemas baseados nas técnicas de imagens e visão computacional têm sido desenvolvidos e usados na agricultura (KLUKAS; CHEN; PAPE, 2014) e em experimentos de melhoramento de plantas para populações de plantas cultivadas sob condições ambientais controladas (HARTMANN et al., 2011). Essa técnica é um instrumento poderoso devido à precisão de estimativas de características das plantas, sendo não destrutiva, objetiva e extremamente eficiente no campo de pesquisa do melhoramento de plantas e no controle da qualidade de sementes. Na literatura são vários os estudos que mostram essa eficiência e as vantagens em se utilizar a análise de imagens (ALVARENGA; MARCOS FILHO; GOMES JUNIOR, 2012; SILVA; CÍCERO, 2014; SHAHIN; SYMONS; POYS, 2006; TOURIAN; PADILHA, 2008).

2.3 Processamento de imagens digitais

Uma imagem é composta por uma função bidimensional, $f(x, y)$, sendo que x e y são denominadas coordenadas espaciais, e a amplitude de f em algum par de coordenadas (x, y) é denominado de intensidade ou nível de cinza da imagem. Uma imagem digital é formada quando os valores de suas coordenadas e amplitudes forem quantidades determinadas e discretas. A imagem digital é formada por uma combinação de elementos finitos, cada um com determinado valor e localização, denominados de pixels (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Um pixel é o elemento básico em uma imagem e a forma mais genérica para o pixel é a forma retangular ou quadrada. A organização de uma imagem sob a forma de uma matriz de pixels é realizada em uma simetria quadrada, devido a facilidade de implementação eletrônica, dos sistemas de aquisição ou dos sistemas de visualização de imagens. Nas últimas décadas a área de processamento de imagens digitais tem atraído grande interesse,

principalmente devido ao progresso tecnológico da computação digital e do desenvolvimento de novos algoritmos para lidar com sinais bidimensionais (PADILHA, 2007).

O processamento de imagens digitais é constituído por algumas etapas importantes e o objetivo dessas etapas é produzir um resultado a partir do domínio do problema (GONZALEZ; WOODS, 2000).

A primeira etapa do processamento é a aquisição de imagens que pode ser por meio de uma câmara fotográfica ou de vídeo, por um scanner ou outro tipo de sensor que produza uma imagem (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Depois da aquisição da imagem, a próxima etapa é a de pré-processamento. O objetivo é utilizar métodos e ou algoritmos, para melhorar a imagem e realçar as principais características para realização do processamento (PADILHA, 2007).

A terceira etapa é denominada de segmentação e ela exerce um papel importante na área de processamento de imagens, sendo possível separar os objetos de interesse do restante da imagem. Na segmentação da imagem as cores apresentam características importantes e para se trabalhar de uma forma matemática com as cores visualizadas, devem-se utilizar sistemas que trabalham de maneira parecida com o modo de captação do olho humano, sendo esses sistemas denominados de modelos de cores (LIMA, 2015).

Vários são os modelos de cores utilizados no processamento de imagens digitais, como o modelo RGB, o HSV, YCbCr e CIELab

O modelo de cor RGB é formado pela intensidade das cores representadas pelo vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue), as mesmas cores que as células do olho humano, os cones, captam. Denomina-se o modelo RGB de modelo aditivo, pois a partir da soma das três componentes que representam as cores primárias do modelo são obtidas todas as cores conhecidas (LIMA, 2015). Esse modelo é o mais utilizado por câmeras e monitores de vídeo (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

Modelo HSI (hue, saturation, intensity) é também chamado de modelo HSV (hue, saturation, value). Esse modelo distingue os elementos de matiz, saturação e intensidade da informação de cor exibida em uma imagem da maneira como o olho humano a compreende (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). O componente matiz (H) separa as cores, exemplo: o verde do vermelho. A saturação (S) atribui a distância que determinada cor está de seu nível de cinza. Como exemplo: rosa, cor menos saturada e o vermelho, cor mais saturada. Já o valor (V) refere-se como a intensidade da luminosidade do objeto é constatada (CANDEIAS; SILVA, 2004).

O modelo YCbCr também denominado de modelo YUV, existe para diminuir a redundância de maneira inerente aos sinais enviados, usando o modelo de cor RGB. O componente Y constitui a luminosidade de um pixel e está dimensionado entre 0 e 1. No entanto, os componentes de cor Cb e Cr representam a diferença azul e diferença vermelha. Qualquer cor RGB pode ser encontrada no eixo Cb e Cr, com o Y de luminância especificando a sombra daquela cor (GUPTA; IBARAKI, 2015).

Com relação ao modelo CIELAB, no ano de 1976, o CIE incluiu e recomendou como um novo espaço de cor, cujas coordenadas são funções não-lineares de X, Y e Z (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, 2016). A coordenada L* representa o nível de brilho da cor, ou seja, a luminosidade, já a coordenada a* sugere o quanto a cor é vermelha ou verde, e a coordenada b* retrata o quanto a cor é amarela ou azul (BARCELLOS, 2011).

Na etapa de representação e descrição, a escolha de uma representação é apenas parte da solução para transformar os dados iniciais numa forma adequada para o processamento computacional. Um método para descrever os dados também deve ser especificado, de maneira que as características de interesse sejam destacadas. O processo de descrição busca extrair características que originem em alguma informação quantitativa de interesse ou que sejam básicas para discriminação entre classes de objeto (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Na última etapa do processamento, denominada de reconhecimento e interpretação, denomina-se o reconhecimento como o processo de atribuição de um rótulo a um objeto fundamentado em suas características, traduzidas por seus descritores. No entanto, a tarefa de interpretação, constitui-se em atribuir significado a um conjunto de objetos reconhecidos (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

2.4 Análise de imagens de plântulas

A análise de imagens digitais é uma técnica que identifica a cena e produz características dimensionais, como exemplo áreas ou comprimentos de objetos, ou atributos, como padrões de cores e texturas e essas características são medidas por meio de métodos de contagem ou frequência dos elementos que formam a imagem, chamados de pixels (TEIXEIRA; CÍCERO; NETO, 2006).

Durante os anos, vários sistemas de análises de imagens foram descritos na literatura para avaliação da qualidade de sementes. Os primeiros relatos que surgiram foram na década de 50 por meio de trabalhos realizados por Simack e Gustafson, que utilizaram a técnica de

raios-X para avaliar a qualidade de sementes de algumas espécies florestais. Hoje, este teste é recomendado nas regras da International Seed Testing Association (ISTA) e nas Regras para Análise de Sementes (RAS) e assim pode ser utilizado na rotina dos laboratórios de sementes (CARVALHO, 2010).

A partir da década de 80, vários foram os autores que utilizaram a técnica de análise de imagens computadorizada com o objetivo de avaliar a germinação e o vigor de sementes em diferentes espécies (KEYS; MARGAPURAM; REUSCHE, 1984; MC CORMAC; KEEFE; DRAPER, 1990; HOWARTH; STANWOOD, 1993; SAKO et al., 2001; MARCOS FILHO, KIKUTI; LIMA, 2009; MARCHI, CICERO; GOMES JUNIOR, 2011; ALVARENGA; MARCOS FILHO; GOMES JUNIOR, 2012; PINTO et al., 2015). Keys; Margapuram e Reusche (1984) desenvolveram o sistema automatizado denominado CASAS (Computerized Automated Seed Analysis System) para avaliar a germinação e vigor em sementes. Mc Cormac, Keefe e Draper (1990) e, Howarth e Stanwood (1993) utilizaram a análise de imagens digitais para mensurar o crescimento radicular de plântulas.

Em 2001, Geneve e Kester utilizaram sistema de análise de imagens pelo uso de escâner para avaliar o comprimento de plântulas de diferentes espécies e tiveram resultados promissores para o uso dessa técnica como indicador de vigor. Posteriormente, Sako et al. (2001) desenvolveram na Universidade de Ohio/EUA um sistema automatizado denominado Seed Vigor Imaging System-SVIS para avaliação do vigor em sementes de alface. Nesse sistema, as imagens das plântulas são digitalizadas por um scanner invertido e visualizadas em um computador. Depois do processamento das imagens por meio do software SVIS, são obtidos resultados dos parâmetros de crescimento, vigor e uniformidade, cujos valores podem alterar entre 1 a 1000.

O sistema SVIS foi adaptado para o uso de diferentes espécies na avaliação do vigor de sementes como soja (HOFFMASTER et al., 2003; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; WENDT et al., 2014), milho (OTONI; MCDONALD, 2005; MCDONALD, 2005; GOMES JUNIOR et al., 2009; ALVARENGA; MARCOS FILHO; GOMES JUNIOR, 2012; DIAS et al., 2015), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), amendoim (MARCHI; CICERO; GOMES JUNIOR, 2011; BARBOSA et al., 2016), pepino (CHIQUITO, GOMES JUNIOR; MARCOS FILHO, 2012), crotalária (SILVA et al., 2012), berinjela (SILVA; CÍCERO, 2014) e girassol (ROCHA, SILVA; CICERO, 2015).

Outros sistemas baseados nessas técnicas de imagens e visão computacional têm sido encontrados na literatura como exemplo o descrito por Ducournau et al. (2005). Esses autores desenvolveram um sistema de aquisição de imagens computadorizado para monitorar o tempo

de germinação em sementes de girassol. Joosen et al. (2010) desenvolveram um software simples, de baixo custo e de procedimento automático para avaliação da germinação de sementes de *Arabidopsis* ao longo do tempo. Para Belin et. al. (2011), os avanços tecnológicos na área de análise de imagens têm contribuído para que os cientistas desenvolvam plataformas de fenotipagem, para obtenção de maneira automática de características fenotípicas de plantas.

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.

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 no qual se utiliza dos parâmetros dos espaços de cor (HSV, CIE L*a*b ou YCbCr) para separar os objetos do fundo e assim ficarem o mais próximo do real possível (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) (MANUAL GROUNDEYE[®], 2016).

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. Algumas informações são utilizadas para o cálculo do vigor por inferência como: média da razão entre a raiz primária e a parte aérea; média do tamanho total (parte aérea + raiz primária); quantidade de sementes mortas ou não germinadas; média do tamanho da parte aérea; média do tamanho da raiz primária; desvio padrão do tamanho da parte aérea; desvio padrão da raiz primária; desvio padrão da razão entre a raiz primária e a parte aérea; desvio padrão do tamanho total (raiz primária + parte aérea) e tamanho médio do esqueleto (todas as ramificações encontradas) (MANUAL GROUNDEYE[®], 2016).

Alguns trabalhos que utilizaram esse sistema de análise de imagens estão descritos na literatura. 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, porém outros autores como 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 avaliado 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. No entanto, 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.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em dois experimentos, visando estabelecer uma metodologia de análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de tabaco. Nos experimentos foram avaliadas as características de plântulas relacionadas ao vigor pelo teste de germinação em substrato papel e pelo teste de emergência em substrato comercial de fibra de coco (Carolina®).

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras e na empresa Tbit Tecnologias e Sistemas, ambos situados em Lavras, Minas Gerais, no período de outubro de 2013 a outubro de 2016. As sementes de tabaco utilizadas foram fornecidas pela empresa Souza Cruz S/A.

Antes da instalação dos experimentos foi realizado um pré-teste para investigar o melhor substrato para germinação que possibilitasse o estabelecimento da metodologia de análise de imagens e a caracterização dos lotes para utilização nos dois experimentos.

No pré-teste foram utilizados três tipos de substrato: papel mata borrão de coloração branca (tamanho: 10,5 x 10,5 cm; espessura: 2 mm e gramatura: 250 g/m²), papel mata borrão de coloração azul (fabricado pela empresa Anchor Paper[®]; tamanho: 10,5 x 10,5 cm) e papel mata borrão de coloração branca com tingimento de azul (corante Special y-pigment blue 15.3 dispersion – Sun Chemical[®]). O melhor resultado para aquisição das imagens das plântulas dos quatro lotes da cultivar CSC 444 utilizados foi adotado para as análises subsequentes.

A **germinação** foi conduzida com a sementeira das sementes sobre duas folhas de papel tipo mata-borrão, e umedecidos com solução de KNO₃ (0,2%) equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis, colocado em caixas de acrílico tipo gerbox. As sementes foram mantidas em B.O.D com temperatura alternada de 20-30 °C (20 °C durante 8 horas sem luz e 30 °C durante 16 horas com luz) (BRASIL, 2009).

As avaliações foram realizadas de acordo com as RAS ao sétimo dia após a sementeira para a **primeira contagem de germinação** e ao décimo sexto dia, pela contagem de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem média.

A seleção do substrato ideal foi feita pela avaliação visual da eficiência de detecção das imagens que permitisse maior contraste entre as plântulas e o fundo da imagem. No papel mata-borrão de coloração azul foram observados os melhores resultados e foi utilizado como substrato para os testes posteriores.

3.1 Caracterização dos lotes de sementes de tabaco

Foram utilizadas sementes de tabaco de seis lotes de cada uma das três cultivares, dos grupos mais usados pela empresa produtora, cultivar BAT 2101, grupo varietal Burley, e cultivares CSC 447 e CSC 449, do grupo varietal Virgínia. A caracterização dos lotes foi realizada pela determinação do teor de água e pelos testes de germinação e vigor.

Determinação do teor de água: foi realizada pelo método da estufa em alta temperatura a 130 °C durante uma hora, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Foram utilizadas duas repetições de 0,1 grama de sementes para cada tratamento acondicionadas em recipientes de papel alumínio. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no peso úmido.

Teste de Germinação: foi conduzida com a sementeira das sementes sobre duas folhas de papel tipo mata-borrão de coloração azul, e umedecida com solução de KNO₃ (0,2%) equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis, colocados em caixas de acrílico tipo

gerbox. As sementes foram mantidas em B.O.D com temperatura alternada de 20-30 °C (20 °C durante 8 horas sem luz e 30 °C durante 16 horas com luz) (BRASIL, 2009).

As avaliações foram realizadas de acordo com as RAS ao sétimo dia após a semeadura para a **primeira contagem de germinação** e ao décimo sexto dia, pela contagem de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem média.

Índice de velocidade de germinação (IVG): foi determinado concomitante ao teste de germinação, pela contagem diária de plântulas normais. Para o cálculo do índice foi utilizado a fórmula de Maguire (1962).

Tempo médio de germinação (TMG): obtido por meio do cálculo conforme fórmula abaixo, proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

$TMG = \sum (n_i t_i) / \sum n_i$, em que:

TMG = tempo médio de germinação (dias)

n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem.

Germinação média acumulada: realizou-se concomitante com o teste de germinação a contagem diária de plântulas normais durante 16 dias, para determinação da curva de germinação acumulada diariamente.

T50 (tempo para a ocorrência de 50% de germinação): efetuado em conjunto com o teste de germinação, foram realizadas avaliações diárias contabilizando-se o número de plântulas normais, até a estabilização. O cálculo foi feito utilizando a fórmula proposta por Guimarães (2000):

$T50 = [(G - G_1)I / G_2 - G_1] + T$,

T50 = Tempo para ocorrência de 50% da germinação;

G = Metade do valor máximo de germinação;

G_1 = Valor de germinação igual ou imediatamente inferior a G;

G_2 = Valor de germinação imediatamente superior a G;

I = Intervalo entre contagens;

T = Tempo para ocorrência de G_1

Teste de emergência: conduzido em sistema “Float”, com três repetições, de 100 sementes por tratamento. A semeadura foi realizada em substrato comercial de fibra de coco (Carolina[®]) previamente umedecido colocado em placas acrílicas com células individualizadas perfuradas. Após a semeadura as placas foram mantidas no sistema “Float” (placas perfuradas flutuando sobre uma lâmina de água) e acondicionadas em câmara tipo

B.O.D. em temperatura alternada de 20-30 °C (20 °C durante 8 horas sem luz e 30 °C durante 16 horas com luz). A avaliação do número de plântulas emergidas foi realizado diariamente até o décimo sexto dia. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas em cada tratamento.

Índice de velocidade de emergência (IVE): realizado simultâneo ao teste de emergência, pela contagem diária de plântulas emergidas. Para o cálculo do índice foi utilizado a fórmula de Maguire (1962).

3.2 Análise das imagens

3.2.1 Experimento 1: Vigor de plântulas de tabaco provenientes do teste de germinação (imagens obtidas pelo equipamento GroundEye®)

Os seis lotes de sementes de cada cultivar de tabaco (BAT 2101, CSC 447 e CSC 449) foram colocados para germinar sobre duas folhas de papel tipo mata-borrão de coloração azul, umedecidas com solução de KNO_3 (0,2%) equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis, colocados em caixas acrílicas tipo gerbox. As sementes foram mantidas em B.O.D com temperatura alternada de 20-30 °C (20 °C durante 8 horas sem luz e 30 °C durante 16 horas com luz) (BRASIL, 2009). As avaliações foram realizadas aos cinco, seis, sete e oito dias após a semeadura pela contagem de plântulas normais, sendo os resultados expressos em porcentagem média

Para a captura das imagens foi utilizado o sistema GroundEye®, versão S120, composta por um módulo de captação que possui uma bandeja de acrílico e uma câmera de alta resolução e um software integrado para avaliação. As plântulas sobre o papel mata-borrão de coloração azul foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução. Na configuração da análise para a calibração da cor de fundo foi utilizado o modelo de cor CIELab com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -13,9 a 46,1 e dimensão “b” de -57,1 a -40,6. Depois da calibração da cor do fundo foi realizada a análise das imagens. A primeira etapa consistiu na escolha de características das plântulas, sendo o tamanho do esqueleto a que melhor separou as sementes germinadas ($> 0,5$) e não germinadas ($\leq 0,5$). Essa característica foi representada em gráficos e posteriormente realizou-se a construção da rede de decisão para melhor interpretação dos resultados.

Na análise das imagens foram extraídos valores médios das características das plântulas como o comprimento da raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento

da plântula (CP), razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo (CR/CH) e o índice de vigor (IV).

O cálculo de vigor é realizado pelo software por meio de inferências, utilizando as Redes Neurais Artificiais que funcionam como simuladores de regressão não linear multivariada. O sistema automaticamente compara os valores de vigor calculados nos testes feitos em laboratório com os valores calculados pelo software e fornece os resultados de vigor das amostras analisadas.

3.2.1.1 Análise estatística

No pré-teste para definição do substrato para germinação e nos testes para caracterização dos lotes foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes.

Para a análise de imagens utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, para cada cultivar avaliada, com fatorial 6 x 4, sendo 6 lotes e 4 dias de avaliação do teste de germinação (5, 6, 7 e 8 dias após a semeadura). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância, usando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

3.2.2 Experiment 2: Tobacco seedlings vigor from the emergency test (images obtained by GroundEye® equipment)

The six seed lots of each tobacco cultivar (BAT 2101, CSC 447 and CSC 449) were seeded on a previously dampened commercial coconut fiber substrate (Carolina®) placed on acrylic plates with individualized perforated cells. After sowing, the plates were kept in the "Float" system (perforated plates floating on a water slide) and conditioned in chamber type B.O.D. at an alternating temperature of 20-30 ° C (20 ° C for 8 hours without light and 30 ° C for 16 hours with light). The number of emerged seedlings was evaluated daily until the sixteenth day when there was seedlings number stabilization. The results were expressed as seedlings percentage emerged in each treatment.

For the seedlings images capture at five, six, seven, eight, twelve and at sixteen days after sowing, the GroundEye® system, version S120 was used.

In the configuration of the background staining analysis, two calibrations were performed; one calibration for emerged seedlings on the fifth day analysis and the other

calibration for the emerged seedlings from the fifth to the sixteenth day analysis. For the two calibrations, the YCbCr color model was used, with a luma index of 0 to 1.00; blue index of -0.02 to 0.50 and red index of -0.50 to 0.50. The minimum size of the object was 0.0020 cm² for the first evaluation and 0.0100 cm² for the second evaluation.

In classifiers training for the tobacco seedlings analysis, three samples were used; one sample with emerged seedlings, another sample with impurities (seed and parts of the substrate images) and the sample of non-emerged seedlings. The selection of the characteristics used to the classifiers train was automatic. At the end of the classifiers training, the percentage of system correctness in the images evaluation was approximately 98% ("emerged x non-emerged" classifier) and 99% ("emerged x impurities" classifier).

In the decision networks construction, the characteristics used were based on the classifiers results. The "tobacco emergency 5th and 6th evaluation day" and the "tobacco emergency 7th day on". The decision networks results were obtained in numbers of emerged seedlings on each evaluation day. Regarding the used parameters for each constructed decision network, they are fixed for the tobacco culture emergency analysis.

3.2.2.1 Statistical analysis

For the images analysis, a completely randomized design was used, for each evaluated cultivar, four replicates of 50 seeds, 6 x 6 x 2 factorial, in six lots; six days of emergency test evaluation (5th, 6th, 7th, 8th, 12th and 16th days after sowing) and two evaluation methods (automatic and manual). The data were submitted to the variance analysis and the averages were compared by the Scott-Knott test, at 5% significance, using the Sisvar software (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos lotes de sementes de tabaco

Os valores obtidos na determinação do teor de água (TA) dos lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439 variaram de 5,91% a 7,68%, para a cultivar CSC 447 houve uma variação de 5,8% a 8,25% e para a cultivar BAT 2101 a variação foi de 5,82% a 8,45% (Tabelas 1, 2 e 3 respectivamente).

De acordo com os dados de caracterização dos lotes apresentados na Tabela 1, referentes a cultivar CSC 439, observou-se que houve diferença entre as médias dos lotes em relação aos testes de primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T50%), estande inicial (EI), estande final (EF) e índice de velocidade de emergência (IVE).

Conforme os dados apresentados no teste de EF e IVE observou-se que o lote 5 se destacou como de qualidade inferior aos demais lotes avaliados. Na avaliação pelo T_{50%}, o lote 2 e o 6 se destacaram como de qualidade superior. No entanto, na avaliação de tempo médio de germinação (TMG) não houve separação dos lotes em diferentes níveis de vigor.

Tabela 1 - Valores médios do teor de água (TA%), primeira contagem de germinação (PC%), germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%} em dias), estande inicial (EI%), estande final (EF%), índice de velocidade de emergência (IVE) para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439.

Lotes	TA	PC	G	IVG	TMG	T50	EI	EF	IVE
1	6,53	93 a	96 a	8,28 a	5,89 a	5,35 b	66 b	82 a	13,64 a
2	6,89	91 a	96 a	8,69 a	5,7 a	5,01 a	81 a	85 a	15,60 a
3	5,91	91 a	91 a	7,73 a	5,93 a	5,45 b	78 a	84 a	15,05 a
4	6,09	80 b	83 b	7,09 b	5,91 a	5,37 b	87 a	92 a	16,89 a
5	7,68	78 b	79 b	6,71 b	5,97 a	5,47 b	46 b	67 b	9,76 b
6	7,03	91 a	96 a	8,44 a	5,84 a	5,21 a	89 a	95 a	17,29 a
CV(%)		6,78	6,72	7,3	3,99	3,49	15,23	11,42	12,13

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Na caracterização dos lotes da cultivar CSC 447 (Tabela 2), não foram observadas diferenças entre os lotes, exceto quando se utilizou o IVE, que separou os lotes em dois grupos, sendo os lotes 1, 3 e 4 superiores aos demais.

Tabela 2 - Valores médios do teor de água (TA%), primeira contagem de germinação (PC%), germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%} em dias), estande inicial (EI%), estande final (EF%), índice de velocidade de emergência (IVE) para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 447

Lotes	TA	PC	G	IVG	TMG	T50	E I	EF	IVE
1	8,25	90 a	94 a	8,18 a	5,87 a	5,27 a	86 a	95 a	17,58 a
2	6,98	95 a	97 a	8,44 a	5,86 a	5,33 a	77 a	86 a	14,66 b
3	7,35	93 a	94 a	8,33 a	5,7 a	5,22 a	89 a	95 a	17,03 a
4	6,83	88 a	90 a	8,09 a	5,67 a	5,11 a	88 a	93 a	17,69 a
5	5,8	87 a	91 a	8,18 a	5,7 a	5,04 a	77 a	84 a	15,02 b
6	6,35	90 a	91 a	8,08 a	5,73 a	5,20 a	78 a	93 a	15,98 b
CV (%)		5,2	4,45	5,11	3,46	3,5	9,25	6,73	7,93

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Analisando os dados referentes a caracterização dos lotes da cultivar BAT 2101 (Tabela 3), notou-se que não foram observadas diferenças entre os lotes, exceto quando se utilizou o T_{50%}, que classificou os lotes em dois grupos, sendo os lotes 1 e 3 os que levaram o maior tempo para atingir 50% de germinação.

Vale ressaltar que os lotes das cultivares analisadas apresentaram valores médios de germinação iguais ou superiores ao padrão mínimo estabelecido para a comercialização das sementes de tabaco que é de 80% (Instrução Normativa MAPA 45/2013), com exceção do lote 5 da cultivar CSC 439, que tinha 79% de germinação (Tabela 1).

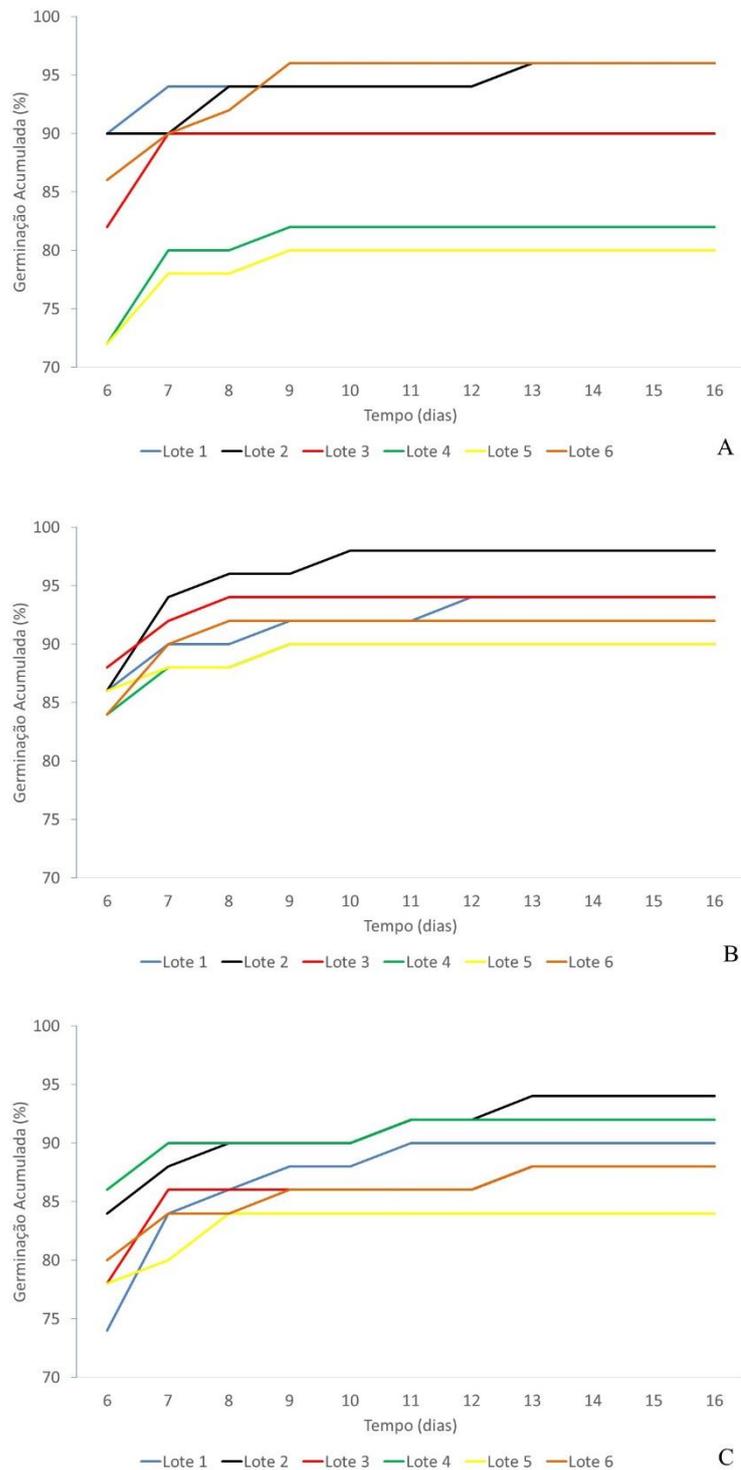
Tabela 3 - Valores médios do teor de água (TA%), primeira contagem de germinação (PC%), germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias), tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%} em dias), estande inicial (EI%), estande final (EF%), índice de velocidade de emergência (IVE) para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de tabaco da cultivar BAT 2101.

Lotes	TA	PC	G	IVG	TMG	T50	E I	EF	IVE
1	8,45	85 a	90 a	7,55 a	6,15 a	5,47 b	90 a	96 a	17,97 a
2	5,82	88 a	93 a	8,17 a	5,89 a	5,22 a	86 a	88 a	17,17 a
3	6,92	86 a	87 a	7,56 a	5,88 a	5,35 b	85 a	88 a	17,65 a
4	5,85	90 a	92 a	8,11 a	5,84 a	5,21 a	87 a	93 a	17,10 a
5	7,13	81 a	85 a	7,61 a	5,66 a	5,06 a	88 a	91 a	19,52 a
6	6,23	83 a	87 a	7,67 a	5,85 a	5,19 a	92 a	97 a	18,18 a
CV (%)		6,44	6,17	7,22	3,95	4,19	7,41	4,91	5,52

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

A germinação média acumulada das sementes de tabaco das cultivares CSC 439, CSC 447 e BAT 2101, estão apresentadas nas figuras 1, 2 e 3 respectivamente.

Figura 1 – Germinação média acumulada de lotes de sementes de tabaco das cultivares CSC 439 (A), CSC 447 (B) e BAT 2101 (C)



Fonte: Do autor (2017).

Na comparação entre os lotes da cultivar CSC 439, observou-se que a partir do 9º dia não houve alteração na germinação dos lotes, com exceção dos lotes 1 e 2. Para a cultivar CSC 447, a estabilização da germinação ocorreu a partir do 8º dia para os lotes 3 e 6, ao 9º dia para os lotes 1, 4 e 5 e ao 10º dia para o lote 8. Foram verificados valores máximos da germinação acumulada no lote 8. No entanto para a cultivar BAT 2101, notou-se que a germinação dos lotes 3 e 6 e os lotes 1 e 4 foram semelhantes a partir do 9º e 10º dia, respectivamente. Essa variação entre os lotes dentro de cada cultivar é mais evidente quando se observa a tendência da curva de germinação, com resultados mais visíveis do que a contagem final.

Segundo Ikeda et al. (2013), o comportamento germinativo das espécies ao longo do tempo podem ser observadas pelas curvas de germinação, sendo possível revelar diferenças que muitas vezes não seriam notadas somente com o resultado final da germinação. Essas diferenças foram verificadas no comportamento germinativo dos diferentes lotes de sementes de tabaco.

De modo geral, em relação às cultivares e lotes avaliados, notou-se que a estabilização da germinação ocorreu ao 13º dia.

4.2 Análise das imagens

4.2.1 Experimento 1: Índice de vigor de plântulas de tabaco provenientes do teste de germinação (imagens obtidas pelo equipamento GroundEye®)

De acordo com os resultados contidos na Tabela 1 A (anexo), referentes a cultivar CSC 439, dentre os fatores avaliados verificou-se que o número de dias de avaliação foi significativo.

A partir do 7º dia não houve diferença estatística entre as médias avaliadas e os valores médios de vigor foram superiores (Tabela 5).

Tabela 4- Valores médios de vigor (%) de lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439 em diferentes dias de avaliação obtidos pela análise de imagens

Número de dias de avaliação	Vigor (%)
5	28,67 c
6	82,03 b
7	88,21 a
8	89,08 a
CV (%)	3,93

*Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Em relação aos dados obtidos na Tabela 1A (anexo), relacionados a análise de variância da cultivar CSC 447, verificou-se que houve interação significativa entre os lotes e dias de avaliação.

Na Tabela 6, para o 5º e 6º dia de avaliação houve diferença estatística entre as médias de vigor dos lotes. No 5º dia os lotes foram separados em três níveis de qualidade, sendo os lotes 2 e 3 superiores aos demais. Para o 6º dia os lotes foram classificados em dois níveis, sendo os lotes 1 e 6 de qualidade inferior. Com a estabilização a partir do 7º dia não houve diferença entre os valores médios dos lotes.

Para os resultados dos lotes na Tabela 6, verificou-se que somente para o lote 2, a partir do 6º dia de avaliação, não foi observado diferença entre os valores médios.

Tabela 5- Valores médios de vigor (%) de sementes de tabaco da cultivar CSC 447 em diferentes lotes e dias de avaliação obtidos pela análise de imagens.

Lote	Vigor (%)			
	Número de dias de avaliação			
	5	6	7	8
1	30 Cb	79 Bb	87 Aa	87 Aa
2	38 Ba	84 Aa	89 Aa	87 Aa
3	34 Ca	83 Ba	87 Aa	89 Aa
4	26 Cc	84 Ba	88 Aa	91 Aa
5	30 Cb	81 Ba	86 Aa	88 Aa
6	23 Cc	76 Bb	84 Aa	87 Aa
CV (%)	5,04			

*Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

A análise de variância da cultivar BAT 2101 (Tabela 1A-anexo) verificou-se interação significativa entre os lotes e dias de avaliação.

No 5º dia de avaliação houve diferenciação dos lotes em dois níveis de qualidade, sendo os lotes 1 e 4 com média superior aos demais. Porém para o 6º, 7º e 8º dia não foram observadas diferenças entre as médias dos lotes estudados. Para os resultados dos lotes não foi observado diferença entre os valores médios dos lotes 1,3,4 e 5 a partir do 6º dia de avaliação (Tabela 7).

Tabela 6 - Valores médios de vigor (%) de lotes de sementes de tabaco da cultivar BAT 2101 em diferentes dias de avaliação obtidos pela análise de imagens.

Lote	Vigor (%)			
	Número de dias de avaliação			
	5	6	7	8
1	37 Ba	85 Aa	88 Aa	89 Aa
2	31 Cb	83 Ba	88 Aa	90 Aa
3	31 Bb	88 Aa	90 Aa	91 Aa
4	40 Ba	84 Aa	85 Aa	89 Aa
5	33 Bb	85 Aa	88 Aa	89 Aa
6	28 Cb	83 Ba	90 Aa	90 Aa
CV (%)	4,31			

*Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Nos resultados apresentados na Tabela 8 relacionados a cultivar CSC 439, observou-se que não houve variação entre os valores médios dos lotes no índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH) e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH/CR) obtidos pela análise do GroundEye®, além do tempo médio de germinação (TMG). No entanto, para os testes de primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo necessário para atingir 50% de germinação ($T_{50\%}$) os lotes foram classificados em dois níveis de vigor.

O $T_{50\%}$ tem se destacado em alguns trabalhos para a discriminação mais sensível de lotes de sementes em diferentes níveis de qualidade fisiológica (Onwimol et al., 2016; Pereira, 2012; Silva, 2014). Para Kikuti e Marcos Filho (2012) a velocidade de germinação foi um teste apropriado para distinguir os lotes de sementes de alface em diferentes níveis de vigor, em todas as épocas de avaliação, para as duas cultivares estudadas.

Tabela 7 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%}), obtidos pela análise visual. Valores médios de índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH) e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo de seis lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 439 obtidos pela análise de imagens.

Lotes	PC (%)	Germ (%)	IVG	TMG (dias)	T50 (dias)
1	93 a	96 a	8,28 a	5,89 a	5,35 b
2	91 a	96 a	8,69 a	5,7 a	5,01 a
3	91 a	91 a	7,73 a	5,93 a	5,45 b
4	80 b	83 b	7,09 b	5,91 a	5,37 b
5	78 b	79 b	6,71 b	5,97 a	5,47 b
6	91 a	96 a	8,44 a	5,84 a	5,21 a
CV(%)	6,78	6,72	7,3	3,99	3,49

Lotes	IV	CP (cm)	CR (cm)	CH (cm)	CR/CH
1	89 a	0,82 ^a	0,33a	0,49 ^a	0,85a
2	87 a	0,71 ^a	0,29a	0,41 ^a	0,90a
3	86 a	1,01 ^a	0,46a	0,55 ^a	0,89a
4	89 a	0,84 ^a	0,29a	0,55 ^a	0,54a
5	88 a	0,62 ^a	0,16a	0,40 ^a	0,55a
6	89 a	1,06 ^a	0,43a	0,63 ^a	0,69a
CV(%)	2,76	5,63	4,31	5,9	10,32

*Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

De acordo com os resultados obtidos referentes a cultivar CSC 447 (Tabela 9), em todos os testes avaliados não foi possível diferenciar os lotes em níveis de qualidade fisiológica. No entanto, foi observado similaridade nos resultados dos testes de germinação e os resultados das avaliações de comprimento de plântulas e índice de vigor analisados pelo GroundEye[®].

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.

Tabela 8 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%}) obtidos pela análise visual. Valores médios de índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo de seis lotes de sementes de tabaco da cultivar CSC 447 obtidos pela análise de imagens

Lotes	PC (%)	Germ (%)	IVG	TMG (dias)	T _{50%} (dias)
1	90 a	94 a	8,18 a	5,87 a	5,27 a
2	95 a	97 a	8,44 a	5,86 a	5,33 a
3	93 a	94 a	8,33 a	5,70 a	5,22 a
4	88 a	90 a	8,09 a	5,67 a	5,11 a
5	87 a	91 a	8,18 a	5,70 a	5,04 a
6	90 a	91 a	8,08 a	5,73 a	5,20 a
CV(%)	5,2	4,45	5,11	3,46	3,5

Lotes	IV	CP (cm)	CR (cm)	CH (cm)	CR/CH
1	87 a	0,83 ^a	0,35a	0,48a	0,77a
2	89 a	0,94 ^a	0,40a	0,54a	0,80a
3	87 a	0,90 ^a	0,36a	0,53a	0,72a
4	88 a	0,83 ^a	0,34a	0,49a	0,73a
5	86 a	0,75 ^a	0,21a	0,54a	0,38a
6	84 a	0,99 ^a	0,43a	0,55a	0,78a
CV(%)	4,04	6	4,76	4,55	7,91

*Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Em relação aos resultados da cultivar BAT 2101 (Tabela 10), somente no T_{50%} foi observado separação dos lotes em dois níveis de qualidade, sendo os lotes 1 e 3 os de pior qualidade fisiológica. Observou-se que os resultados das avaliações de CP, CR, CH, CR/CH e o IV analisados pelo GroundEye[®] foram similares aos resultados dos testes de PC, Germ., IVG e TMG.

Tabela 9 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e tempo necessário para atingir 50% de germinação (T_{50%}) obtidos pela análise visual. Valores médios de índice de vigor (IV), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo de seis lotes de sementes de tabaco da cultivar BAT 2101 obtidos pela análise de imagens.

Lotes	PC (%)	Germ (%)	IVG	TMG (dias)	T50 (dias)
1	85 a	90 a	7,55 a	6,15 a	5,47 b
2	88 a	93 a	8,17 a	5,89 a	5,22 a
3	86 a	87 a	7,56 a	5,88 a	5,35 b
4	90 a	92 a	8,11 a	5,84 a	5,21 a
5	81 a	85 a	7,61 a	5,66 a	5,06 a
6	83 a	87 a	7,67 a	5,85 a	5,19 a
CV(%)	6,44	6,17	7,22	3,95	4,19

Lotes	IV	CP (cm)	CR (cm)	CH (cm)	CR/CH
1	88 a	0,76 ^a	0,34a	0,42a	0,83a
2	88 a	0,71 ^a	0,27a	0,42a	0,66a
3	90 a	1,02 ^a	0,44a	0,58a	0,80a
4	85 a	0,89 ^a	0,30a	0,59a	0,50a
5	88 a	0,77 ^a	0,32a	0,45a	0,67a
6	90 a	0,77 ^a	0,21a	0,56a	0,41a
CV(%)	3	8,8	7,14	5,81	11

*Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Kikuti e Marcos Filho (2012) utilizaram a análise de imagens para avaliação do vigor de lotes de sementes de alface e observaram que o índice de crescimento de plântulas e o comprimento de raiz primária proporcionaram resultados semelhantes aos dos testes tradicionais, sendo assim eficientes na avaliação do vigor de sementes.

Outros autores também utilizaram a análise de imagens em suas avaliações e verificaram a coerência dos resultados obtidos nos testes de laboratório e os resultados do índice de vigor pelo software (SILVA et al., 2012; SILVA; CÍCERO, 2014).

4.2.2 Experiment 2: Tobacco seedlings vigor from the emergency test (images obtained by GroundEye® equipment)

According to the results in Table 1B (annex), regarding the analysis of the cultivar CSC 439 variance, there was no significant interaction between the variables.

Regarding the results presented in Table 11, the lots were classified in different vigor levels by the emergency test, with lots 4 and 6 with higher averages than the others.

Tabela 10 - Emergence average values - E (%) of cultivar CSC 439 tobacco seedlings in the different lots obtained by the image analysis

Lot	Emergency (%)
1	64 d
2	75 b
3	72 c
4	79 a
5	44 e
6	82 a
CV (%)	14,8

* Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

In Table 12, it was observed that the lots were separated into four vigor levels in relation to the emergency depending on the evaluation day, and on the 12th and 16th days, higher averages than the other ones were obtained.

Tabela 11 - Emergence average values - E (%) of cultivar CSC 439 tobacco seedlings on the different evaluation days obtained by the image analysis.

Number of evaluation days	Emergency (%)
5	47 d
6	65 c
7	70 b
8	73 b
12	80 a
16	80 a
CV (%)	14,8

* Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

In relation to the results contained in table 13, there was a difference in emergency average values between the automatic and visual evaluation methods. However, it should be noted that the differences between the averages in the two methods were only three percentage points.

Tabela 12 - Emergency average values - E (%) of cultivar CSC 439 tobacco seedlings in the different evaluation methods obtained by the image analysis

Evaluation methods	Emergency (%)
Automatic	68 b
Visual	71 a
CV (%)	14,8

* Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

According to the results presented in table 1B (annex), related to variance analysis of CSC 447 cultivar, there was no significant interaction between the analyzed variables.

Table 14 shows a difference in the emergency average values between the visual and automatic evaluation methods. However, it is important to consider that the variation was only three percentage points, as was also observed in CSC 439 cultivar (table 13). The variation of three percentage points is interesting for tobacco, because the seeds and seedlings are small which can cause less visual acuity and analyst fatigue.

Tabela 13 - Emergency average values - E (%) of cultivar CSC 447 tobacco seedlings in the different evaluation methods obtained by image analysis.

Evaluation methods	Emergency (%)
Automatic	75 b
Visual	78 a
CV (%)	10,98

* Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

For the results of Table 15, lots were classified into two levels of vigor, with lots 1, 3 and 4 superior in physiological quality related to the others.

Tabela 14 - Emergence average values - E (%) of of cultivar CSC 447 tobacco seedlings in the different lots obtained by image analysis.

Lot	Emergency (%)
1	81 a
2	69 b
3	83 a
4	82 a
5	71 b
6	72 b
CV (%)	10,98

* Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

According to the results presented in table 16, there was difference in emergency average values between the evaluation days. The highest averages were observed on the 12th and 16th emergence day.

Tabela 15 - Emergence average values - E (%) of cultivar CSC 447 tobacco seedlings on different evaluation days obtained by image analysis

Days	Emergency (%)
5	51 e
6	74 d
7	79 c
8	81 b
12	86 a
16	86 a
CV (%)	10,98

* Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

The results contained in Table 1 B (annex), referring to analysis of cultivar BAT 2101 variance, showed a significant interaction between the lots and evaluation days and also between the days and the evaluation methods.

Regarding the emergence average values presented in table 17, from the 6th evaluation day, there was no difference between the averages of the six lots evaluated.

For lots 1, 3, 5 and 6, from the 7th evaluation day, the average values did not differ, with a stabilization in the tobacco seedlings emergence.

Tabela 16 - Emergence average values - E (%) of different lots cultivar BAT 2101 tobacco seedlings on different evaluation days obtained by image analysis.

Lot	Emergency (%)					
	5th day	6th day	7th day	8th day	12th day	16th day
1	66 Cb	82 Ba	87 Aa	87 Aa	91 Aa	91 Aa
2	67 Cb	79 Ba	81 Ba	82 Ba	87 Aa	87 Aa
3	66 Bb	77 Aa	81 Aa	82 Aa	84 Aa	84 Aa
4	61 Cb	78 Ba	83 Ba	84 Aa	88 Aa	88 Aa
5	79 Aa	83 Aa	84 Aa	85 Aa	87 Aa	87 Aa
6	65 Cb	80 Ba	87 Aa	89 Aa	93 Aa	93 Aa
CV (%)	7,01					

* Averages followed by the same letter belong to the same group, lowercase in the column and upper case in the row, by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

In a general results analysis contained in table 18, it was inferred that in the 5th and 6th evaluation day the emergency average values differed between the two evaluation methods. However, from the 7th day there was no difference between the averages. Thus, the automatic evaluation method was effective in the emergency analysis from the 7th day, when compared with the visual evaluation.

Tabela 17 - Emergence average values - E (%) of cultivar BAT 2101 tobacco seedlings in the different evaluation days obtained by image analysis.

Days	Emergency (%)	
	Automatic Evaluation Method	Visual Evaluation Method
5 th day	62 Bd	72 Ac
6 th day	77 Ac	82 Bb
7 th day	83 Ab	84 Ab
8 th day	84 Ab	86 Aa
12 th day	88 Aa	88 Aa
16 th day	88 Aa	88 Aa
CV (%)	7,01	

* Averages followed by the same letter belong to the same group, lowercase in the column and upper case in the row, by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

Alvarenga et al. (2012), worked with image analysis to evaluate the of super sweet corn seeds vigor and observed similar results obtained by computerized analysis (SVIS) and seedling emergence test in the field. The results correspondence between the two tests is important, since the seedlings emergence is considered an efficiency test to evaluate the lots physiological quality.

According to the results of tables 1C, 1D and 1E (annex), related to the variance of cultivars CSC 439, CSC 447 and BAT 2101 analysis, respectively, it was verified that there was no significant interaction between the lots and evaluation days.

Regarding the results contained in table 19, referring to the cultivars CSC 439, CSC 447 and BAT 2101, there was no difference in the average values of the initial stand (7th day) and emergency (16 th day) in the two evaluation methods. Thus, it was observed that the automatic evaluation by GroundEye® was efficient for the tobacco seedlings vigor analysis at the 7th and 16th evaluation day.

Tabela 18 - Initial stand (7th day) - IE (%) and emergence (16th day) - E (%) of cultivars CSC 439, CSC 447 and BAT 2101 tobacco seedlings in the different evaluation methods

	Evaluation methods	Initial stand	Emergency
CSC 439	Automatic	69 a	79 a
	Visual	71 a	81 a
	CV (%)	15,44	10,6
CSC 447	Automatic	78 a	85 a
	Visual	79 a	87 a
	CV (%)	9,29	6,64
BAT 2101	Automatic	83 a	88 a
	Visual	84 a	88 a
	CV (%)	6,69	4,01

*Averages followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test, at 5% probability. Source: Author (2017).

Pinto et al. (2015) worked with the GroundEye® software in the analysis of corn seedlings images and evaluated this system efficiency in the separation of corn lots at physiological quality levels when compared to traditional tests. Other authors such as Abreu et al. (2016) concluded that image analysis using GroundEye® is a viable, innovative and promising technique for evaluating the coffee seeds viability and vigor.

In view of this research results, the advantages of using the imaging system are evident, allowing a practical and objective evaluation of the tobacco seeds physiological potential.

5 CONCLUSÃO

O sistema GroundEye® permite avaliar a qualidade de lotes de sementes de tabaco tanto com dados obtidos no teste de germinação quanto com dados obtidos na emergência em substrato comercial a partir do sétimo dia, destacando-se como um teste de vigor rápido e eficiente de maneira semelhante aos testes tradicionais.

REFERÊNCIAS

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

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

ANDRADE, D. B. et al. 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, 2016.

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**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 488-494, 2012.

AKEHURST, B. C. **Tabacco**. 2nd ed. New York: Longman, 1981. 764 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO TABACO. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 128 p.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed Vigor Testing Handbook**. New York, p. 341, 2009.

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

BARBOSA, R. M. et al. Image analysis and peanut seeds performance during the production process. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.3, p.412-420, 2016.

BARCELOS, R. **Novo método de mapeamento de espaços de cor através de redes neurais artificiais especializadas**. 2011. 121 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BELIN, E. et al. Rate-distortion tradeoff to optimize high-throughput phenotyping systems. Application to X-ray images of seeds. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 77, n. 2, p. 188-194, 2011.

BHERING, M. C. et al. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 171-175, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395p.

CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, E. A. Extração de Estradas de uma imagem ETM+ Landsat usando Morfologia Matemática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (COBRAC), 6., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, COBRAC, 2004. P. 1-8.

CARVALHO, M. L. M. Utilização da análise de imagens - conceitos, metodologias e usos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 45-47, 2010.

CHIQUITO, A. A.; GOMES JUNIOR, F. G.; MARCOS FILHO, J. Assessment of physiological potential of cucumber seeds using the software Seedling Vigor Imaging System (SVIS). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 255-263, 2012.

COMMISSION INTERNACIONALE DE L' ECLAIRAGE. CIE. **Colorimetry – Part 4: 1976 L*a*b* Colour Space**. Disponível em: <<http://www.cie.co.at/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2016.

DIAS, M. A. N. et al. Vigor tests association as an alternative for precise and efficient assessment of maize seed quality. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 93-99, 2015.
DUCOURNAU, S. et al. Using computer vision to monitor germination time course of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Seed Science and Technology**, v. 33, n. p. 329–340, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZER, G. Seed dormancy and control of germination. **New Phytologist**, Oxford, v. 171, p. 501-523, 2006.

FRICANO, A. et al. Molecular diversity, population structure, and linkage disequilibrium in a worldwide collection of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) germplasm. **BMC Genetics**, v. 13, n. 18, p. 1-13, 2012.

GENEVE, R. L.; KESTER, S. T. Evaluation of seedling size following germination using computer-aided analysis of digital images from a flat-bed scanner. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 6, p. 1117-1120, 2001.

GOMES JUNIOR, F.G. et al. Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. **Seed Technology**, Lincoln, v.31, n.1, p.95-100, 2009.

GOMES JUNIOR, F. G.; CHAMMA, H. M. C. P.; CÍCERO, S. M. Automated image analysis of seedling for vigor evaluation of common bean seeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 36, n. 2, p. 195-200, 2014.

GONZALES, R.; WOODS, R. **Processamento de Imagens Digitais**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2000. 509 p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2010. 976 p.

GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 180p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

GUPTA, S. D.; IBARAKI, Y. **Plant Image Analysis: Fundamentals and Applications**. CRC Press, Boca Raton, 2014. 398p.

HARTMANN, A. et al. HTPPheno: an image analysis pipeline for high-throughput plant phenotyping. **BMC Bioinformatics**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 148, 2011.

HOFFMASTER, A. L. et al. An automated system for vigor testing three-day old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.

HOWARTH, M.S.; STANWOOD, P. C. Measurement of seedling growth rate by machine vision. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, Madison, v. 36, n. 3, p. 959-963, 1993.

HUNZIKER, A. T. **Genera Solanacearum**. Rugell: Gantner Verlag, 2001. 500 p.

IKEDA, F. S. et al. Emergência e crescimento inicial de cultivares de *Urochloa* em diferentes profundidades de semeadura. **Planta daninha**, Viçosa, v.31, n.1, p. 71-78, 2013.

JOOSEN, R.V. L. et al. Germinator: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. **Plant Journal**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 148-159, 2010.

KEYS, R. D.; MARGAPURAM, R. G.; REUSCHE, G. A. Automated seedling length measurement for germination/vigor estimation using a CASAS (Computerized Automated Seed Analysis System). **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 9, n. 1, p. 40-53, 1984.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2012.

KLUKAS, C.; CHEN, D.; PAPE, J. M. Integrated Analysis Platform: An Open-Source Information System for High-Throughput Plant Phenotyping. **Plant Physiology**, Washington, v. 165, p. 506-518, 2014.

LABOURIAU, L. G. Uma nova linha de pesquisa na fisiologia da germinação das sementes. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34., 1983b, Porto Alegre, **Anais...Porto Alegre**: SBB, 1983b. p. 11-50.

LIMA, D. C. **Avaliação do vigor e germinação de sementes de soja a partir da análise de imagens de plântulas**. 2015. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica/Processamento de Sinais e Instrumentação) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

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

MANUAL GROUND EYE®. Tbit Tecnologia e Sistemas, Lavras. 2016.88p.

GUPTA, S. D.; IBARAKI, Y. **Plant Image Analysis: Fundamentals and Applications**. CRC Press, Boca Raton, 2014. 398p.

MARCHI, J. L.; CICERO, S. M.; GOMES JUNIOR, F. G. Utilização da análise computadorizada de plântulas na avaliação do potencial fisiológico de sementes de amendoim tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 652-662, 2011.

MARCOS FILHO, J. et al. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 485-497, 2006.

MARCOS FILHO, J; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999. 406p.

MASETTO, T. E. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de mato grosso do sul. **Revista Brasileira ol. fibros**, Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

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

MCDONALD, M. B. The Ohio State University Seed Vigor Imaging System (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 7-24, 2005.
OHLSON, O. C. et al. Teste de envelhecimento acelerado de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 118-124, 2010.

OLIVEIRA, A. S. **Condicionamento fisiológico de sementes de tabaco**. 60 p. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

ONWIMOL, D. et al. Seed vigor classification using analysis of mean radicle emergence time and single counts of radicle emergence in rice (*Oryza sativa* L.) and mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **Agriculture and Natural Resources**, Thailand, v. 50, n. 5, p. 345-350, 2016.

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

PADILHA, F. R. R. **Reconhecimento de variedades de soja através do processamento de imagens digitais usando redes neurais artificiais**. 2007. 94 p. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.

PEREIRA, D. S. **Condicionamento fisiológico e conservação de sementes de girassol**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

PINTO, C. A. G. et al. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015.

ROCHA, C. R. M.; SILVA, V. N.; CICERO, S. M. Avaliação do vigor de sementes de girassol por meio de análise de imagens de plântulas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 6, 2015.

SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SEGATO, S. V.; GABALDI, F. C. Fungos associados às sementes de fumo (*Nicotiana tabacum* L.). **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2, p. 1-6, 2012.

SHAHIN, M. A.; SYMONS, S. J.; POYS, V. W. Determining Soya Bean Seed Size Uniformity with Image Analysis. **Biosystems Engineering**, London, v. 94, n. 2, 191-198, 2006.

SILVA, C. B.; et al. Automated system of seedling image analysis (SVIS) and electrical conductivity to assess sun hemp seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2012.

SILVA, H. P. **Colheita, secagem e extração de sementes de tabaco**. 2014. 106 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

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

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

SOUZA CRUZ. **Tabaco e seus produtos: Impacto e importância econômica**. Disponível em:

<http://www.souzacruz.com.br/group/sites/SOU_7UVF24.nsf/vwPagesWebLive/DO7V9KFB?opendocument>. Acesso em: 05 de julho de 2016.

STANISAVLJEVIĆ, I. T.; LAZIĆ, M. L.; VELJKOVIĆ, V. B. Ultrasonic extraction of oil from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seeds. **Ultrasonic Sonochemistry**, Oxford, v. 14, n. 5, p. 646-652, 2007.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; NETO, D. D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 159-167, 2006.

TOURIAN, O. K.; PADILHA, F. R. R. Reconhecimento de variedades de soja por meio do processamento de imagens digitais usando redes neurais artificiais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 759-769, 2008.

VELJKOVIĆ, V. B. et al. Biodiesel production from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seed oil with a high content of free fatty acids. **Fuel**, London, v. 85, n. 17/18, p. 2671-2675, 2006.

VENCATO, A. Z. et al. **Anuário brasileiro de tabaco**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2011. 176 p.

WENDT, L. et al. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 280-286, 2014.

ANEXOS

Tabela 1A - Análise de variância dos dados de vigor de lotes de sementes de tabaco das cultivares CSC 439, CSC 447 e BAT 2101 avaliados em diferentes dias obtidos pela análise de imagens.

FV	GL	Quadrados Médios		
		CSC 439	CSC 447	BAT 2101
		G	G	G
Lote	5	21,21ns	87,82*	12,18ns
Dias	3	20272,01*	18542,24*	17745,79*
Lote x Dias	15	10,38ns	26,68*	27,73*
Erro	72	8,02	13,05	10,2
CV (%)		3,93	5,04	4,31

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. Fonte: Do autor (2017).

Tabela 1B - Análise de variância dos dados de emergência (E) de lotes de sementes de tabaco das cultivares CSC 439, CSC 447 e BAT 2101, analisados em diferentes dias e métodos de avaliação.

FV	GL	Quadrados Médios		
		CSC 439	CSC 447	BAT 2101
		E	E	E
Lote	5	7092,34*	1369,58*	212,33*
Dias	5	5250,96*	6224,38*	2241,25*
Métodos de Avaliação	1	644,11*	616,78*	616,78*
Lote x Dias	25	101,13 ^{ns}	82,20 ^{ns}	53,28*
Lote x Métodos de Avaliação	5	3,65 ^{ns}	5,89 ^{ns}	3,15 ^{ns}
Dias x Métodos de Avaliação	5	77,36 ^{ns}	73,80 ^{ns}	120,58*
Lote x Dias x Métodos de Avaliação	25	8,44 ^{ns}	5,99 ^{ns}	7,52 ^{ns}
Erro	144	105,17	70,26	33,07
CV (%)		14,8	10,98	7,01

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. Fonte: Do autor (2017).

Tabela 1C - Análise de variância dos dados de estande inicial (EI) e emergência (E) de lotes de sementes de tabaco, cultivar CSC 439, em diferentes métodos de avaliação.

FV	GL	Quadrados Médios	
		EI	E
		Lote	5
Métodos de Avaliação	1	38,03 ^{ns}	42,25 ^{ns}
Lote x Métodos de Avaliação	5	2,29 ^{ns}	2,12 ^{ns}
Erro	24	118,25	71,53
CV (%)		15,44	10,6

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. Fonte: Do autor (2017).

Tabela 1D - Análise de variância dos dados de estande inicial (EI) e emergência (E) de lotes de sementes de tabaco, cultivar CSC 447, em diferentes métodos de avaliação.

FV	GL	Quadrados Médios	
		EI	E
Lote	5	205,78*	119,04*
Métodos de Avaliação	1	9,00 ^{ns}	28,44 ^{ns}
Lote x Métodos de Avaliação	5	0,87 ^{ns}	1,11 ^{ns}
Erro	24	53,72	32,89
CV (%)		9,29	6,64

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. Fonte: Do autor (2017).

Tabela 1E - Análise de variância dos dados de estande inicial (EI) e emergência (E) de lotes de sementes de tabaco, cultivar BAT 2101, em diferentes métodos de avaliação.

FV	GL	Quadrados Médios	
		EI	E
Lote	5	41,49 ^{ns}	64,85*
Métodos de Avaliação	1	20,25 ^{ns}	3,36 ^{ns}
Lote x Métodos de Avaliação	5	4,12 ^{ns}	11,83 ^{ns}
Erro	24	31,47	12,5
CV (%)		6,69	4,01

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. Fonte: Do autor (2017).