



ANA MARIA OLIVEIRA FERREIRA

**VIGOR DE SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU
POR ANÁLISE DE IMAGENS**

**LAVRAS - MG
2019**

ANA MARIA OLIVEIRA FERREIRA

**VIGOR DE SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU POR ANÁLISE DE
IMAGENS**

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

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho
Orientadora

Dr. Renato Mendes Guimarães
Coorientador

Dr. Diego de Sousa Pereira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

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

Ferreira, Ana Maria Oliveira.

Vigor de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu por
análise de imagens / Ana Maria Oliveira Ferreira. - 2019.

70 p.: il.

Orientador(a): Maria Laene Moreira de Carvalho.

Coorientador(a): Renato Mendes Guimarães, Diego de Sousa
Pereira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Forrageiras. 2. Potencial fisiológico. 3. Tamanho de
plântula. I. Carvalho, Maria Laene Moreira de. II. Guimarães,
Renato Mendes. III. Pereira, Diego de Sousa.

ANA MARIA OLIVEIRA FERREIRA

**VIGOR DE SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU POR ANÁLISE
DE IMAGENS**

**SEED VIGOR OF *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU FOR ANALYSIS
OF IMAGES**

Dissertação 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 Mestre.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2019.

Dra. Heloisa Oliveira dos Santos UFLA

Dr. Renato Mendes Guimarães UFLA

Dr. José Maurício Pereira MAPA

Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2019**

*A Deus pela vida, saúde, proteção, discernimento em todas os momentos que
precisei e por todas as oportunidades que tive.*

Em especial, ao meu pai que, mesmo não estando presente, sei que lá de cima ora por mim.

Ao Luiz Fernando, pelo amor, paciência e companheirismo sempre.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha Mãe Das Dores, pela oportunidade oferecida que sem ela jamais teria continuado os estudos.

À família de meu namorado que me recebeu de braços abertos, obrigada por todos os momentos.

Aos meus familiares, em especial, meu padrinho Ivo, prima Magna Roque e Tia Evane.

Aos meus queridos familiares de coração, que, mesmo distantes, sei que sempre estarão torcendo por mim.

À minha orientadora, Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, pela oportunidade, confiança no meu trabalho, incentivo, estímulo e, principalmente, por todo o conhecimento passado fundamental à minha formação profissional.

Ao meu coorientador, Diego de Sousa Pereira, por todo apoio, amizade e ‘puxões de orelha’ dados no momento certo, muito obrigada.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães, Profa. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos e ao Dr. José Maurício Pereira pelas contribuições para este trabalho.

À Associação dos Produtores de Sementes de Mato Grosso (APROSMAT) por fornecer as sementes utilizadas nesta pesquisa.

Em especial, aos meus amigos e companheiros de laboratório Nasma da Sorte (na verdade, eu quem tive a riqueza por tê-la como amiga - SENSACIONAL), Juliana Espíndola, Carol, Dayliane Bernardes, Cristiane Pereira, Beth e a Alessandra que, com muita paciência e atenção, acolheram-me e estiveram sempre dispostas a me ajudar e apoiar, em todas as fases do meu trabalho, sendo essenciais para esta conquista.

À Universidade Federal de Lavras, UFLA, pela oportunidade de realização deste trabalho, e aos seus professores pela contribuição à minha formação profissional.

À Pós-Graduação em Agronomia, Produção Vegetal, pela qualidade do curso e pela estrutura física.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

À todos os funcionários e estagiários, pelas amizades adquiridas no laboratório.

Na verdade, torna-se difícil mencionar e agradecer a todas as pessoas que, de uma forma direta ou indiretamente, participaram, já que são tantas e tão diversas as maneiras de colaboração.

Meu muito obrigada!

RESUMO

A análise de imagens é uma técnica com potencial de utilização, na avaliação da qualidade de sementes, nos programas de controle de qualidade de várias culturas, incluindo as gramíneas forrageiras pela otimização do tempo e redução da interferência humana ao se obter os resultados. O objetivo nesta pesquisa foi desenvolver uma metodologia rápida e eficiente, para avaliar o vigor de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, por meio da análise de imagens de plântulas. Foram utilizados nove lotes de sementes de braquiária, produzidos no estado de Mato Grosso, na safra de 2016/2017. Para a caracterização dos lotes, foram determinadas as avaliações do teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, tetrazólio, condutividade elétrica, emergência, índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência a 25 e 30 °C. Foram realizados experimentos, para verificar as melhores condições de substrato, temperatura e luminosidade, para a condução do teste de germinação na tentativa de adequar uma metodologia para análise de imagens das plântulas. Foi estabelecido um protocolo de análise de plântulas normais, obtidas no teste de germinação, realizado entre papel, na condição de temperatura alternada de 20-35 °C. As características de comprimento da raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento total da plântula (CP) e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo (CR/CH) foram obtidas e analisadas com a utilização do equipamento de análise de imagens GroundEye®, versão S800. Os lotes foram classificados em dois níveis de qualidade, na caracterização inicial, pelos testes de condutividade elétrica, primeira contagem de germinação e tempo médio de emergência, em temperatura constante de 25 °C, com destaque aos lotes 8, e 9 como os de qualidade inferior. Conclui-se que é possível a diferenciação de lotes de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, aos sete dias de semeadura em substrato rolo de papel, na presença de luz, o que permite melhor orientação do sistema radicular e da parte aérea das plântulas. A análise de imagens de plântulas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pela avaliação do comprimento radicular, aos sete dias, possibilita a distinção de lotes de diferentes níveis de qualidade fisiológica.

Palavras-chave: Forrageiras. Potencial fisiológico. Tamanho de plântula.

ABSTRACT

Image analysis is a technique with potential of use in the evaluation of seed quality in the quality control programs of several crops, including forage grasses for optimization of time and reduction of human interference in obtaining the results. The objective in this research was to develop a fast and efficient methodology to evaluate the seed vigor of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu by means of the seedlings images analysis. Nine lots of braquiária produced in the state of *Mato Grosso*, harvest of 2016/2017 were used. For the lots characterization, water content, germination, first germination count, tetrazolium, electrical conductivity, emergence, emergency speed index and average emergency time at 25 and 30 °C were determined. Experiments were carried out to verify the best substrate conditions, temperature and luminosity, for conducting the germination test in an attempt to adapt a methodology for the seedlings images analysis. It was established a protocol of normal seedlings analysis obtained in the germination test carried out between paper, in the alternating temperature condition 20-35 °C. The root length (RL), hypocotyl length (HL), seedling total length (STL) and root length ratio by hypocotyl length (RLR / HL) were obtained and analyzed using GroundEye® image analysis equipment, version S800. The lots were classified into two quality levels, in the initial characterization, by the electrical conductivity tests, first germination count and emergence average time, at constant temperature of 25 °C, highlighting lots 8 and 9 as the lower quality. It is possible the differentiation of seed lots *Brachiaria brizantha* cv. Marandu at seven days of sowing in substrate paper roll, in the light presence, which allow a better root orientation system and also seedlings aerial part. The seedlings images analysis of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu by the root length evaluation, at seven days, allows the lots distinction of different physiological quality levels.

Keywords: Forages. Physiological potential. Seedling size.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Rolos acondicionados em recipientes e sacos plásticos.....26
- Figura 2 - Plântulas de *B. brizantha* cv. Marandu dispostas na bandeja de acrílico do módulo de captação (2A) e o esqueletamento obtido pelo Software - (2B).29
- Figura 3 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas entre papel na forma de rolo (3A) e sobre papel (3B) avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas.37
- Figura 4 - Porcentagem de germinação e sementes de viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas entre papel na forma de rolo (4A) e sobre papel (4B), avaliadas aos 14 dias em diferentes temperaturas.....39
- Figura 5 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel na presença (5A) e ausência (5B) de luz, avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas.44
- Figura 6 - Plântula de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, aos sete dias após a semeadura, na ausência de luz.45
- Figura 7 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel na presença (7A) e ausência (7B) de luz, avaliadas aos 14 dias em diferentes temperaturas.....46
- Figura 8 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária, semeadas entre papel em forma de rolo na presença (8A) e ausência (8B) de luz, avaliadas aos sete dias, submetidas a diferentes temperaturas.....50
- Figura 9 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária, semeadas entre papel na forma de rolo na presença (9A) e ausência (9B) de luz, avaliadas aos 14 dias, submetidas a diferentes temperaturas.....51
- Figura 10 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward com a formação de grupos com base nos dados de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), tempo médio de emergência (TME25 – TME30) e análise de imagens para comprimento total (CT7), comprimento do hipocótilo (CH7), comprimento da raiz (CR7) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH7/CR7) de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.52
- Figura 11 - Autovetores, gráfico biplot, por meio da análise de componentes principais dos testes de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), tempo médio de emergência (TME25 – TME30), e análise de imagens, para comprimento total (CT7), comprimento do hipocótilo (CH7), comprimento da raiz (CR7) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH7/CR7) de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.54
- Figura 12 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward com a formação de grupos com base nos dados de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), tempo médio de emergência (TME25 – TME30) e análise de imagens comprimento total (CT14), comprimento do hipocótilo (CH14), comprimento da raiz (CR14) e razão do comprimento do hipocótilo pelo

	comprimento da raiz (CH14/CR14) de nove lotes de sementes de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu.	56
Figura 13 -	Autovetores, gráfico biplot por meio da análise de componentes principais dos testes de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), Tempo médio de emergência (TME25 – TME30) e análise de imagens para comprimento total (CT14), comprimento do hipocótilo (CH14), comprimento da raiz (CR14) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH14/CR14) de nove lotes de sementes de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valores médios da primeira contagem de germinação (PC%), condutividade elétrica (Cond. em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes), viabilidade (TZ%), germinação final (GF%), emergência (E25 – 25 °C), índice de velocidade de emergência (IVE25 – 25 °C), tempo médio de emergência (TME25 – 25 °C), emergência (E30 – 30 °C), índice de velocidade de emergência (IVE30 – 30 °C), tempo médio de emergência (TME30 – 30 °C) para a avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu.30
Tabela 2 -	Quadrados médios (QM), Coeficientes de variação (CV) e significância do F, relativos à porcentagem de plântulas normais avaliadas aos sete e 14 dias após a semeadura, (G7%) e (G14%), de nove lotes de sementes de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu, submetidas a diferentes temperaturas e substratos. 33
Tabela 3 -	Valores médios da porcentagem de germinação de lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, em diferentes temperaturas e substratos (SP – sobre papel; RP – entre papel). 34
Tabela 4 -	Valores médios da porcentagem de plântulas normais de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, submetidas a diferentes temperaturas e semeadas sobre e entre papel na forma de rolo.35
Tabela 5 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos 14 dias, submetidas a diferentes temperaturas..... 38
Tabela 6 -	Valores médios de porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos 14 dias, submetidas a diferentes temperaturas e substratos..... 38
Tabela 7 -	Quadrados médios (QM), Coeficientes de variação (CV) e significância do F, relativos à porcentagem de plântulas normais avaliadas aos sete e 14 dias após a semeadura, (G7%) e (G14%), respectivamente, de nove lotes de sementes de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu, semeadas sobre papel, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.41
Tabela 8 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel e avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas e regimes de luz.42
Tabela 9 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel, avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas e regimes de luz.43
Tabela 10 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel, avaliadas aos 14 dias em diferentes temperaturas e regimes de luz.45
Tabela 11 -	Quadrados médios (QM), Coeficientes de variação (CV) e significância do F, relativos à porcentagem de plântulas normais, avaliadas aos sete e 14 dias após a semeadura, (G7%) e (G14%), respectivamente, de nove lotes de sementes de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu, semeadas entre papel na forma de rolo, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.47
Tabela 12 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, semeadas entre papel na forma de rolo, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.48
Tabela 13 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, semeadas entre papel na forma de rolo, submetidas a diferentes temperaturas.48

Tabela 14 -	Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos 14 dias, semeadas entre papel, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.	49
Tabela 15 -	Correlação entre cada componente principal e os testes de avaliação da qualidade fisiológica de nove lotes de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, avaliadas aos sete dias após a semeadura. Tabela 17 da univariada em anexo.	53
Tabela 16 -	Correlação entre cada componente principal e os testes de avaliação da qualidade fisiológica de nove lotes de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, avaliadas ao catorze dias após a semeadura. Tabela 18 da univariada em anexo	57
Tabela 17 -	Valores médios de primeira contagem de germinação (PC %), condutividade elétrica (Cond. – $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes), germinação final (GF %), emergência 25 e 30 °C (E25 – E30 %), índice de velocidade de emergência 25 e 30 °C (IVE25 - IVE30 °C), tempo médio de emergência 25 e 30 °C (TME25 - 30 °C dias), obtidos pela análise visual.	69
Tabela 18 -	Valores médios do comprimento total (CT 7 – cm), comprimento do hipocótilo (CH 7 – cm), comprimento da raiz (CR 7 – cm) e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH 7/CR 7) de nove lotes de sementes de braquiária obtidos pela análise de imagens, avaliados aos sete dias após a semeadura na temperatura alternada de 20-35 °C.....	69
Tabela 18 -	Valores médios de primeira contagem de germinação (PC %), condutividade elétrica (Cond. – $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes), germinação final (GF %), emergência 25 e 30 °C (E25 – E30 %), índice de velocidade de emergência 25 e 30 °C (IVE25 - IVE30 °C), tempo médio de emergência 25 e 30 °C (TME25 - 30 °C dias), obtidos pela análise visual.	70
	Valores médios do comprimento total (CT 14 – cm), comprimento do hipocótilo (CH 14 – cm), comprimento da raiz (CR 14 – cm) e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH 14/CR 14) de nove lotes de sementes de braquiária obtidos pela análise de imagens, avaliados aos 14 dias após a semeadura na temperatura alternada de 20-35 °C.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	O gênero <i>Brachiaria</i>	14
2.2	Qualidade de sementes forrageiras	15
2.3	Aspectos que influenciam a germinação e o vigor	18
2.3.1	Temperatura	18
2.3.2	Luz	19
2.3.3	Substrato	20
2.4	Análise de imagens de plântulas	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	61
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa papel relevante como exportador de carne bovina, e as pastagens, formadas por espécies forrageiras, constituem a base da alimentação animal. O país é considerado o maior consumidor, produtor e exportador mundial de sementes forrageiras. As exportações dessas sementes do gênero *Brachiaria*, em especial, a espécie *Brachiaria brizantha*, que tem sido a opção da maioria dos produtores por sua adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, altas produtividades e resistência a cigarrinha-das-pastagens, é a mais utilizada pelos pecuaristas.

As sementes de *Brachiaria* spp. devem atender aos padrões mínimos de qualidade para serem produzidas e comercializadas. O potencial fisiológico dessas sementes pode ser avaliado pelo teste de germinação ou tetrazólio, que nem sempre reflete o comportamento das sementes no campo. O teste de germinação é realizado em condições ótimas e demanda um tempo, para a obtenção dos resultados, considerado longo pelos produtores, para as tomadas de decisões, em relação ao destino dos lotes. Já o teste de tetrazólio pode superestimar o potencial das sementes, pois uma semente viável pode ou não formar uma plântula normal.

Nesse sentido, testes mais sensíveis, como os testes de vigor, podem detectar fases menos avançadas de deterioração das sementes. Porém, há limitações, como o tempo gasto e a subjetividade na avaliação, além da demanda de pessoal qualificado para a realização das análises. Assim, técnicas mais modernas à avaliação da qualidade de maneira rápida e precisa têm sido investigadas. A International Seed Testing Association – ISTA (2004) recomenda alguns testes, como o de crescimento de plântulas avaliadas, por meio da análise computadorizada, para espécies como o milho, com a finalidade de minimizar a subjetividade e facilitar a padronização do teste de vigor.

Para as sementes de espécies forrageiras, torna-se necessária a identificação e padronização de testes que sejam eficientes e possibilitem a classificação correta de lotes, em função dos diferentes níveis de vigor e que possam ser amplamente utilizados no controle de qualidade das empresas desse setor. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma metodologia rápida e eficiente, para avaliar o vigor de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, utilizando-se dos testes convencionais e de análise de imagens.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O GÊNERO *BRACHIARIA*

O gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb é pertencente à tribo *Paniceae*, subfamília *Panicoideae*, família *Poaceae*. Engloba, aproximadamente 100 espécies, as quais estão distribuídas em regiões tropicais e subtropicais de vários continentes, em especial, no Africano (ARROYAVE et al., 2013). Atualmente esse gênero pode ser denominado taxonomicamente como *Urochloa*, pois alguns autores questionam a validade do nome *Brachiaria* (TORRES GONZÁLES; MORTON, 2005).

Entre as espécies, a *B. brizantha* é a de maior utilização e de área cultivada no Brasil, sendo o cultivar Marandu o que se destaca em termos de volume de produção (MILES; VALLE, 1996; VALLE et al., 2010).

O gênero *Brachiaria*, segundo Silva e Ferrari (2012), é uma gramínea perene, de caule subterrâneo do tipo rizoma, planta cespitosa, apresentando folhas com lâminas lineares lanceoladas, pilosas na fase ventral e glabras na fase dorsal e pelos na porção apical dos entrenós e bainhas; as porções laminares são largas e longas, com pubescência somente na fase inferior.

No Brasil, a introdução das espécies do gênero iniciou-se de maneira involuntária, durante a época colonial, quando plantas eram utilizadas como leito para escravos em navios negreiros (NANI, 2015, p. 17). A partir do ano de 1952, oficializou-se a introdução da *Brachiaria* spp. no país pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN), sendo a *B. decumbens* a primeira espécie introduzida (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006). A partir de 1965, após importações de elevadas quantidades de sementes de *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha*, o gênero obteve reconhecimento, nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do país. A Embrapa gado de corte dispõe de uma grande coleção de acessos a esse gênero, sendo responsável pelos principais programas de melhoramento genético dessas espécies (ALVIM; BOTREL; XAVIER, 2002).

Em relação às importações das pastagens de gramíneas forrageiras, são realizadas, em sua maioria, mediante o uso de sementes, as quais, sendo de baixa qualidade, podem comprometer a formação das pastagens e causar prejuízos aos produtores rurais e pecuaristas nos campos de produção (PARMEJANI; SILVA; MELLO, 2014).

2.2 QUALIDADE DE SEMENTES FORRAGEIRAS

A qualidade das sementes utilizadas é um dos aspectos primordiais, para o sucesso das lavouras agrícolas, que afetam o rendimento e a qualidade do produto final (BOLIGON; LÚCIO; GARCIA, 2010). Nesse contexto, a produção e a comercialização de sementes forrageiras de clima tropical são constituídas pela Instrução Normativa nº 30, de 21 de maio de 2008, ao estabelecer normas e padrões para a produção e a comercialização de sementes de espécies forrageiras de clima tropical (BRASIL, 2008). Atualmente o padrão mínimo de comercialização, para sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf, para pureza nas categorias básicas C1 e C2, é de 80% e, nas categorias S1 e S2, é de 60%. No caso da germinação independente da categoria, é estabelecido o padrão mínimo de 60%.

De modo geral, as sementes de gramíneas forrageiras apresentam baixa qualidade física e fisiológica, quando comparadas às de grandes culturas (TOMAZ et al., 2010). Essa baixa qualidade pode ser atribuída à desuniformidade de maturação das sementes na planta e à colheita por varredura, uma vez que ocorre mistura de terra com as sementes após a degrana natural (HESSEL et al., 2012).

A colheita de sementes de braquiária pode ser realizada em cacho, mas pela alta porcentagem de sementes imaturas e mal formadas, os produtores têm preferência pelo método de varredura (NERY et al., 2012). Apesar de possibilitar lotes de sementes com elevadas quantidades de impurezas, como espiguetas vazias, cariopses parcialmente desenvolvidas, imaturas, torrões, pedra, sementes de plantas daninhas e palha, a colheita por varredura prejudica de maneira direta a qualidade física e sanitária das sementes (HESSEL et al., 2012; MELO et al., 2016); esse tipo de colheita permite alcançar alta germinação e vigor, promovendo estabelecimento rápido e uniforme das plântulas (QUADROS et al., 2012).

A qualidade dos lotes de sementes de braquiária é analisada em laboratório por meio de testes que fornecem informações sobre o potencial fisiológico e físico dos lotes (PESKE; VILELLA; MENEGHELLO, 2012; MARCOS FILHO, 2015). As metodologias, para a determinação desses aspectos, estão apresentadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Com base nelas, obtém-se conhecimento, para fins de semeadura, armazenamento e comercialização das sementes, para uma ampla quantidade de espécies vegetais.

Entre os testes estabelecidos e bastante utilizados, para determinar o potencial de germinação e de viabilidade das sementes forrageiras em laboratórios, destacam-se o teste de germinação e de tetrazólio, respectivamente, porém o teste de germinação é demorado, sendo

necessários 21 dias para a obtenção dos resultados. Nessa lógica, o teste de tetrazólio é uma alternativa disponível, a fim de determinar a viabilidade em menor tempo, sendo realizado no máximo em 24 h, o que resulta em uma agilidade no processo de tomada de decisão. Além disso, o teste pode ser utilizado, para determinar a quantidade de sementes dormentes de braquiária presentes, no final do teste de germinação, o que melhora o nível de informações da qualidade dos lotes de sementes (DIAS; ALVES, 2008; PEREIRA et al., 2017; SILVA; LANDGRAF; MACHADO, 2013).

No entanto, o emprego, de modo geral, das sementes forrageiras tropicais é dificultado e entre as causas está a presença da dormência que, impedindo a germinação, prejudica diretamente o estabelecimento uniforme da pastagem (ALMEIDA; SILVA, 2004; CARVALHO; AGUIAR; SOUSA, 2015). Entende-se por dormência o fenômeno em que as sementes viáveis não germinam mesmo em condições ambientais favoráveis (CARVALHO; AGUIAR; SOUSA, 2015; TAIZ et al., 2017; VELA et al., 2018).

Além do potencial de germinação, a qualidade fisiológica das sementes também está ligada ao seu vigor. De acordo com a Association of Official Seed Analysts - AOSA (2009), a definição de vigor de semente compreende aquelas propriedades que determinam o potencial, para uma emergência rápida e uniforme ao desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla faixa de condições ambientais.

Quando se tem disponibilidade de diferentes lotes de sementes, torna-se interessante conhecer a qualidade fisiológica de cada um. Dessa maneira, testes como o de germinação, isoladamente, podem ser pouco eficientes, para estimar a emergência em campo, onde as condições nem sempre são favoráveis (BHERING et al., 2003). Dessa forma, os testes de vigor costumam ser utilizados para complementar as informações quanto ao potencial fisiológico dos lotes de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015; ROCHA; SILVA; CICERO, 2015).

De modo geral, esses testes não possuem uma metodologia padronizada, sendo adaptada para cada espécie. Apesar de ainda não estarem inseridas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), eles são utilizados pelas empresas produtoras de sementes, para determinação do seu potencial fisiológico, a fim de fortalecer as tomadas de decisões com relação ao destino dos lotes (MARCOS FILHO, 2015). No geral, os programas de controle de qualidade na produção de sementes de uma determinada espécie devem incluir o vigor como característica a ser avaliada (CARNEIRO, 2011, p. 24).

Com finalidade de avaliar o vigor das sementes, podem ser utilizados diversos testes capazes de detectar, com maior precisão, os avanços da deterioração e do potencial fisiológico

das sementes, permitindo diferenciar lotes de poder germinativo semelhante (MENDONÇA et al., 2014). Estes testes podem ser físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência a estresse (MARCOS FILHO, 2015), sendo que, para sementes de *B. brizantha*, os testes comumente aplicados são de envelhecimento acelerado (DIAS et al., 2004), primeira contagem, índice de velocidade de germinação (SILVA et al., 2017) e emergência em campo (CARDOSO et al., 2014).

Os testes que avaliam o crescimento de plântulas são sugeridos pelas duas associações mundiais de tecnologia de sementes (AOSA – Association of Official Seed Analysts e ISTA - International Seed Testing Association). Pelo manual de vigor da ISTA (HAMPTON; TEKRONY, 1995), considera-se o número de sementes colocadas para germinar, enquanto pela AOSA (2009) o número de plântulas normais mensuradas (cm por plântula normal). No segundo caso, deve-se, na interpretação do vigor do lote, não analisar apenas os resultados do comprimento da plântula ou parte dela, mas também os valores da germinação, pois alguns lotes podem apresentar germinação menor, produzindo plântulas com maior tamanho médio e vice-versa, para evitar interpretações errôneas do vigor dos lotes. Pelo procedimento da ISTA, com a divisão pelo número de sementes colocadas, evita-se, em parte, esse erro.

A metodologia no teste de crescimento de plântulas baseia-se em aferir o comprimento de cada plântula normal com o auxílio de uma régua graduada em milímetros ou paquímetro, sendo um método considerado subjetivo e demorado (LIMA et al., 2014). Nessa perspectiva, os tecnólogos de sementes têm buscado aprimorar as metodologias ou incluir alternativas inovadoras aos testes, como a análise computadorizada, embora os utilizados na rotina dos laboratórios estejam consolidados e gerem resultados confiáveis (MARCOS FILHO, 2015).

Para a condução do teste de comprimento de plântulas, são recomendadas as mesmas condições de ambiente utilizadas no teste de germinação preconizadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Contudo não é possível obter plântulas de braquiária normais com todas as suas estruturas intactas, pois elas são semeadas sobre papel e, durante a germinação, observa-se que as raízes podem penetrar no substrato, dificultando a aferição das características morfológicas a serem avaliadas.

Ainda com relação à determinação da qualidade fisiológica de sementes, no que diz respeito ao vigor e à germinação, diferentes fatores podem influenciar a germinação das sementes, a qual é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião e manifesta a sua capacidade de originar uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis (AOSA, 2009).

A germinação é regulada por fatores internos e externos (BATISTA et al., 2015). Os internos são os intrínsecos das sementes, como longevidade, viabilidade, dormência e reguladores hormonais; os fatores externos dizem respeito às condições ambientais, como a temperatura, a luz, a disponibilidade de oxigênio e a disponibilidade de água (ALVES; SILVA; CÂNDIDO, 2015; GALINDO et al., 2012; MACIEL et al., 2013; MARCOS FILHO, 2015).

2.3 ASPECTOS QUE INFLUENCIAM A GERMINAÇÃO E O VIGOR

2.3.1 TEMPERATURA

No processo de germinação, a temperatura é considerada um fator determinante, que age de maneira direta ou indireta sobre a viabilidade das sementes, a superação da dormência, a deterioração, a velocidade de absorção de água e as reações bioquímicas do processo de germinação, afetando, conseqüentemente, tanto a velocidade e a uniformidade de germinação, como a germinação total (CASTRO; HILHORST, 2004; CHIODINI; CRUZ-SILVA, 2013; RODRIGUES et al., 2010).

Para as diferentes espécies, as sementes não conseguem germinar sobre temperaturas extremas (acima e/ou abaixo da temperatura ótima), uma vez que a germinação ocorre somente dentro destes limites de temperatura e será mais rápida e eficiente quanto mais tempo permanecer próxima ao valor ótimo para cada espécie (KOEFEENDER et al., 2009; RODRIGUES et al., 2010).

A temperatura ótima, para a ocorrência da germinação, pode variar em função da condição fisiológica da semente, podendo ser diferente para sementes recém-colhidas e para sementes mais velhas, dentro da mesma espécie (MACHADO; CÍCERO, 2002). Em algumas espécies, pode-se observar maior porcentagem de germinação em temperaturas constantes em relação a temperaturas alternadas e vice-versa.

Em seu habitat natural, as sementes não são expostas a temperaturas constantes, por isso, o uso de temperaturas alternadas no laboratório pode simular essa condição ambiental. As Regras, para a Análise de Sementes (BRASIL, 2009), recomendam, no mínimo, 8 horas na temperatura mais alta de 35 °C e 16 horas na temperatura mais baixa de 20 °C, ao se empregar temperaturas alternadas. Em trabalhos realizados por Chiodine e Cruz Silva (2013), que testaram as temperaturas de 10, 25 e 40 °C, foi observado que temperaturas constantes de 25 °C seriam mais indicadas para a germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv.

Marandu. Já Carneiro (1994, p. 185), trabalhando com temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35, concluiu que a variação da temperatura tem grande influência na porcentagem de germinação de sementes *Brachiaria brizantha* cv. Marandu obtida. Alternância de temperatura (15-35 e 20-35 °C) foi estudada por Gaspar-Oliveira et al. (2008) os quais concluíram que a melhor temperatura foi a de 20-35 °C para a germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Machado e Cícero (2002) mencionam que, normalmente, sementes de espécies de clima tropical germinam bem em temperaturas mais altas, ao contrário daquelas de clima temperado, que requerem temperaturas mais baixas. Segundo Nassif, Vieira e Fernandes (1998), para a maioria das espécies tropicais, a temperatura ótima de germinação encontra-se na faixa entre 15 e 30 °C, podendo variar de acordo com as temperaturas de sua região de origem.

Para determinadas espécies, o desempenho germinativo das sementes é favorecido por temperaturas constantes, como em *Zea mays*. (CARVALHO et al., 2017), por alternância de temperatura, a exemplo de diferentes espécies do gênero *Digitaria*: *D. horizontalis* Willd., *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem. & Schult., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel. e *Digitaria insularis* (L.) Fedde (MONDO et al., 2010) e, por insensibilidade ao regime de temperatura utilizado, como foi observado nas sementes de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala* (RODRIGUES et al., 2010).

Apesar da importância desse fator para a germinação das sementes, foram encontrados, na literatura, poucos trabalhos que avaliaram o efeito da temperatura na germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Dessa forma, é necessário pesquisas para obter informações sobre o comportamento germinativo de sementes dessa espécie avaliando diferentes temperaturas.

2.3.2 LUZ

A luz é um dos principais fatores ambientais que influencia a germinação de sementes, desde que haja disponibilidades dos demais fatores, como água, temperatura, oxigênio (KOBORI et al., 2009). A presença da luz pode ter consequências tanto em estimular, quanto em inibir a germinação, dependendo da qualidade, intensidade e do tempo ao qual as sementes foram submetidas (KOEFFENDER et al., 2009).

O requerimento de luz pelas sementes é distinto entre as espécies, e o termo fotoblastismo tem sido usado, para agrupar as sementes em diferentes categorias, dependendo

das suas exigências, como: fotoblásticas positivas, negativas e neutras; as primeiras necessitam de luz para germinar, sendo que as negativas germinam melhor com restrição de luz e as neutras germinam independente da presença ou ausência de luz (PASCUALI et al., 2012; REIS et al., 2014). Durante o teste de germinação, a iluminação, de maneira geral, é recomendada com a finalidade de propiciar o desenvolvimento das estruturas essenciais das plântulas, facilitando a avaliação e diminuindo a possibilidade de ataque de microrganismos (BRASIL, 2009).

Nas sementes, os fitocromos são os responsáveis por perceber e capturar os sinais luminosos que são transformados em sinais internos (GODOI; TATAKI, 2005). Dentre os sinais internos desencadeados, são conhecidos os mecanismos que sinalizam, para a biossíntese de hormônios vegetais, como giberelinas e ácido abscísico (promotor e inibidor da germinação de sementes) (FINCH-SAVAGE; FOOTITT, 2012; TAIZ et al., 2017).

Estão disponíveis, na literatura, indicações da necessidade de luz para a germinação de espécies como *Digitaria horizontalis* (MONDO et al., 2010), *Steinchisma decipiens* (BRUM et al., 2017), *Brachiaria decumbens* Stapf. (CAVALCANTI FILHO; SILVA, 2018) entre outras. Em contrapartida, espécie como *Echinochloa crusgalli* var. *crusgalli* (BASTIANI et al., 2015) germina tanto na presença como na ausência de luz.

2.3.3 SUBSTRATO

Com relação ao substrato, assim como aos fatores anteriormente citados, a sua escolha apresenta-se como um fator que influencia na condução dos testes, a exemplo da germinação de sementes, o que pode favorecer ou prejudicar o processo (PILAU et al., 2012). De acordo com Azerêdo, Paula e Valeri (2011), o substrato tem como finalidade proporcionar às sementes condições favoráveis para a germinação, bem como dar suporte físico ao desenvolvimento da plântula.

Na escolha do substrato, algumas características devem ser levadas em consideração, como densidade, capacidade de absorção e retenção de água, aeração e drenagem, ausência de pragas, de doenças e de substâncias tóxicas, mas também o tamanho da semente e sua exigência em relação à água e luz (AZERÊDO; PAULA; VALERI, 2011; HONÓRIO et al., 2011). Além disso, o substrato deve possibilitar a realização das contagens e as avaliações das plântulas durante o teste de germinação (BRASIL, 2009; HONÓRIO et al., 2011).

Dentre os substratos mais comumente utilizados e prescritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), estão o papel (toalha, mata-borrão e o de filtro), a areia e o

solo, com uma ressalva para o substrato de solo que pelas dificuldades de se obter estoques padronizados, esse material não é recomendado, preferencialmente, como substrato nos testes de rotina em laboratórios, contudo pode ser empregado para a avaliação de problema de fitotoxidez.

Segundo Coimbra et al. (2007), durante o teste de germinação, os substratos devem permanecer úmidos de forma suficiente, para garantir que o processo de germinação ocorra de maneira plena, pois a deficiência de água dificulta a continuidade dos processos bioquímicos, físicos e fisiológicos, que determinam a retomada do crescimento do embrião. Entretanto a umidade em excesso deve ser evitada, visto que pode limitar a aeração e prejudicar a germinação; restrições de oxigênio podem provocar atraso ou paralisação no desenvolvimento das plântulas ou, ainda, a ocorrência de anormalidades, como a ausência de raízes e a formação de plântulas hialinas.

Embora seja indicada, a adição subsequente de água, durante a condução do teste, deve ser evitada sempre que possível, uma vez que pode provocar um aumento na variabilidade entre as repetições e entre os testes. O analista deve tomar medidas, para garantir a umidade nos substratos, devendo, caso haja necessidade, adicionar água (BRASIL, 2009; ISTA, 2004).

Em pesquisas com sementes, alguns autores estudaram a influência do substrato na germinação. Oliveira et al. (2016) observaram que os substratos de papel toalha (germitest) e areia são adequados para a condução do teste de germinação de sementes de *Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto, quando comparados aos substratos mata-borrão e vermiculita. Os substratos areia e vermiculita foram recomendados por Lima et al. (2011) como os mais adequados para a condução dos testes de germinação para sementes de *Caesalpinia pyramidalis*.

No entanto pesquisas que investiguem a influência do substrato na germinação de sementes de braquiária ainda são escassas na literatura, o que dificulta a condução dos testes de germinação.

2.4 ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS

A análise de imagens digitais é uma técnica computadorizada que se baseia no reconhecimento da cena, para a geração de características dimensionais, como, por exemplo, áreas ou comprimentos de objetos, ou atributos, como padrões de cores e texturas, cujas características são mensuradas, por meio de métodos de contagem ou frequência dos

elementos que geram a imagem, denominadas de pixels (TEIXEIRA; CÍCERO; DOURADO NETO, 2006).

Considerando a grande exigência de tempo, subjetividade e variabilidade entre os resultados de testes de vigor em sementes, consequência da interferência humana, os pesquisadores do ramo da tecnologia de sementes buscam automatizar os testes, por meio da análise computadorizada de imagens (HOFFMASTER et al., 2003), que possibilita rapidez na avaliação dos testes e mais precisão nos resultados (MARCOS FILHO, 2015).

A exemplo do uso de análises de imagens, na determinação do vigor em sementes, em 2001, pesquisadores da Universidade Estadual de Ohio-OSU, nos Estados Unidos, desenvolveram um sistema computacional de análise de imagens de plântulas, o Seed Vigor Imaging System – SVIS, que, por meio do processamento das imagens digitalizadas, calcula índices que se baseiam no crescimento e uniformidade inicial das plântulas. Inicialmente, esse sistema foi usado em plântulas de alface, porém foi adaptado com sucesso para avaliação do vigor de sementes de diferentes espécies, como *Crotalaria juncea* (SILVA et al., 2012), *Cucumis sativus* (CHIQUITO; GOMES JUNIOR; MARCOS FILHO, 2012), *Solanum melongena* (SILVA; CÍCERO, 2014), *Helianthus annuus* (ROCHA; SILVA; CÍCERO, 2015), *Zea mays* (ALVARENGA; MARCOS FILHO; GOMES JUNIOR, 2012; DIAS et al., 2015; PINTO et al., 2015), *Arachis hypogea* (BARBOSA et al., 2016; MARCHI; CÍCERO; GOMES JUNIOR, 2011) e *Glycine max* (WENDT et al., 2014).

No Brasil, no ano de 2011, a empresa Tbit Tecnologia e Sistemas desenvolveu um sistema de análise de imagens, denominado inicialmente de Sistema de Análise de Sementes (SAS) e, atualmente é conhecido como GroundEye®, que analisa individualmente as imagens das plântulas e sementes, fornecendo informações de cor, textura e geometria das sementes e também índices de crescimento, uniformidade e vigor de plântulas (PINTO et al., 2015), porém não existem pesquisas de que ele possa ser utilizado como uma ferramenta de avaliar vigor de sementes de braquiária. Na literatura, estão documentados alguns estudos, envolvendo a análise de imagens com resultados promissores. Pinto et al. (2015) verificaram diferenças no potencial fisiológico de sementes de milho, por meio da análise de imagens, da mesma forma que Andrade (2017, p. 20) estabeleceu metodologias de análise de imagens, para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tabaco.

O mesmo sistema foi objeto de estudo para sementes de café, conforme estudos desenvolvidos por Abreu et al. (2016) que avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de café submetidas a diferentes níveis de secagem e estimaram, por meio da análise de imagens, o vigor de plântulas. Outro exemplo da utilização da análise de imagens são os estudos

desenvolvidos por Ávila (2017, p. 36), que concluiu que, por meio dessa técnica, foi possível distinguir lotes de soja de diferentes níveis de vigor, ao utilizar plântulas obtidas aos quatro dias após a semeadura e que existe uma correspondência entre os resultados dos testes tradicionais.

Os sistemas que utilizam imagens de plântulas têm demonstrado resultados positivos, na avaliação do potencial fisiológico das sementes, porém, para sementes de espécies forrageiras, como as de braquiária, ainda carecem de estudos e o desenvolvimento de metodologias capazes de avaliar de forma eficiente as plântulas e, em consequência, o vigor das sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, no período de março a julho de 2018.

Determinação do perfil dos lotes

Foram utilizados nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu produzidos no estado de Mato Grosso na safra de 2016/2017. As sementes puras foram previamente submetidas à assepsia com hipoclorito de sódio (1%), permanecendo em contato com a solução, durante cinco minutos, em seguida, foram lavadas com água corrente e secadas à sombra em ambiente de laboratório. Após a assepsia, a qualidade fisiológica das sementes dos diferentes lotes foi determinada pelos testes e determinações.

Determinação do grau de umidade: foi realizada pelo método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de cada lote e os resultados expressos em porcentagem.

Teste de germinação: foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por lote. A semeadura foi realizada sobre duas folhas de papel tipo mata-borrão de coloração branca, umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis, dispostas em caixas de acrílico tipo gerbox, mantidas em B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) com temperatura alternada de 20-35 °C (BRASIL, 2009), sob fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro.

As avaliações de plântulas normais foram realizadas, de acordo com os critérios estabelecidos pela RAS, ao sétimo dia após a semeadura, para a **primeira contagem de germinação (PCG)** e, ao vigésimo primeiro dia, além de uma contagem intermediária no décimo quarto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Teste de tetrazólio: foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por lote. As sementes foram pré-embebidas entre papel de filtro umedecido com 2,5 vezes o peso do papel em água destilada e mantidas em germinador com temperatura a 30 °C por 18 horas. Decorrido esse período, as sementes foram cortadas longitudinalmente com auxílio de pinça e bisturi.

A coloração foi efetuada com solução de 0,5% de cloreto 2-3-5 trifenil tetrazólio, em frascos escuros e mantidos em câmara de germinação do tipo B.O.D. com temperatura de 30 °C por 3 horas (BRASIL, 2009).

As sementes foram avaliadas, considerando-se a localização e a intensidade da coloração de suas estruturas em sementes viáveis e não viáveis.

Teste de emergência: foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por lote. A semeadura foi realizada em substrato composto da mistura de terra e areia na proporção volumétrica de 2:1, em bandejas plásticas e umedecidas com 60% da sua capacidade de retenção de água. As bandejas foram mantidas em dois ambientes com temperaturas controladas de 25 e 30 °C, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas emergidas ao vigésimo primeiro dia após a semeadura.

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

Tempo médio de emergência (TME): foi determinado, concomitante, ao teste de emergência. Para o cálculo, foi utilizada a fórmula proposta por Labouriau (1983) e os resultados expressos em dias.

Condutividade elétrica de massa: foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 100 sementes por lote. As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em 50 ml de água deionizada em copo plástico descartável e mantidas em B.O.D com temperatura de 25 °C por 24 horas. Após o período de embebição, procedeu-se à leitura da condutividade elétrica, por meio do condutivímetro MS TECNOPON®, modelo mCA 150, sendo os resultados expressos em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes.

Procedimento estatístico: foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância, verificadas as pressuposições estatísticas de normalidade, homogeneidade e independência. As médias foram agrupadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, usando o software Sisvar (FERREIRA, 2011b).

Após a determinação da qualidade inicial dos lotes, foram realizados experimentos para adequação metodológica da avaliação do vigor das sementes.

Experimento 1 – Adequação da temperatura e substrato para a redução do período de germinação de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu

Foram utilizados os nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu previamente avaliados pelos métodos anteriores. As sementes puras foram submetidas à assepsia com hipoclorito de sódio (1%), por cinco minutos e secadas à sombra em ambiente de laboratório. Para a comparação dos substratos, foram usados dois tipos, sendo o recomendado pelas RAS

(2009) e outro que possibilitasse o desenvolvimento radicular mais regular – entre papel, na forma de rolo.

Substrato sobre papel: foi conduzida com a semeadura sobre duas folhas de papel tipo mata-borrão de coloração branca umedecida com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis e colocadas em caixas de acrílico tipo gerbox.

Substrato entre papel: foi conduzida com a semeadura sobre duas folhas de papel tipo germitest® (28 x 19 cm) de coloração branca umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis, cobertas com uma terceira folha, posteriormente os papéis em formato de rolo foram acondicionados em recipientes (500 ml), para manter a posição vertical na B.O.D. e em sacos plásticos para conservar a umidade dos rolos de papel (FIGURA 1).

Figura 1 - Rolos acondicionados em recipientes e sacos plásticos.



Fonte: Do autor (2019).

As sementes dos dois substratos foram mantidas em germinadores do tipo B.O.D. nas temperaturas constantes: 20, 25, 30, 35 °C e alternada 20 – 35 °C, sob fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro.

As avaliações foram efetuadas ao sétimo dia, para a **primeira contagem de germinação (G7)** e, **ao décimo quarto dia (germinação ao 14 dia – G14)**, após a semeadura, computando-se, ao final de cada período de avaliação, o número de plântulas normais e a viabilidade das sementes remanescentes por meio do teste de tetrazólio. Os resultados expressos em porcentagem.

Procedimento estatístico: foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em esquema fatorial 9x5x2, sendo 9 lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, 5 temperaturas (constantes: 20, 25, 30, 35 °C e alternada 20 – 35 °C) e 2 tipos de substrato (sobre papel e entre papel). Os dados foram submetidos à análise de variância, verificadas as pressuposições estatísticas de normalidade, homogeneidade e independência. As médias foram agrupadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, usando o software Sisvar (FERREIRA, 2011b).

Experimento 2 - Germinação de sementes de braquiária em diferentes regimes de luz e temperatura semeadas sobre papel e em rolo de papel

Para avaliar o efeito da luz, foram realizados dois ensaios, separadamente: Ensaio 1 – sobre papel e ensaio 2 - entre papel.

Ensaio 1

Após assepsia, a germinação das sementes dos nove lotes foi determinada na ausência e presença de luz em substrato sobre papel.

A germinação foi conduzida com a semeadura sobre duas folhas de papel tipo mata-borrão de coloração branca umedecida com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis e colocadas em caixas de acrílico tipo gerbox.

As sementes foram mantidas em câmaras de germinação do tipo B.O.D. nas temperaturas constantes: 20, 25, 30, 35 °C e alternada 20 – 35 °C, sob fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro (presença de luz) e 24 h de escuro (ausência de luz).

A germinação das sementes foi avaliada como descrito no experimento 1.

Procedimento estatístico: foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em esquema fatorial 9x5x2, sendo 9 lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, 5 temperaturas (constantes: 20, 25, 30, 35 °C e alternada 20 – 35 °C) e 2 regimes de luz (presença e ausência). Os dados foram submetidos à análise de variância,

verificadas as pressuposições estatísticas de normalidade, homogeneidade e independência. As médias foram agrupadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, usando o software Sisvar (FERREIRA, 2011b).

Ensaio 2

Após a assepsia, a germinação das sementes dos nove lotes foi determinada na ausência e presença de luz em substrato entre papel.

A germinação foi conduzida com a semeadura sobre duas folhas de papel tipo germitest® (28 x 19 cm) de coloração branca umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca dos papéis, cobertas com uma terceira folha, posteriormente os papéis em formato de rolo foram acondicionados em recipientes (500 ml), para manter a posição vertical na B.O.D. e em sacos plásticos para conservar a umidade dos rolos de papel.

As sementes foram mantidas em germinadores do tipo B.O.D. nas temperaturas constantes: 20, 25, 30, 35 °C e alternada 20 – 35 °C, sob fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro (presença de luz) e 24 h de escuro (ausência de luz).

A germinação das sementes foi avaliada como descrito no experimento 1.

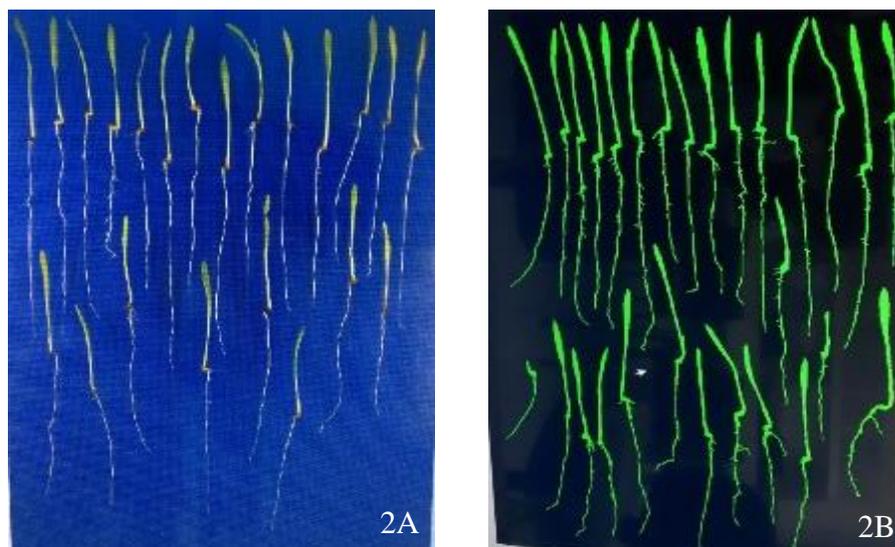
Procedimento estatístico: foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em esquema fatorial 9x5x2, sendo 9 lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, 5 temperaturas (constantes: 20, 25, 30, 35 °C e alternada 20 – 35 °C) e 2 regimes de luz (presença e ausência). Os dados foram submetidos à análise de variância, verificadas as pressuposições estatísticas de normalidade, homogeneidade e independência. As médias foram agrupadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, usando o software Sisvar (FERREIRA, 2011b).

Experimento 3 – Análise de imagem de plântulas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu obtidos aos sete e quatorze dias após a semeadura

Após análise comparativa dos resultados de germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em diferentes substratos, temperaturas e luminosidade que proporcionassem avaliações mais rápidas das plântulas normais, estabeleceu-se um critério que permitisse uma análise mais precisa da qualidade fisiológica, utilizando-se a análise de imagens. Para isso, foram avaliadas as plântulas normais de nove lotes mantidas na temperatura alternada de 20-35 °C na presença de luz e com semeadura entre papel na forma de rolo.

Para a captura e análise das imagens, utilizou-se o equipamento GroundEye®, versão S800. As plântulas normais foram removidas do papel de germinação e dispostas na bandeja de acrílico, evitando-se sobreposições (FIGURA 2).

Figura 2 - Plântulas de *B. brizantha* cv. Marandu dispostas na bandeja de acrílico do módulo de captura (2A) e o esqueletamento obtido pelo Software - (2B).



Fonte: Do autor (2019).

Na configuração inicial para a calibração da cor de fundo, foi utilizado o modelo de cor CIEL*a*b, com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -32,0 a 36,2 e dimensão “b” de -24,1 a -6,1. O tamanho mínimo de reconhecimento do objeto foi de 0,053 cm².

A análise das imagens foi realizada, automaticamente, com correções de falhas na identificação das partes das plântulas pelo software, e os valores médios das características das plântulas foram extraídas do software. Foram avaliadas as características, como o comprimento da raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento total da plântula (CP) e a razão do comprimento da raiz pelo comprimento do hipocótilo (CR/CH).

Procedimento estatístico: após padronização das variáveis utilizadas na caracterização inicial e da análise de imagens, foi realizada a análise multivariada, sendo que cada uma das variáveis ficou com média de 0 e variância 1. A análise pelo método hierárquico foi realizada, calculando-se a distância euclidiana e pelo algoritmo de Ward para a obtenção dos agrupamentos similares e a análise de componentes principais foi baseada nos grupos de Ward (FERREIRA, 2011a; JOHNSON; WICHERN, 1998). As análises multivariadas foram processadas no programa R (R CORE TEAM, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação do perfil dos lotes

Os teores de água das sementes variaram de 10,81 a 12,05 %. Os valores observados estão de acordo com o recomendado para sementes amiláceas, isso é indispensável para que se possam alcançar resultados consistentes na avaliação do potencial fisiológico das sementes (OLIVEIRA et al., 2014; SENA; ALVES; MEDEIROS, 2015).

Diferenças no potencial fisiológico, entre os lotes com relação ao vigor das sementes, foi detectada pelos testes de primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (Cond.) e tempo médio de emergência (TME25 – 25 °C). No entanto cada teste ranqueou de forma diferente os lotes em relação ao vigor, porém classificando-os em dois níveis, diferindo conforme a análise estatística (TABELA 1).

Tabela 1 - Valores médios da primeira contagem de germinação (PC%), condutividade elétrica (Cond. em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes), viabilidade (TZ%), germinação final (GF%), emergência (E25 – 25 °C), índice de velocidade de emergência (IVE25 – 25 °C), tempo médio de emergência (TME25 – 25 °C), emergência (E30 – 30 °C), índice de velocidade de emergência (IVE30 – 30 °C), tempo médio de emergência (TME30 – 30 °C) para a avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.

Lote	TZ	GF	PC	Cond.	E25	IVE25	TME25	E30	IVE30	TME30
1	85 a	67 a	58 a	48,27 a	63 a	5,36 a	6,08 a	43 a	3,31 a	6,78 a
2	81 a	56 a	47 a	52,25 b	54 a	4,12 a	7,25 b	36 a	3,18 a	6,20 a
3	74 a	48 a	39 b	53,47 b	57 a	4,82 a	6,18 a	37 a	3,55 a	5,78 a
4	80 a	61 a	48 a	50,66 b	57 a	4,82 a	6,15 a	42 a	3,45 a	7,24 a
5	83 a	59 a	53 a	47,13 a	63 a	5,29 a	6,52 b	40 a	3,52 a	6,65 a
6	83 a	63 a	48 a	46,58 a	55 a	4,47 a	6,57 b	36 a	3,12 a	7,30 a
7	76 a	57 a	36 b	46,83 a	65 a	5,74 a	5,95 a	50 a	4,76 a	6,06 a
8	78 a	54 a	42 b	50,40 b	59 a	4,87 a	6,75 b	49 a	4,35 a	6,39 a
9	79 a	58 a	41 b	55,98 b	63 a	5,06 a	6,98 b	39 a	3,54 a	6,33 a
CV (%)	6,52	12,34	16,98	6,68	16,14	16,14	6,33	30,4	37,99	16,5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Apesar de poucos lotes atenderem os valores mínimos de germinação, para comercialização de 60 % (BRASIL, 2008), não foram observadas diferenças estatísticas entre os valores de germinação aos 21 dias. Em relação à viabilidade das sementes pelo teste de tetrazólio (TABELA 1), apesar de não diferirem entre si, os lotes atenderam o padrão mínimo para comercialização. Diferenças entre os resultados de germinação e de viabilidade, em

sementes de braquiária, são esperadas já que pode ocorrer, principalmente, pela presença de dormência, usual nesta espécie.

Resultados contrastantes entre a germinação e a viabilidade também foram obtidos por Pereira et al. (2017) e por Ragonha, Oliveira e Silva (2018), de forma semelhante ao observado neste estudo. Esses autores constataram que o teste de viabilidade superestima a germinação de sementes do gênero *Brachiaria*, sendo como principal causa a dormência das sementes.

Nas avaliações de vigor, em que foram detectadas diferenças significativas (primeira contagem de germinação, condutividade elétrica e tempo médio de emergência à temperatura constante de 25 °C) entre os lotes; houve coerência, ao apontar os lotes 8 e 9 como os de pior qualidade fisiológica. Nos demais lotes, foram observadas variações na classificação dos lotes.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, quanto à eficiência do teste de primeira contagem de germinação, na discriminação de lotes comerciais de sementes de *B. brizantha* cv. BRS 'Piatã', foram verificados por Silva et al. (2017) e diferente para o teste de germinação, que não foi eficiente no presente estudo, para ranquear os lotes de sementes, assim como Dias et al. (2015).

Vale ressaltar que, para o teste de emergência de plântulas avaliados sob temperatura constante de 30 °C, os lotes não expressaram diferenças de vigor e, além disso, possuíam menor emergência de plântulas em comparação à temperatura de 25 °C.

Considerado um dos testes de vigor mais sensíveis, o teste de condutividade elétrica é capaz de detectar diferenças no potencial fisiológico entre lotes de sementes pela desestruturação dos sistemas de membranas celulares (SPONCHIADO; SOUZA; COELHO, 2014), o qual se assemelhou aos testes de primeira contagem de germinação e à determinação do tempo médio de emergência a 25 °C.

Pelos valores de condutividade elétrica, observaram-se menores valores para quatro lotes de sementes (1, 5, 6 e 7), sendo estes considerados os mais vigorosos, uma vez que quanto menor o resultado obtido melhor é a qualidade do lote de sementes avaliado, uma vez que isso indica uma menor desestruturação do sistema de membranas, que não permite a perda de conteúdos celulares para a solução de embebição (VAZQUEZ; BERTOLIN; SPEGIORIN, 2011). Esse teste é recomendado, para a determinação do vigor de sementes de diferentes espécies de Poaceae, como: *Zea mays* L (COIMBRA et al., 2009), *Sorghum bicolor* (L.) Moench (VAZQUEZ; BERTOLIN; SPEGIORIN, 2011), *Avena strigosa*, (LEMES et al., 2015). Para sementes de braquiária, Melo et al. (2016) observaram de forma semelhante que o

teste de condutividade elétrica foi eficiente na determinação do vigor de lotes de sementes da cultivar Marandu e foi capaz de fornecer informações equivalentes ao teste de emergência no campo, o que não foi observado no presente experimento.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, quanto à eficiência do teste de primeira contagem de germinação, na discriminação de lotes comerciais de sementes de *B. brizantha* cv. BRS 'Piatã', foram verificados por Silva et al. (2017) e diferente para o teste de germinação, que não foi eficiente no presente estudo, para ranquear os lotes de sementes.

Pode-se concluir que os lotes de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, obtidos para a realização dos experimentos, possuem qualidade inicial semelhante, conforme os valores de germinação e de viabilidade.

Em relação ao vigor, foram classificados em dois níveis de qualidade pelos testes de condutividade elétrica, primeira contagem de germinação e tempo médio de emergência, em temperatura constante de 25 °C, esses dois últimos baseiam-se na velocidade de germinação, houve coincidência da classificação dos lotes 8 e 9 como os de qualidade inferior.

Experimento 1 – Adequação da temperatura e substrato para a redução do período de germinação de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu

Observou-se que a temperatura e o substrato influenciam a germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, quando avaliada aos sete dias após a semeadura (TABELA 2), dada a interação tripla entre os fatores. Comportamento diferente foi observado, aos 14 dias após a semeadura, sendo a germinação influenciada apenas pela temperatura, em relação aos lotes (Lotes x Temperaturas) e com relação ao substrato (Temperatura x Substratos).

Tabela 2 - Quadrados médios (QM), Coeficientes de variação (CV) e significância do F, relativos à porcentagem de plântulas normais avaliadas aos sete e 14 dias após a semeadura, (G7%) e (G14%), de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, submetidas a diferentes temperaturas e substratos.

Tabela de análise de variância			
Fator de variação	G. L.	Q.M	
		G7 %	G14 %
Lote	8	405,45**	591,6**
Temperatura	4	5620,87**	5351,65**
Substrato	1	336,4*	1621,38**
Lote x Temperatura	32	86,23*	97,61*
Lote x Substrato	8	87,15 ^{ns}	47,85 ^{ns}
Temperatura x Substrato	4	617,15**	213,96*
Lote x Temperatura x Substrato	32	86,77*	46,59 ^{ns}
Erro	270	51,62	62,20
Total	359		
C.V (%)		13,06	13,15

^{ns}, Não significativo, *, ** Valor de F significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

Para a porcentagem de germinação, aos sete dias após a semeadura, houve a variação dos valores, em função dos lotes, temperaturas e do substrato (TABELAS 3 e 4).

Tabela 3 – Valores médios da porcentagem de germinação de lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, em diferentes temperaturas e substratos (SP – sobre papel; RP – entre papel).

Lote	Temperatura (°C)									
	20		25		30		35		20 - 35	
	Substrato									
	SP	RP	SP	RP	SP	RP	SP	RP	SP	RP
1	48 Aa	36 Bb	56 Aa	51 Aa	68 Aa	61 Aa	60 Aa	46 Cb	53 Aa	60 Aa
2	41 Ba	30 Bb	55 Aa	47 Aa	49 Ba	59 Aa	61 Aa	50 Cb	53 Aa	62 Aa
3	46 Aa	28 Bb	58 Aa	56 Aa	50 Ba	58 Aa	61 Aa	48 Cb	53 Aa	53 Ba
4	37 Ba	39 Aa	61 Aa	60 Aa	68 Aa	66 Aa	70 Aa	58 Bb	64 Aa	65 Aa
5	42 Ba	35 Ba	55 Aa	56 Aa	52 Bb	65 Aa	62 Aa	51 Cb	56 Aa	65 Aa
6	36 Ba	40 Aa	54 Aa	51 Aa	71 Aa	65 Aa	61 Aa	57 Ba	56 Ab	67 Aa
7	47 Aa	46 Aa	55 Aa	54 Aa	69 Aa	74 Aa	61 Aa	68 Aa	62 Aa	66 Aa
8	49 Aa	36 Bb	55 Aa	54 Aa	61 Aa	69 Aa	53 Aa	53 Ca	56 Aa	56 Ba
9	46 Aa	34 Bb	52 Aa	61 Aa	63 Aa	64 Aa	67 Aa	50 Cb	57 Aa	54 Ba

CV (%) = 13,06

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em cada temperatura, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 4 - Valores médios da porcentagem de plântulas normais de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, submetidas a diferentes temperaturas e semeadas sobre e entre papel na forma de rolo.

Substrato	Lote	Temperatura (°C)				
		20	25	30	35	20 – 35
Sobre papel	1	48 B	56 B	68 A	60 A	53 B
	2	41 B	55 A	49 B	61 A	53 A
	3	46 B	58 A	50 B	61 A	53 B
	4	37 B	61 A	68 A	70 A	64 A
	5	42 B	55 A	52 B	62 A	56 A
	6	36 C	54 B	71 A	61 B	56 B
	7	47 B	55 B	69 A	61 A	62 A
	8	49 A	55 A	61 A	53 A	56 A
	9	46 B	52 B	63 A	67 A	57 B
Rolo de papel	1	36 B	51 A	61 A	46 B	60 A
	2	30 C	47 B	59 A	50 B	62 A
	3	28 B	56 A	58 A	48 A	53 A
	4	39 B	60 A	66 A	58 A	65 A
	5	35 C	56 B	65 A	51 B	65 A
	6	40 C	51 B	65 A	57 A	67 A
	7	46 B	54 B	74 A	68 A	66 A
	8	36 C	54 B	69 A	53 B	56 B
	9	34 C	61 A	64 A	50 B	54 B

CV (%) = 13,06

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Diferenças nas porcentagens de plântulas normais foram observadas, em função do substrato utilizado, com comportamentos distintos independente da temperatura utilizada. Na temperatura constante de 30 °C, a semeadura sobre papel (SP) não favoreceu a germinação das sementes de três lotes (2, 3 e 5), que resultaram em valores inferiores aos demais lotes. Não houve diferenças significativas para os valores de germinação dos diferentes lotes, quando as sementes foram semeadas entre papel, com exceção à temperatura constante de 20 e 35 °C (TABELA 3).

Para a temperatura alternada (20-35 °C), preconizada por Brasil (2009), como a recomendada para a germinação de sementes de braquiária, não foram observadas diferenças significativas para a germinação das sementes dos nove lotes, na maioria das avaliações efetuadas, exceto para o lote 6, em que houve superioridade germinativa em substrato entre papel.

Resultado semelhante foi observado quando a germinação foi realizada sob temperatura constante de 25 °C (TABELA 3). De modo geral, a germinação das sementes de braquiária pode ser conduzida nos substratos testados utilizando-se a temperatura alternada (20-35 °C) preconizada por Brasil (2009). Como foi observado por Gaspar-Oliveira et al (2013) que, ao estudarem a melhor temperatura para maior germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst. ex A Rich) Stapf, concluíram que a temperatura alternada de 20-35 °C foi a que proporcionou as maiores porcentagens de germinação.

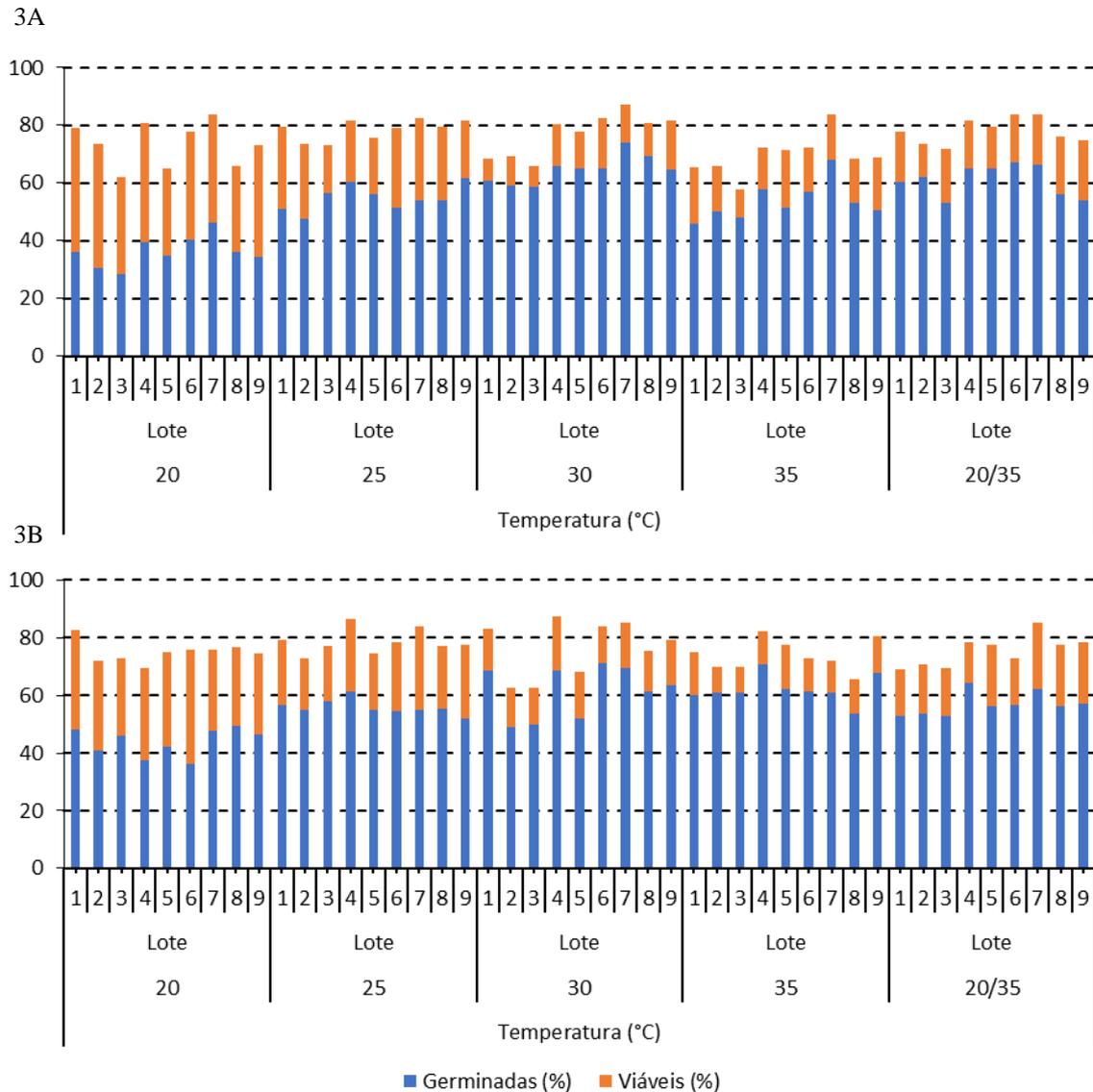
Assim, pelos resultados obtidos neste estudo é possível, também, a utilização do substrato de rolo de papel, além do preconizado pelas RAS (2009), para condução do teste de germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, avaliadas aos sete dias após a semeadura.

Apesar de não ser recomendado nas RAS (2009), a utilização do substrato rolo de papel (germitest), para a germinação de sementes de braquiária por análise de imagens, esta forma de substrato possui vantagens em relação à semeadura sobre papel mata-borrão, possibilitando maior uniformidade radicular e umedecimento do substrato. Observou-se, durante a condução do experimento, que não foi necessária a reposição de água no substrato rolo de papel, enquanto, no substrato sobre papel (mata-borrão), observou-se que resseca facilmente, durante a condução do teste de germinação, o que leva à necessidade de reposição da umidade.

Conforme Lopes et al. (2005), a baixa necessidade de reposição de umidade, no substrato rolo de papel, justifica-se pelo ensacamento dos rolos, possibilitando, assim, melhor distribuição e manutenção da umidade no substrato.

Com relação ao uso da temperatura de 20 °C, observou-se, por meio da viabilidade das sementes remanescentes, ao final de sete dias, que esta condição favorece a manutenção da dormência presente nas sementes de braquiária. A dormência foi reduzida, ao se utilizar temperaturas mais elevadas independente do substrato utilizado (FIGURAS 3A e 3B).

Figura 3 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas entre papel na forma de rolo (3A) e sobre papel (3B) avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas.



Fonte: Do autor (2019).

Para o resultado de porcentagem de germinação obtido aos 14 dias após a semeadura, não foi observada interação tripla entre os fatores, resultado diferente ao obtido aos setes dias de germinação.

Aos 14 dias após a semeadura, houve diferença significativa entre os lotes de sementes e as temperaturas. Os lotes possuíam comportamento germinativo distintos, quando a germinação foi realizada sob temperaturas constantes de 20, 30 e 35 °C. Diferentemente, na temperatura constante de 25 °C e com regime alternado 20-35 °C, não houve diferença entre as médias de germinação dos lotes. A temperatura alternada foi a melhor condição, para porcentagem de germinação das sementes dos lotes, dado os maiores valores de germinação

obtidos em relação às demais temperaturas (TABELA 5). O mesmo foi observado para germinação aos sete dias de semeadura e por Gaspar-Oliveira et al (2008).

Tabela 5 - Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos 14 dias, submetidas a diferentes temperaturas.

Lote	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	20 - 35
1	46 Bc	63 Ab	50 Cc	51 Bc	73 Aa
2	45 Bd	53 Ac	58 Bb	57 Bb	67 Aa
3	45 Bc	60 Ab	57 Bb	54 Bb	65 Aa
4	47 Bc	63 Ab	69 Aa	62 Ab	73 Aa
5	43 Bc	61 Ab	60 Bb	61 Ab	71 Aa
6	49 Bc	65 Aa	69 Aa	60 Ab	69 Aa
7	57 Ab	63 Ab	74 Aa	69 Aa	76 Aa
8	46 Bc	61 Ab	61 Bb	58 Bb	69 Aa
9	41 Bc	58 Ab	62 Bb	60 Ab	73 Aa

CV (%) = 13,15

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

De acordo com a Tabela 6, as médias da porcentagem de plântulas normais, avaliadas aos 14 dias, mostram que a temperatura alternada de 20-35 °C apresentaram valores superiores às demais temperaturas, em ambos os substratos. Não houve diferença significativa entre os substratos nas temperaturas constantes de 20 e 30 °C.

Tabela 6 - Valores médios de porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos 14 dias, submetidas a diferentes temperaturas e substratos.

Substrato	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	20 - 35
Sobre papel	47 Ac	64 Ab	63 Ab	61 Ab	75 Aa
Rolo de papel	47 Ad	58 Bc	61 Ab	56 Bc	66 Ba

CV (%) = 13,15

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

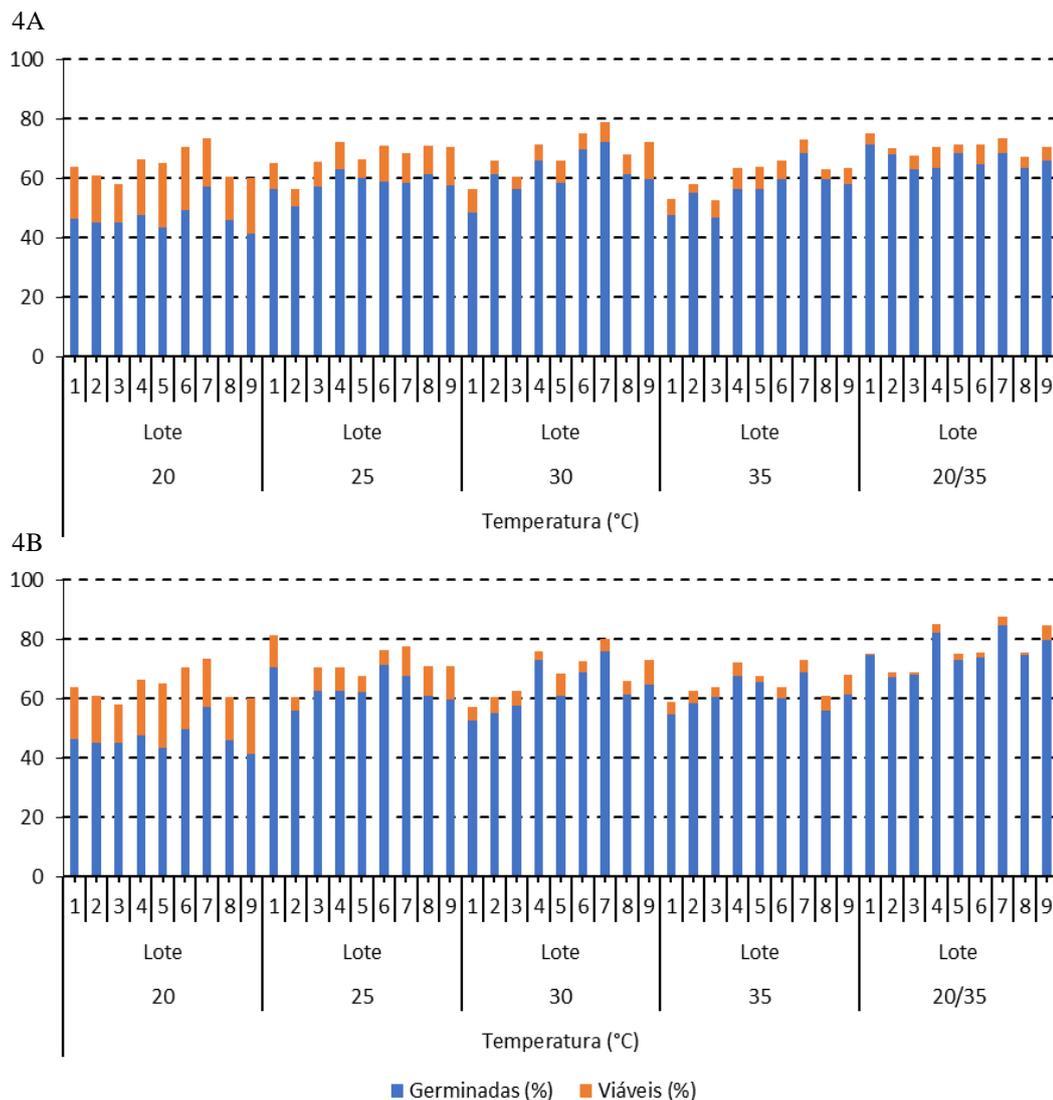
Fonte: Do autor (2019).

Pela análise da Tabela 6, o substrato influenciou a germinação das sementes de braquiária nas diferentes temperaturas. Nas avaliações aos quatorze dias, a semeadura sobre papel favoreceu a germinação das sementes, exceto à temperatura constante de 20 e 30 °C, nessa condição, não houve efeito do substrato na germinação. Conforme observado, independente do substrato, o

regime alternado de temperatura 20-35 °C foi a condição mais favorável para a germinação das sementes em relação às demais temperaturas (TABELA 6). Apesar desse resultado favorecer a germinação, optou-se por adotar a semeadura em rolo de papel pela facilidade de visualização do sistema radicular aos sete dias, em que não houve efeito do substrato.

Assim como observado para os resultados obtidos, aos sete dias após a semeadura, a determinação da viabilidade das sementes remanescentes, ao final de 14 dias, revelou haver dormência presente nas sementes e que a temperatura constante de 20 °C não favorece a germinação, dado o maior número de sementes dormentes presentes nessa temperatura (FIGURAS 4A e 4B).

Figura 4 - Porcentagem de germinação e sementes de viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas entre papel na forma de rolo (4A) e sobre papel (4B), avaliadas aos 14 dias em diferentes temperaturas.



Fonte: Do autor (2019).

Ainda com relação aos resultados obtidos aos 14 dias após a semeadura, observou-se que o regime de temperatura alternada 20-35 °C foi a que melhor favoreceu a germinação das sementes de braquiária semeadas sobre papel, o que está de acordo com as condições pré-estabelecidas por Brasil (2009), para a realização da determinação da germinação de sementes de braquiária.

Contudo, de acordo com Rodrigues et al. (2010), o uso de temperaturas constantes pode ser uma alternativa vantajosa, para a condução dos testes de germinação, em condições de laboratórios, por menor exigência de câmaras de germinação. A exemplo, têm-se os resultados obtidos pelos mesmos autores, que, ao estudarem o teste de germinação para sementes de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*, observaram que a utilização da temperatura constante de 25 °C não diferiu estatisticamente das temperaturas preconizadas por Brasil (2009), 20-35 °C, ou seja, a temperatura constante pode ser utilizada, na determinação da germinação dessas espécies, sem prejuízo à confiabilidade dos resultados.

Ressalta-se a importância da determinação da viabilidade das sementes não germinadas ou remanescentes, ao final do teste de germinação, pois a dormência presente nas sementes de braquiária influencia sensivelmente os resultados.

Aos quatorze dias de semeadura, há tendência de igualar a germinação dos lotes.

Independente do substrato utilizado, temperaturas mais baixas (25 °C) tendem a conservar a dormência presente nas sementes de braquiária.

A temperatura alternada de 20-35 °C possibilita maior germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, no substrato rolo de papel, além de permitir a visualização e retirada das plântulas para análise de imagens.

Experimento 2 - Germinação de sementes de braquiária em diferentes regimes de luz e temperatura semeadas sobre papel e em rolo de papel

Ensaio 1

Na avaliação da luminosidade sobre a germinação de sementes de braquiária, observou-se, para a semeadura sobre papel (gerbox), que a luz e a temperatura influenciam a germinação dos lotes de sementes avaliados, com comportamentos distintos no sétimo dia e no décimo quarto dia após a semeadura (TABELA 7).

Tabela 7 - Quadrados médios (QM), Coeficientes de variação (CV) e significância do F, relativos à porcentagem de plântulas normais avaliadas aos sete e 14 dias após a semeadura, (G7%) e (G14%), respectivamente, de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, semeadas sobre papel, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.

Tabela de análise de variância			
Fator de variação	G. L	Q.M	
		G7 %	G14 %
Lote	8	386,21**	672,29**
Luz	1	2811,21**	227,21ns
Temperatura	4	2953,46**	6625,48**
Lote x Luz	8	50,46ns	37,89ns
Lote x Temperatura	32	78,12ns	69,44ns
Luz x Temperatura	4	239,07*	300,46*
Lote x Luz x Temperatura	32	96,98*	56,39ns
Erro	270	60,90	59,42
Total	359		
C.V (%)		13,27	12,26

^{ns}, Não significativo; ** Valor de F significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Do autor (2019).

Observou-se que a luz influencia a germinação dos lotes de sementes distintamente para cada temperatura. Na temperatura constante de 30 °C e com regime alternado de 20-35 °C, houve superioridade das porcentagens de plântulas normais sob ausência de luz. Porém, quando as sementes foram mantidas sob temperaturas constantes de 30 e 35 °C, as maiores porcentagens de plântulas normais foram obtidas na presença de luz (TABELA 8).

Tabela 8 - Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel e avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas e regimes de luz.

Lote	Temperatura (°C)									
	20		25		30		35		20 - 35	
	Luz									
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
1	50 Aa	48 Aa	55 Aa	56 Aa	70 Aa	68 Aa	59 Ba	60 Aa	70 Aa	53 Ab
2	51 Aa	41 Aa	58 Aa	55 Aa	66 Aa	49 Bb	54 Ba	61 Aa	60 Ba	53 Aa
3	54 Aa	46 Aa	57 Aa	58 Aa	69 Aa	50 Bb	55 Ba	61 Aa	54 Ba	53 Aa
4	59 Aa	37 Ab	67 Aa	61 Aa	71 Aa	68 Aa	70 Aa	70 Aa	67 Aa	64 Aa
5	59 Aa	42 Ab	61 Aa	55 Aa	66 Aa	52 Bb	60 Ba	62 Aa	63 Aa	56 Aa
6	53 Aa	36 Ab	58 Aa	54 Aa	69 Aa	71 Aa	58 Ba	61 Aa	64 Aa	56 Aa
7	49 Aa	47 Aa	69 Aa	55 Ab	70 Aa	69 Aa	67 Aa	61 Aa	73 Aa	62 Ab
8	45 Aa	49 Aa	60 Aa	55 Aa	66 Aa	61 Aa	59 Ba	53 Aa	52 Ba	56 Aa
9	53 Aa	46 Aa	66 Aa	52 Ab	74 Aa	63 Aa	70 Aa	67 Aa	63Aa	57 Aa

CV (%) = 13,27

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Observou-se que a luz influencia a germinação das sementes de forma mais significativa nas temperaturas mais baixas, o que infere uma ação conjunta desses fatores sobre a germinação das sementes de braquiária, pois foram observadas poucas variações na germinação das sementes entre os lotes, assim como entre as condições de luminosidades, nas temperaturas mais altas (TABELAS 8 e 9).

Tabela 9 – Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel, avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas e regimes de luz.

Luz	Lote	Temperatura (°C)				
		20	25	30	35	20 – 35
Sem	1	50 B	55 B	70 A	59 B	70 A
	2	51 A	58 A	66 A	54 A	60 A
	3	54 B	57 B	69 A	55 B	54 B
	4	59 A	67 A	71 A	70 A	67 A
	5	59 A	61 A	66 A	60 A	63 A
	6	53 B	58 B	69 A	58 B	64 A
	7	49 B	69 A	70 A	67 A	73 A
	8	45 B	60 A	66 A	59 A	52 B
	9	53 B	66 A	74 A	70 A	63 A
Com	1	48 B	56 B	68 A	60 A	53 B
	2	41 B	55 A	49 B	61 A	53 A
	3	46 B	58 A	50 B	61 A	53 B
	4	37 B	61 A	68 A	70 A	64 A
	5	42 B	55 A	52 A	62 A	56 A
	6	36 C	54 B	71 A	61 B	56 B
	7	47 B	55 B	69 A	61 A	62 A
	8	49 A	55 A	61 A	53 A	56 A
	9	46 B	52 B	63 A	67 A	57 B

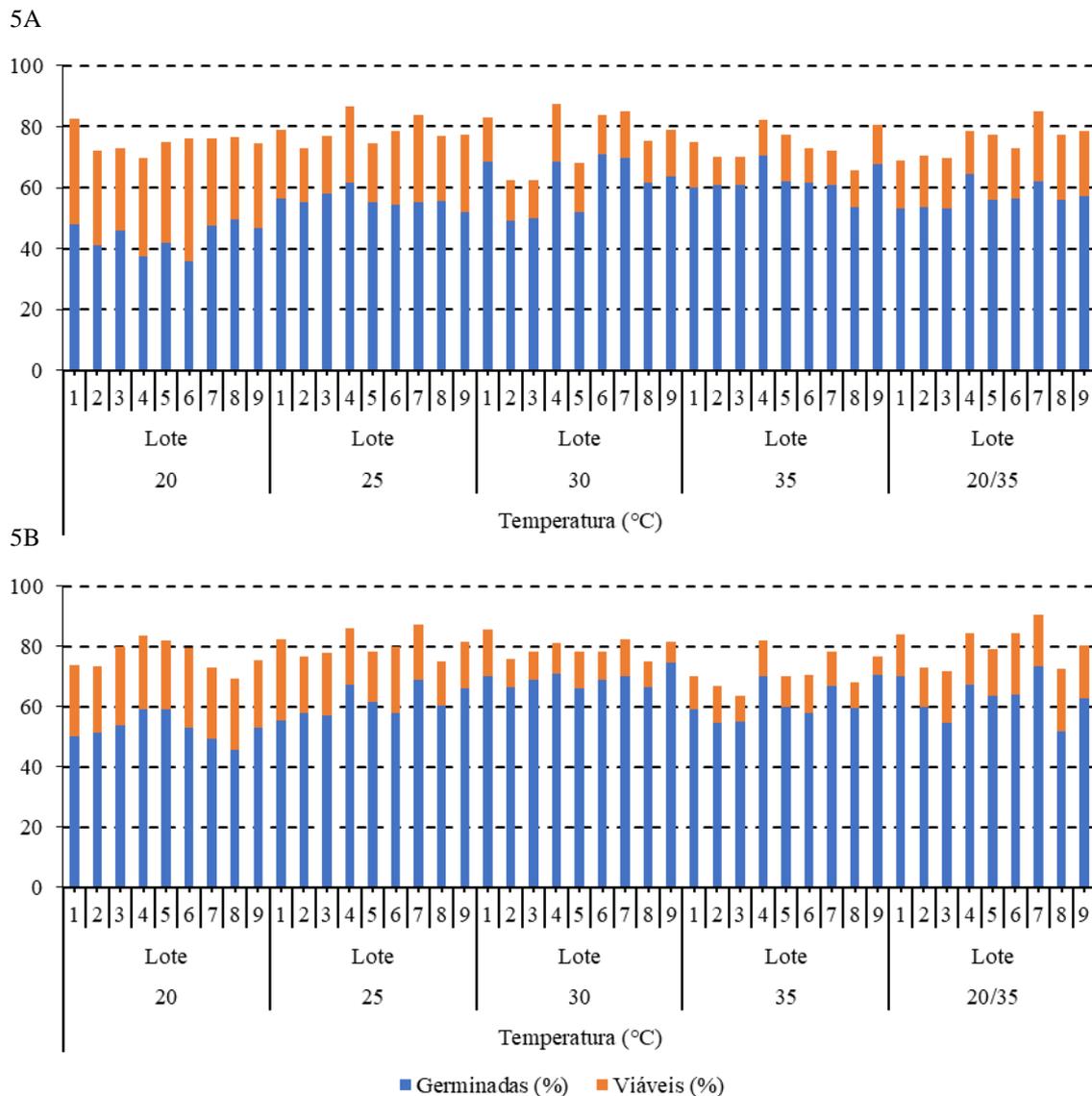
CV (%) = 13,27

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Como mencionada e observada nos outros experimentos realizados, a dormência presente nas sementes de braquiária foi conservada nas temperaturas mais amenas, independente da condição de luminosidade; evidencia-se que temperaturas mais elevadas tendem a reduzir o número de sementes dormentes, ao final do período de avaliação, como pode ser observado pelos resultados do teste de viabilidade das sementes remanescentes aos sete dias após a semeadura sobre papel (FIGURAS 5A e 5B).

Figura 5 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel na presença (5A) e ausência (5B) de luz, avaliadas aos sete dias em diferentes temperaturas.



Fonte: Do autor (2019).

Apesar de haver germinação das sementes de braquiária na ausência de luz, com poucas diferenças entre os valores da porcentagens de germinação obtidos pelo teste de germinação, realizado na presença a luz, esse fator é de grande importância na condução do teste de germinação em laboratórios, pois as plântulas formadas na ausência de luz, apesar de possuírem todas as estruturas essenciais desenvolvidas, caracterizavam-se com hipocótilos estiolados albinos e as folhas amareladas (FIGURA 6). Essas peculiaridades ocorreram por consequência do ambiente em que foram expostas, fica, assim, evidente que, embora tenham germinado na ausência de luz, a espécie vegetal pesquisada precisa da luz para se desenvolver.

Figura 6 - Plântula de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, aos sete dias após a semeadura, na ausência de luz.



Fonte: Do autor (2019).

Essas observações corroboram com os resultados obtidos por Cavalcanti Filho e Silva (2018), em sementes de *Brachiaria decumbens*, assim como observado nesta pesquisa para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; a luz é fundamental para um bom desenvolvimento das estruturas essenciais, para a formação das plântulas e, posteriormente, para o melhor estabelecimento da cultura em campo.

Ainda, com relação ao efeito da luminosidade sobre a germinação das sementes de braquiária, aos 14 dias após a semeadura sobre papel, observou-se um comportamento germinativo distinto em relação aos resultados no sétimo dia (TABELA 7). Observou-se apenas uma interação significativa, sendo a germinação das sementes influenciada pela combinação de luz e temperatura (TABELA 10).

Tabela 10 - Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel, avaliadas aos 14 dias em diferentes temperaturas e regimes de luz.

Luz	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	20 - 35
Sem	48 Ac	69 Aa	69 Aa	62 Ab	71 Ba
Com	47 Ac	64 Bb	63 Bb	61 Ab	75 Aa

CV (%) = 12,26

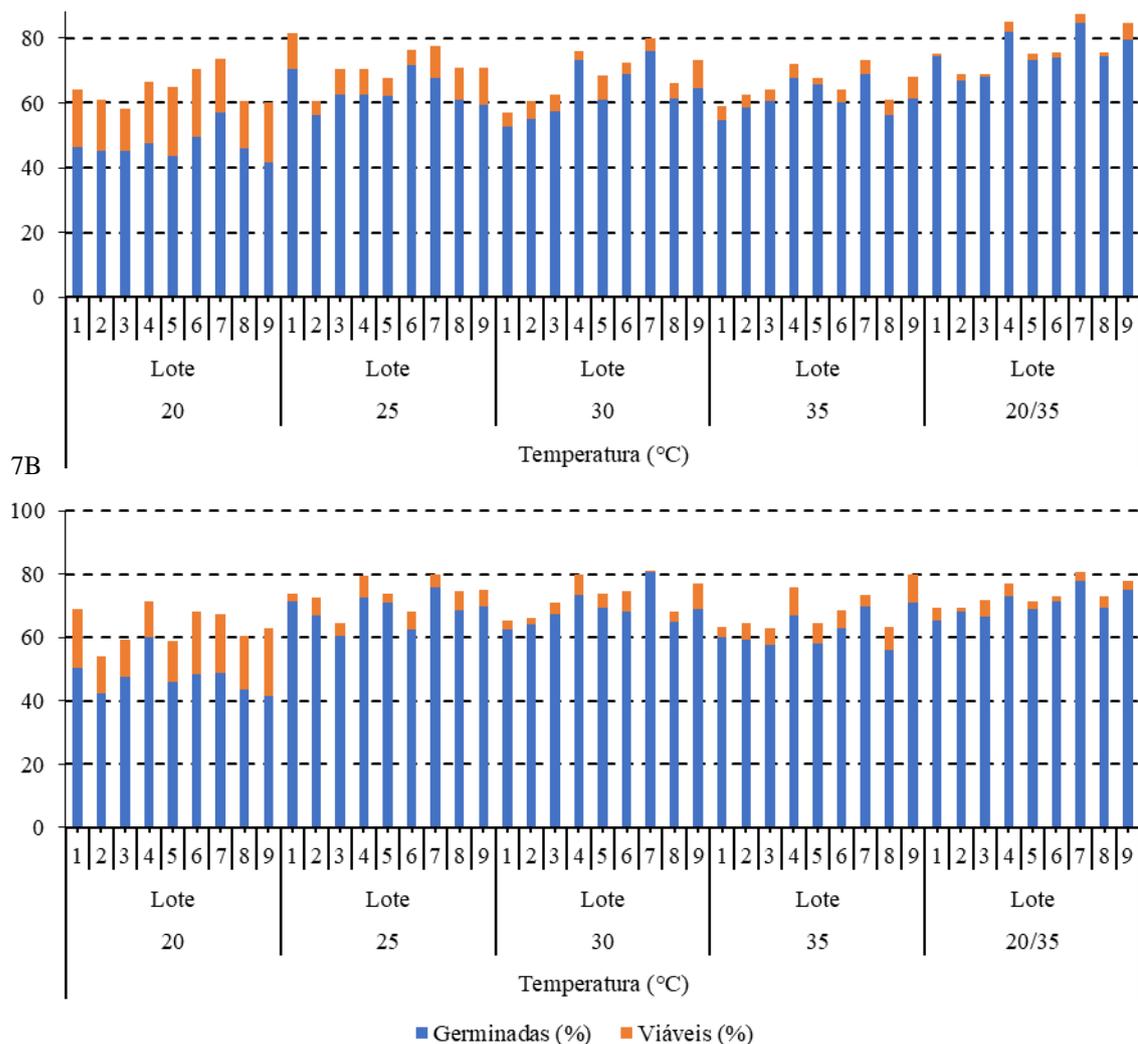
Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Aos 14 dias após a semeadura sobre papel, observou-se que, no regime de temperatura alternada 20-35 °C, condição pré-estabelecida por Brasil (2009) para germinação de sementes de braquiária, a presença de luz estimulou a maior porcentagem de germinação (TABELA 10).

Nas condições de temperaturas constantes, a ausência de luz estimulou a germinação das sementes, como observado para as temperaturas de 25 e 30 °C; nas demais temperaturas fixas (20 e 35 °C), o regime de luz não influenciou a germinação das sementes de braquiária (TABELA 10). Com relação ao efeito das temperaturas, as mais elevadas favoreceram a porcentagem de germinação das sementes de braquiária, assim como observado nos outros experimentos e, no sétimo dia após a semeadura, a condição de temperatura mais baixa (25 °C) conserva o maior número de sementes dormentes (FIGURAS 7A e 7B).

Figura 7 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária semeadas sobre papel na presença (7A) e ausência (7B) de luz, avaliadas aos 14 dias em diferentes temperaturas.



Fonte: Do autor (2019).

Ensaio 2

Efeitos dependentes foram observados entre a condição de luminosidade e as temperaturas para os lotes de sementes, ao se avaliar a germinação das sementes, no sétimo dia após a semeadura, dadas as interações significativas. Diferentemente, no décimo quarto dia após a semeadura, não foram observadas interações significativas entre os fatores avaliados, apenas observaram-se efeitos isolados dos tratamentos (TABELA 11).

Tabela 11 - Quadrados médios (QM), Coeficientes de variação (CV) e significância do F, relativos à porcentagem de plântulas normais, avaliadas aos sete e 14 dias após a semeadura, (G7%) e (G14%), respectivamente, de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, semeadas entre papel na forma de rolo, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.

Tabela de análise de variância			
Fator de variação	G. L	Q.M	
		G7%	G14%
Lote	8	429,10**	617,49**
Luz	1	705,60*	1276,90**
Temperatura	4	5476,70**	4325,49**
Lote x Luz	8	81,35ns	74,70ns
Lote x Temperatura	32	77,90*	57,50ns
Luz x Temperatura	4	412,29**	61,18ns
Lote x Luz x Temperatura	32	76,73ns	69,35ns
Erro	270	51,66	58,66
Total	359		
C.V (%)		12,96	12,82

ns, Não significativo; *, ** Valor de F significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

Na Tabela 12, pode ser observado que não houve diferenças significativas entre os valores de germinação, independente da condição de luminosidade, nas temperaturas constantes de 30 °C, assim como na condição de temperatura alternada de 20-35 °C, ou seja, nessas condições, a luz não influenciou a germinação das sementes, quando foram semeadas em rolo de papel, diferente dos resultados obtidos nas temperaturas constantes de 20, 25 e 35°C. Nessas temperaturas, a ausência de luz favoreceu a porcentagem de germinação das sementes de braquiária, porém, em relação às temperaturas, de maneira geral, a germinação das sementes é inferior nas temperaturas mais baixas em relação às temperaturas mais elevadas.

Tabela 12 - Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, semeadas entre papel na forma de rolo, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.

Luz	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	20 - 35
Sem	45 Ab	60 Aa	62 Aa	58 Aa	60 Aa
Com	36 Bd	55 Bc	65 Aa	53 Bc	61 Ab

CV (%) = 12,96

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Já em relação à interação lote x temperatura, na Tabela 13, pode ser observado que não houve diferenças significativas entre os lotes para a porcentagem de germinação das sementes de braquiária na temperatura 25 °C e que, maneira geral, não houve uma temperatura ideal para a germinação para essas sementes, o que pode inferir que a temperatura irá depender da qualidade inicial dos lotes.

Tabela 13 - Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos sete dias, semeadas entre papel na forma de rolo, submetidas a diferentes temperaturas.

Lote	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	20 - 35
1	38 Bc	55 Ab	60 Ba	54 Bb	63 Aa
2	35 Bc	51 Ab	59 Ba	53 Bb	63 Aa
3	41 Bb	56 Aa	58 Ba	47 Bb	52 Ba
4	42 Ab	60 Aa	65 Aa	56 Ba	61 Aa
5	39 Bb	57 Aa	65 Aa	59 Aa	63 Aa
6	48 Ac	56 Ab	65 Aa	59 Aa	65 Aa
7	44 Ab	62 Aa	70 Aa	64 Aa	66 Aa
8	42 Ac	56 Ab	66 Aa	54 Bb	54 Bb
9	36 Bb	61 Aa	61 Ba	55 Ba	56 Ba

CV (%) = 12,96

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Assim como nos demais experimentos realizados, a temperatura constante de 20 °C proporcionou menor porcentagem de plântulas normais das sementes de braquiária, independente da condição de luminosidade.

No entanto essa temperatura pode favorecer a germinação de outras espécies, potencializando suas capacidades germinativas, por exemplo, há os resultados obtidos, para sementes de *Foeniculum vulgare* M. (RANZANI et al., 2016), *Lactuca sativa* L. (BUFALO et

al., 2012) e *Calendula officinalis* L. (KOEENDER et al., 2009), semelhante aos resultados obtidos, para as sementes de braquiária. Os autores conseguiram estabelecer uma correta relação da temperatura com a germinação das espécies estudadas.

Para os resultados de germinação obtidos no décimo quarto dia, observou-se que a sementeira em rolo de papel é pouco influenciada entre os fatores estudados, dada a não dependência entre eles, sendo que cada fator age sobre a germinação de forma isolada (TABELA 11).

Diferentemente da caracterização inicial, observaram-se diferenças significativas entre os lotes de sementes de braquiária (TABELA 14), o que indica que a sementeira em rolo de papel pode facilitar a detecção de diferenças da qualidade fisiológica entre os lotes, em relação à sementeira sobre papel realizada para caracterização inicial dos lotes.

Tabela 14 - Valores médios da porcentagem de germinação de nove lotes de sementes de braquiária, avaliadas aos 14 dias, semeadas entre papel, submetidas a diferentes temperaturas e regimes de luz.

Lotes	G14%
1	57 C
2	56 C
3	54 C
4	64 A
5	60 B
6	63 A
7	66 A
8	60 B
9	57 C
Temperatura (°C)	
20	47 D
25	61 C
30	63 B
35	59 C
20 - 35	68 A
Regimes de luz	
Sem	62 A
Com	58 B
CV (%)	12,82

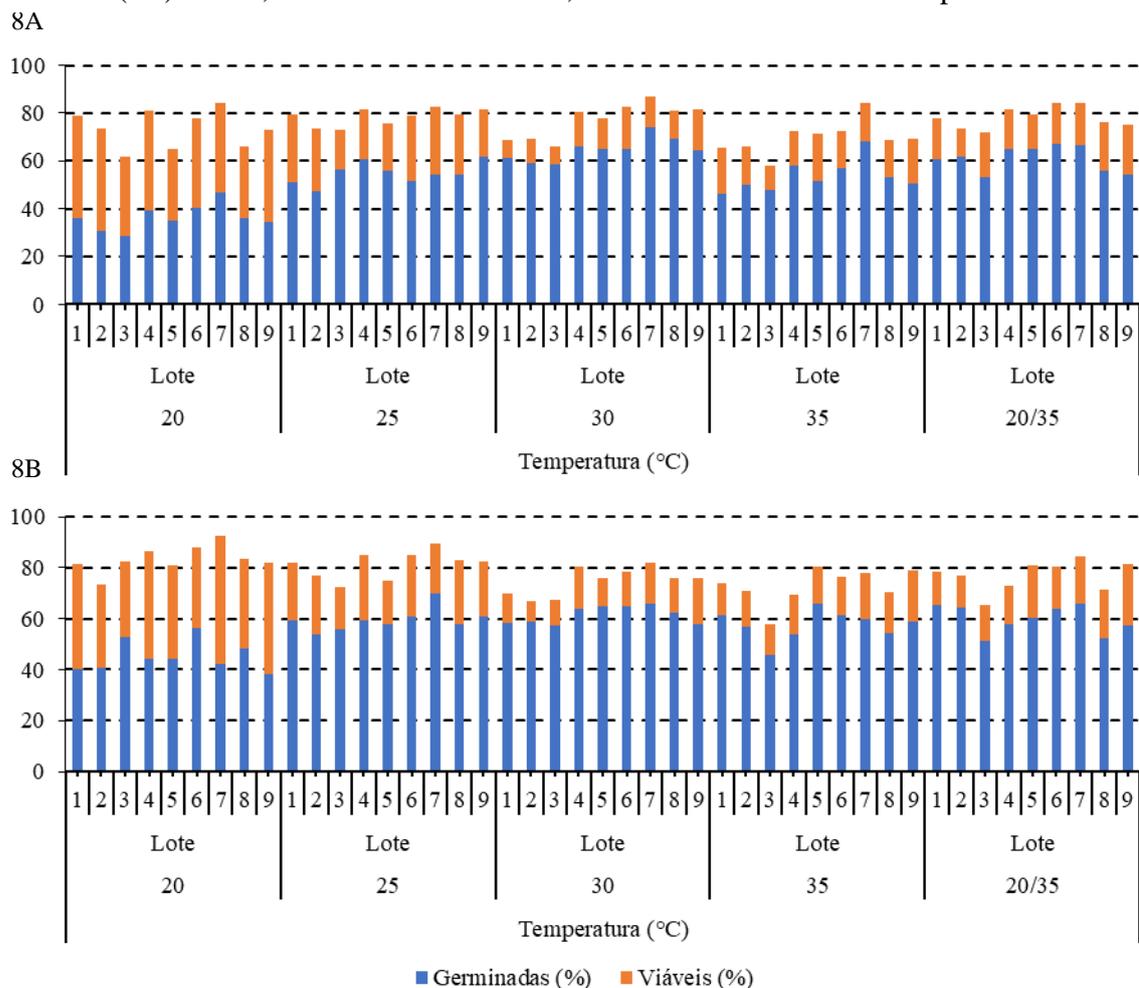
Médias seguidas de mesma letra agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2019).

Com relação ao efeito das temperaturas, observou-se que a condição de temperatura alternada foi a que melhor favoreceu a germinação das sementes de braquiária, como observado nos demais experimentos; independente do substrato e da condição de luminosidade, essa condição, também, é pré-estabelecida por Brasil (2009) (TABELA 14).

Ainda aos 14 dias após a semeadura em rolos de papel das sementes de braquiária, observou-se que, nesse substrato, o maior potencial fisiológico foi obtido na condição de ausência de luz, porém, como foi observado para a semeadura sobre a papel, a qualidade das plântulas formadas não podem ser avaliadas, no teste de germinação em laboratórios, quando os resultados são para fins de comercialização dos lotes de sementes. Essa condição pode ser utilizada na determinação do vigor das sementes, a exemplo dos testes de vigor utilizados em controles de qualidade internos.

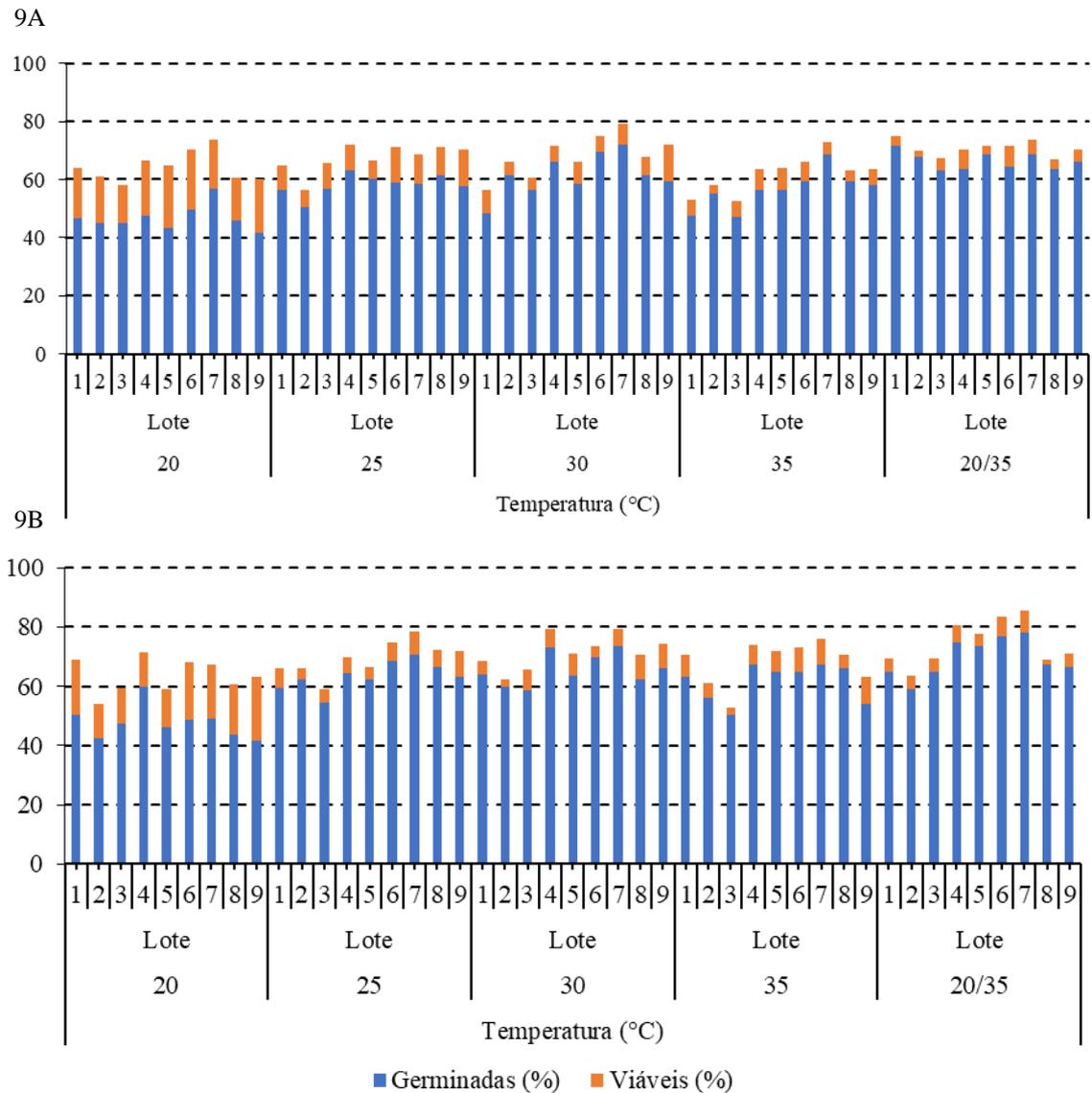
Outro fato observado, mesmo com a semeadura em rolo de papel, as temperaturas mais baixas conservam a dormência presente nas sementes de braquiária, como também foi observado, nos demais experimentos, independente do período de avaliação da germinação (FIGURAS 8A, 8B, 9A e 9B).

Figura 8 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária, semeadas entre papel em forma de rolo na presença (8A) e ausência (8B) de luz, avaliadas aos sete dias, submetidas a diferentes temperaturas.



Fonte: Do autor (2019).

Figura 9 - Porcentagem de germinação e de sementes viáveis de nove lotes de sementes de braquiária, semeadas entre papel na forma de rolo na presença (9A) e ausência (9B) de luz, avaliadas aos 14 dias, submetidas a diferentes temperaturas.



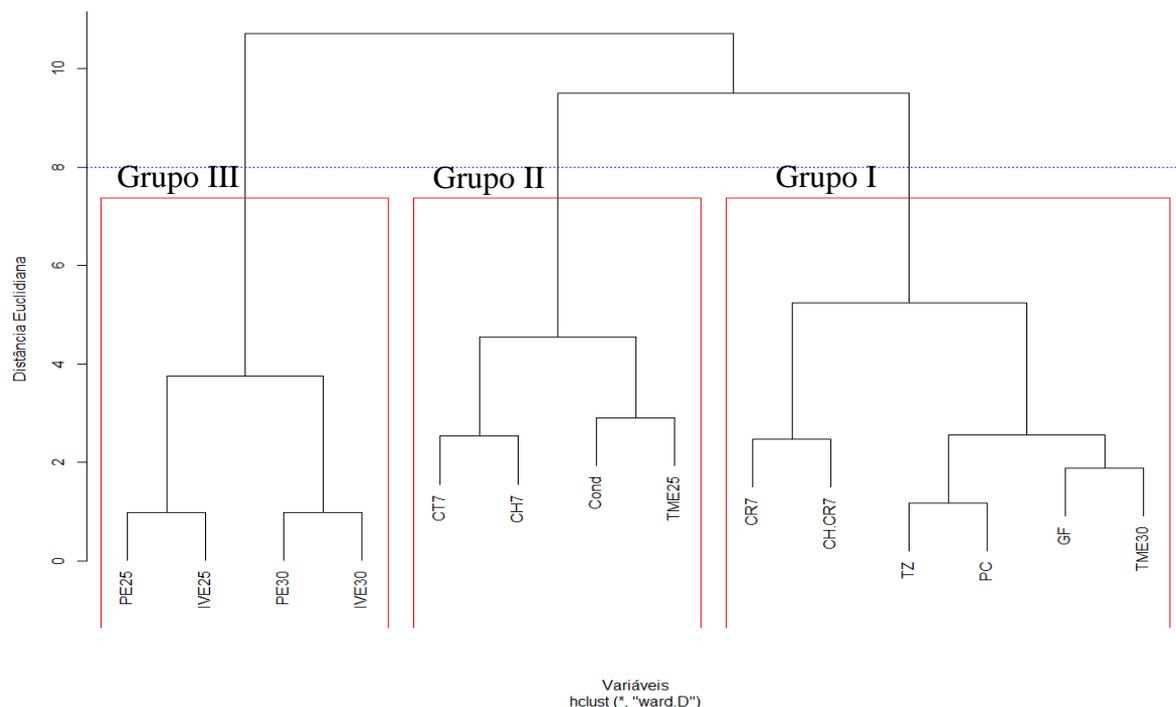
Fonte: Do autor (2019).

Pode-se concluir que é possível determinar a qualidade fisiológica de sementes de braquiária, utilizando a semeadura entre papel, em formato de rolos com contagem aos sete dias, independente da condição de luminosidade. Porém a presença de luz é uma condição imprescindível, para a obtenção de plântulas para análise de imagens com todas as estruturas bem desenvolvidas, sem estiolamento dos hipocótilos e a presença de folhas amareladas, como observado em plântulas desenvolvidas na ausência de luz.

Experimento 3 – Análise de imagem de plântulas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu obtidos aos sete e quatorze dias após a sementeira

Utilizando a distância euclidiana igual a 8,0 no dendograma da avaliação, realizada aos sete dias das 14 variáveis, obtiveram-se três grupos: Grupo 1 - comprimento da raiz e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz, obtidos pela análise de imagens, tetrazólio, primeira contagem de germinação, germinação final, tempo médio de emergência sob temperatura constante de 30 °C; Grupo 2 - comprimento total e do hipocótilo, obtidos pela análise de imagens, condutividade elétrica e o tempo médio de emergência sob temperatura constante de 25 °C; Grupo 3 - emergência sob temperatura constante de 25 e 30 °C e índice de velocidade de emergência sob temperatura constante de 25 e 30 °C. Os grupos apresentam similaridade dentro e dissimilaridade entre os grupos formados (FIGURA 10).

Figura 10 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward com a formação de grupos com base nos dados de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), tempo médio de emergência (TME25 – TME30) e análise de imagens para comprimento total (CT7), comprimento do hipocótilo (CH7), comprimento da raiz (CR7) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH7/CR7) de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.



Fonte: Do autor (2019).

Para explicar a variabilidade dos dados, na análise de componentes principais dos nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, avaliados aos sete dias, foram necessários dois componentes principais (PC1 e PC2), para discriminar aproximadamente 63 % da variância total em que o PC1 foi responsável por 32,89 % e o segundo, PC2, por 30,16 % das variações dos dados (TABELA 15).

Tabela 15 - Correlação entre cada componente principal e os testes de avaliação da qualidade fisiológica de nove lotes de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, avaliadas aos sete dias após a semeadura. Tabela 17 da univariada em anexo.

Testes de avaliação da qualidade de sementes	Componentes Principais	
	PC1	PC2
Comprimento Total	0,21	-0,03
Comprimento do Hipocótilo	-0,53	-0,17
Comprimento da Raiz	0,78	0,13
Razão do Comprimento do Hipocótilo pelo Comprimento da Raiz	0,76	0,14
Tetrazólio	0,59	-0,66
Primeira contagem de germinação	0,65	-0,56
Germinação final	0,79	-0,32
Condutividade elétrica	-0,76	-0,16
Emergência 25 °C	0,20	0,72
Índice de Velocidade de Emergência 25 °C	0,40	0,82
Tempo médio de emergência 25 °C	-0,64	-0,60
Emergência 30 °C	0,12	0,79
Índice de Velocidade de Emergência 30 °C	-0,03	0,92
Tempo médio de emergência 30 °C	0,69	-0,50
Autovalores	4,6	4,22
Variância Explicada (em %)	32,89	30,16
Variância Acumulada (em %)	32,89	63,05

Fonte: Do autor (2019).

Semelhante a essa pesquisa, Silva et al. (2017, 2019) ao estudarem sobre testes de vigor em sementes de *Brachiaria decumbens* e de capim-piatã, também, observaram que dois componentes principais foram suficientes para explicar 73,47 e 74,23 %, respectivamente, da variância na discriminação de variáveis. No entanto, para sementes de arroz, Lorentz e Nunes (2013) constataram que foram necessários três componentes principais para explicar 80,42 % da variabilidade dos dados.

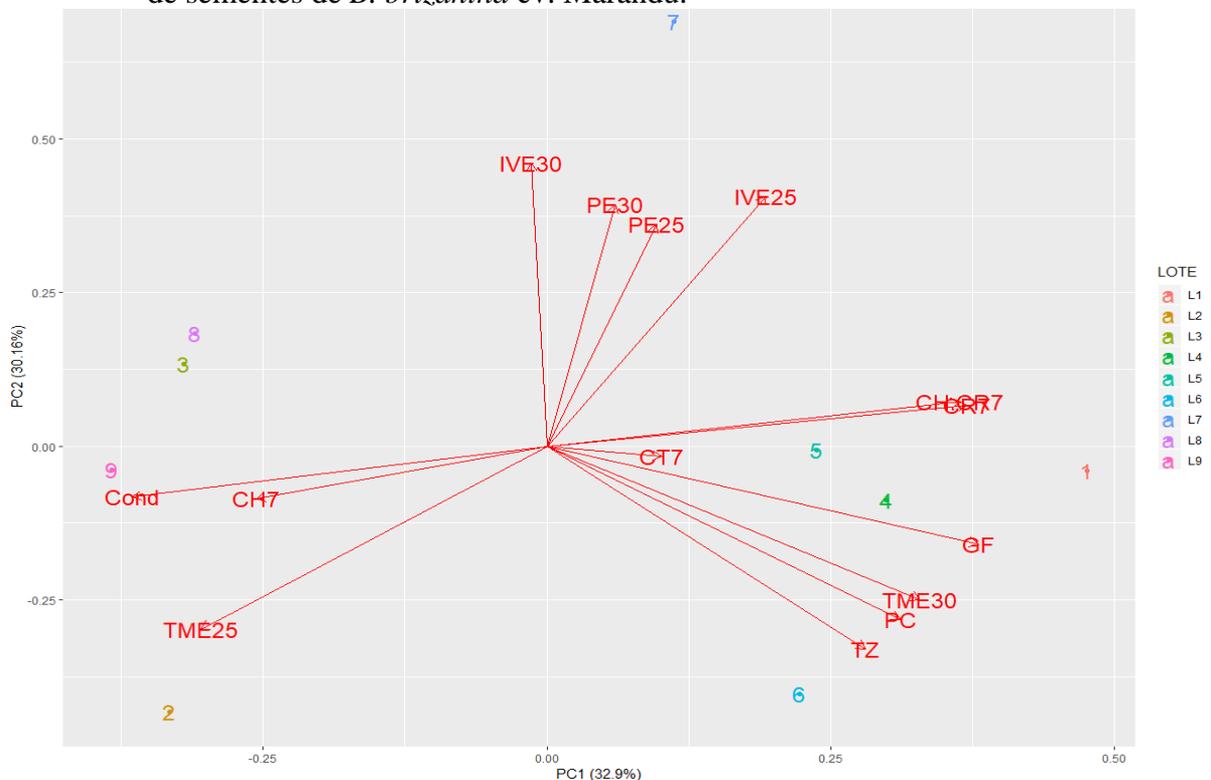
De acordo com Hongyu, Sandanielo e Oliveira Junior (2016), o poder discriminatório das variáveis em cada componente principal é avaliado pelo valor da correlação. Portanto foi possível inferir que foram verificadas correlações altas (a partir de 0,7), exceto para os testes de tetrazólio, primeira contagem de germinação, tempo médio de emergência 25 °C e a 30 °C e para análise de

imagens para comprimento do hipocótilo e comprimento total que apresentaram correlações baixas nos dois componentes (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

Avaliações de condutividade elétrica, germinação final e, para análise de imagens para comprimento da raiz e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz, apresentaram correlação igual a -0,76, 0,79, 0,78 e 0,76, respectivamente e estes resultados correlacionaram fortemente com o PC1 que foi capaz de explicar 32,89 % da variabilidade dos dados.

Ressalta-se que os testes de análise de imagens, para comprimento da raiz, e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz e o teste de germinação tiveram maior similaridade entre si e dissimilaridade com o teste de condutividade elétrica, uma vez que pertencem a grupos diferentes na análise de agrupamentos (FIGURA 10) e o mesmo é observado na Figura 11.

Figura 11 - Autovetores, gráfico biplot, por meio da análise de componentes principais dos testes de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), tempo médio de emergência (TME25 – TME30), e análise de imagens, para comprimento total (CT7), comprimento do hipocótilo (CH7), comprimento da raiz (CR7) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH7/CR7) de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.



Fonte: Do autor (2019).

Assim, estes testes são caracterizados por lotes de sementes que possuem maior potencial, para germinar em condições favoráveis, em função de seu desempenho e boa correlação com o teste de germinação, comprimento das plântulas e estruturação das membranas. Dessa forma, testes baseados em comprimento de plântulas ou de suas partes, como o teste realizado por meio da análise de imagens do comprimento da raiz e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz, podem fornecer informações precisas sobre o potencial fisiológico das sementes de braquiária.

Baseado no gráfico biplot pela análise de componentes principais (FIGURA 11), observa-se que os testes inseridos no PC1 (condutividade elétrica, germinação final e para análise de imagens para comprimento da raiz e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz) foram promissores na avaliação de lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu objetivando ranqueá-los quanto ao vigor.

Na Figura 11, o segundo componente principal, as variáveis de emergência 25 °C, índice de velocidade de emergência 25°C, emergência 30°C e índice de velocidade de emergência 30°C apresentaram valores de correlação de 0,72, 0,82, 0,79 e 0,92, respectivamente; os autovetores situaram-se próximos formando ângulos agudos entre si. Isso indica que as sementes do lote 7 têm maior capacidade de germinar em condições subótimas. Essa relação não é tão óbvia quanto as apresentadas para o CP1, já que este componente explicou a maioria das informações contidas nas variáveis do experimento. Assim, explicando apenas 30,16 % da variabilidade total dos dados, em relação ao CP1, o CP2 tem pouca ação na caracterização dos lotes.

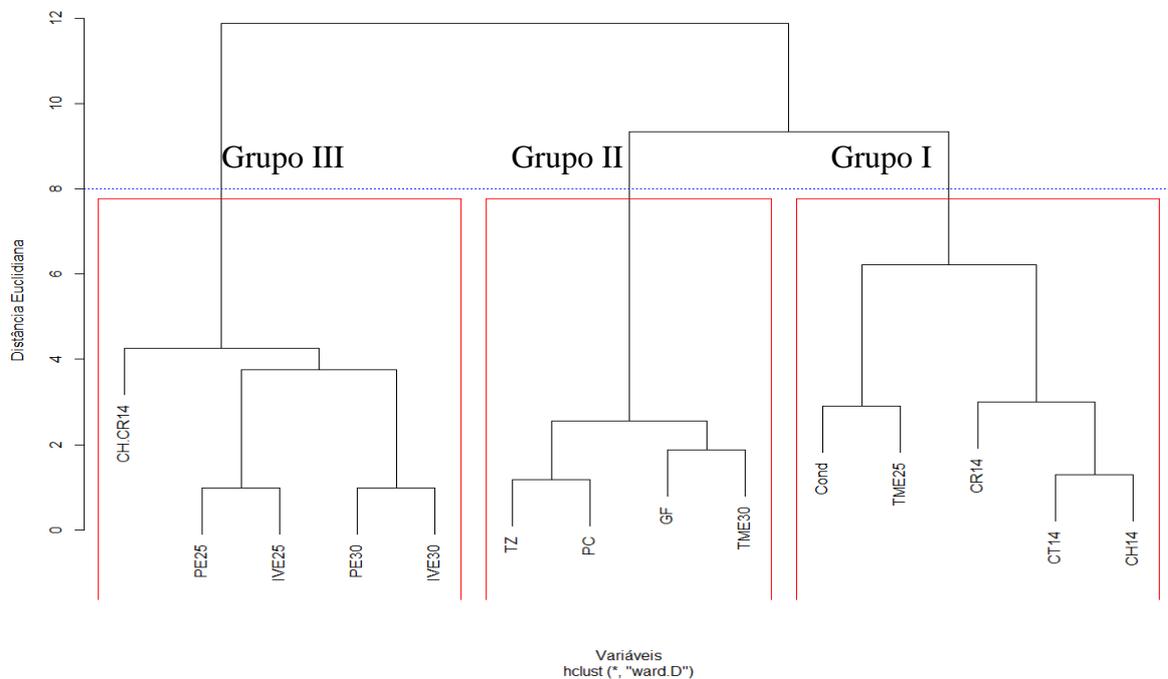
Portanto os testes de análise de imagens para comprimento da raiz e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz se correlacionaram na avaliação do potencial fisiológico de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu visando à seleção dos lotes, uma vez que tiveram alta correlação com o componente principal 1.

Resultados semelhantes quanto à eficiência da análise de imagens, para o comprimento da raiz, foram encontrados para sementes de *Zea mays* (DIAS et al., 2015) e *Cucumis sativus* L. (CHIQUITO; GOMES JUNIOR; MARCOS FILHO, 2012).

Em relação às avaliações realizadas aos 14 dias, utilizou-se a mesma distância euclidiana que a avaliação anterior das variáveis; obtiveram-se três grupos: Grupo 1 - comprimento total, comprimento do hipocótilo e o comprimento da raiz, obtidos pela análise de imagens e os testes tradicionais de condutividade elétrica e tempo médio de emergência sob temperatura de 25 °C; Grupo 2 - tetrazólio, primeira contagem de germinação, germinação final, tempo médio de emergência sob temperatura de 30 °C e o Grupo 3 -

emergência sob temperatura constante de 25 e 30 °C e índice de velocidade de emergência sob temperatura constante de 25 e 30 °C e pela razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz obtidos por meio da análise de imagens. Os grupos apresentam similaridade dentro e dissimilaridade entre os grupos formados (FIGURA 12).

Figura 12 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward com a formação de grupos com base nos dados de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), tempo médio de emergência (TME25 – TME30) e análise de imagens comprimento total (CT14), comprimento do hipocótilo (CH14), comprimento da raiz (CR14) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH14/CR14) de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.



Fonte: Do autor (2019).

Na Tabela 16, verificou-se que os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por 60,75 % da variação total sobre os testes da qualidade fisiológica dos nove lotes de sementes de braquiária. O primeiro componente principal PC1 foi capaz de explicar 33,72 % da variação total dos dados enquanto o segundo componente PC2 explicou 27,02 %.

Tabela 16 - Correlação entre cada componente principal e os testes de avaliação da qualidade fisiológica de nove lotes de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, avaliadas ao catorze dias após a semeadura. Tabela 18 da univariada em anexo.

Testes de avaliação da qualidade de sementes	Componentes Principais	
	PC1	PC2
Comprimento Total	-0,63	0,30
Comprimento do Hipocótilo	-0,64	0,41
Comprimento da Raiz	-0,36	0,01
Razão do Comprimento do Hipocótilo pelo Comprimento da Raiz	0,50	-0,45
Tetrazólio	-0,46	-0,84
Primeira contagem de germinação	-0,49	-0,71
Germinação final	-0,05	-0,97
Condutividade elétrica	-0,19	0,63
Emergência 25 °C	0,82	-0,19
Índice de Velocidade de Emergência 25 °C	0,83	-0,22
Tempo médio de emergência 25 °C	-0,43	0,16
Emergência 30 °C	0,77	-0,01
Índice de Velocidade de Emergência 30 °C	0,87	0,18
Tempo médio de emergência 30 °C	-0,36	-0,79
Autovalores	4,72	3,78
Variância Explicada (em %)	33,72	27,02
Variância Acumulada (em %)	33,72	60,75

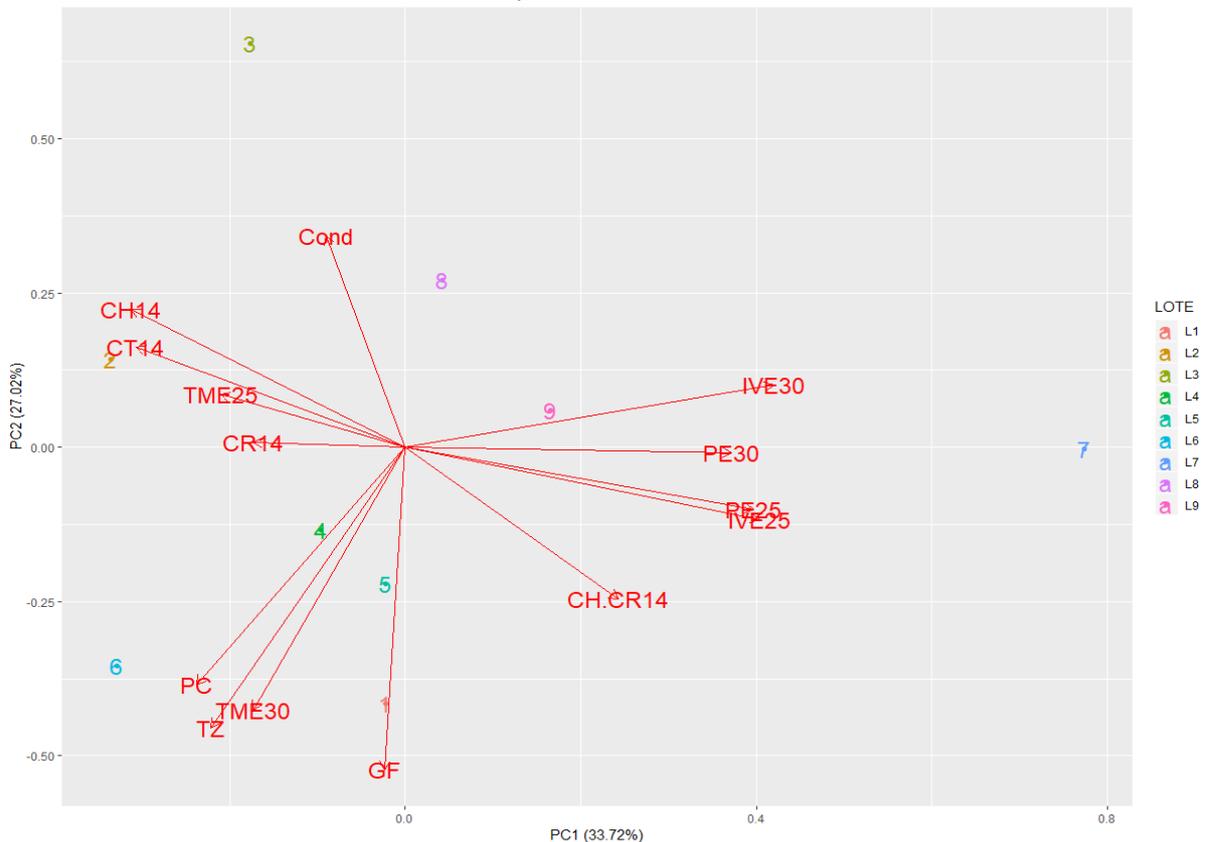
Fonte: Do autor (2019).

Baseando-se na Tabela 16, é possível inferir que foram verificadas correlações altas (a partir de 0,7) entre algumas variáveis, nos componentes principais 1 ou 2, exceto para as variáveis tempo médio de emergência 25 °C, condutividade elétrica e para análise de imagens para comprimento da raiz, comprimento do hipocótilo, comprimento total e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz que apresentaram correlações baixas nos dois componentes (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). Por isso, estes testes de vigor foram considerados de pouca relevância, para a discriminação dos lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, quando avaliados aos 14 dias após a semeadura.

Assim, na Figura 13, as variáveis de emergência 25 °C, índice de velocidade de emergência 25 °C, emergência 30 °C, índice de velocidade de emergência 30 °C apresentaram valores de correlação igual a 0,82, 0,83, 0,77, 0,87, respectivamente, estando correlacionados fortemente com o CP1 explicando 33,72 % da variabilidade dos dados.

Estes testes, dessa forma, foram capazes de caracterizar os lotes de sementes que possuem maior potencial, para emergir em condições subótimas (25 e 30 °C), em função da boa correlação com os testes de vigor realizados em nessas condições.

Figura 13 - Autovetores, gráfico biplot por meio da análise de componentes principais dos testes de tetrazólio (TZ), germinação (GF), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (COND), emergência (E25 – E30), índice de velocidade de emergência (IVE25 – IVE30), Tempo médio de emergência (TME25 – TME30) e análise de imagens para comprimento total (CT14), comprimento do hipocótilo (CH14), comprimento da raiz (CR14) e razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH14/CR14) de nove lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu.



Fonte: Do autor (2019).

Dessa maneira, testes baseados no desempenho das plântulas, com a emergência 25 °C, índice de velocidade de emergência 25 °C, emergência 30 °C e índice de velocidade de emergência 30 °C podem fornecer informações precisas sobre o potencial fisiológico das sementes, quando avaliadas aos 14 dias após a semeadura.

A partir da análise do gráfico biplot (FIGURA 13), verificou-se que os testes situados no componente principal 1 (emergência 25 °C, índice de velocidade de emergência 25 °C, emergência 30 °C e índice de velocidade de emergência 30°C) foram promissores na avaliação de lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, visando ranqueá-los quanto ao vigor, pois os autovetores desses testes situaram-se próximos, formando um ângulo agudo entre si.

As análises de agrupamento hierárquico e as distribuições dos lotes de sementes pela análise de componentes principais demonstraram a formação de três grupos distintos das variáveis, que foram discriminados pelos nove lotes de sementes de braquiária e pelos bons resultados obtidos para o desempenho fisiológico das sementes avaliadas pelos testes de vigor.

Com base nesta pesquisa, pode-se afirmar que a técnica de análise de imagens foi capaz de caracterizar lotes de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, quando avaliadas aos sete dias de semeadura, seguindo a metodologia deste experimento, o que não foi observado na avaliação aos 14 dias. Entretanto Jeromini et al. (2018) concluíram que a técnica de análise de imagens não foi eficiente para avaliação do vigor de sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, dados que discordam com os do presente estudo, porém os autores avaliaram parâmetros diferentes, como o índices de crescimento, uniformidade de desenvolvimento e de vigor aos sete dias após a semeadura.

5 CONCLUSÃO

O vigor de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu deve ser determinado, no sétimo dia de semeadura pela análise de imagens de plântulas em substrato rolo de papel, mantido em temperatura alternada de 20-35 °C e presença de luz.

A análise de imagens de plântulas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pela avaliação do comprimento radicular, aos sete dias, possibilita a distinção de lotes de diferentes níveis de qualidade fisiológica.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A. S. et al. Computerized analysis in the physiological quality of coffee seeds. **International Journal of Current Research**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 40820-40823, 2016.
- ALMEIDA, C. R.; SILVA, W. R. Comportamento da dormência em sementes de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero submetidas às ações do calor e do ácido sulfúrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 44-49, 2004.
- ALVARENGA, R. O.; MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G. 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, 2012.
- ALVES, C. Z.; SILVA, J. B. S.; CÂNDIDO, A. C. S. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, P. 615-621, 2015.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F. **As principais espécies de *Braquiaria* utilizadas no país**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Corte, 2002. p. 4. (Comunicado Técnico, 22).
- ANDRADE, D. B. **Evaluation of the physiological quality of tobacco seeds through image analysis**. 2017. 49 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- ARROYAVE, C. et al. Differential aluminum resistance in *Brachiaria* species. **Environmental and Botany**, Elmsford, v. 89, p. 11-18, 2013.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. New York, 2009. p. 341.
- 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.
- AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Temperatura e substrato para a germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 479-488, dez. 2011.
- 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.
- BASTIANI, M. O. et al. Germinação de sementes de capim-arroz submetidas a condições de luz e temperatura. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 395-404, 2015.
- BATISTA, G. S. et al. Controlled environmental conditions on germination of bermudagrass seeds. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 10, n. 11, p. 1184-1192, 2015.

BHERING, M. C. et al. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lanatus* Scherad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 1-6, 2003.

BOLIGON, A. A.; LÚCIO, A. D.; GARCIA, D. C. Emergência de plântulas de abóbora a partir da avaliação da qualidade das sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2274-2281, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/ACS/sementes_web.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 21 de maio de 2008. **Diário Oficial [da] União**, 23 maio 2008, Seção 1, p. 45.

BRUM, A. B. et al. Influência da temperatura e luz na germinação das sementes de *Steinichisma decipiens* (poaceae) infestante em áreas de arroz irrigado no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL, 5., 2017, Gramado. **Anais...** Gramado: CBA, 2017. p. 1-4.

BUFALO, J. et al. Períodos de estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes condições de luz e temperatura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 931-940, maio/jun. 2012.

CARDOSO, E. D. et al. Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 21-38, jan./fev. 2014.

CARNEIRO, J. W. P. Influência da temperatura na porcentagem de germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* Stapf, cv. 'Marandu'. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 183-186, 1994.

CARNEIRO, R. C. S. **Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) procedentes de diferentes localidades**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2011.

CARVALHO, F. J.; AGUIAR, L. M.; SOUSA, L. A. Uso do ácido sulfúrico e nitrato de potássio no teste de germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 2, n. 4, p. 82, 2015.

CARVALHO, J. N. S. et al. Simulação do efeito da variação da temperatura ambiente na germinação de variedades de milho. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 2, n. 3, p. 266-273, 2017.

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

CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CHIODINI, B. M.; CRUZ SILVA, C. T. A. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. 'Marandu' (Hochst. ex A. Rich.) Stapf (Poaceae). **Revista Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 105-113, 2013.

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.

COIMBRA, R. A. et al. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (*sh2*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

COIMBRA, R. A. et al. Teste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 92-97, 2007.

DIAS, D. C. F. S. et al. Testes para monitorar a qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 33-44, 2004.

DIAS, M. A. 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, jun./set. 2015.

DIAS, M. C. L. L.; ALVES, S. J. Avaliação da viabilidade de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst. ex A. Rich) Stapf pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 145-151, 2008.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2011a. p. 676.

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

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, n. 1, p. 115-46, 2009.

CAVALCANTI FILHO, E. H.; SILVA, G. S. Efeito da influência da luz na germinação de sementes de *Brachiaria decumbens* stapf. In: CONGRESSO REGIONAL DE ZOOTECNIA, 1., 2018, Garanhuns. **Anais...** Garanhuns: CRZ, 2018. p. 1.

FINCH-SAVAGE, W. E.; FOOTITT, S. To germinate or not to germinate: a question of dormancy relief not germination stimulation. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 22, p. 243-248, 2012.

GALINDO, E. A. et al. Germinação e vigor de sementes de *Crataeva tapia* L. em diferentes temperaturas e regimes de luz. **Revista Ciência Agronômica**, Paraíba, v. 43, n. 1, p. 138-145, 2012.

GASPAR-OLIVEIRA, C. M. et al. Duração do teste de germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 30-38, 2008.

GODOI, S.; TATAKI, M. Efeito da temperatura e a participação do fitocromo no controle da germinação de sementes de embaúba. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, p. 87-90, 2005.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. Handbook of vigour test methods. 3th ed. Zürich: ISTA, 1995. 117 p.

HESSEL, C. L. E. et al. Mesa densimétrica e qualidade fisiológica de sementes de brachiária. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 22, n. 3, p. 73-76, 2012.

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.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.

HONÓRIO, I. C. G. et al. Influência de diferentes substratos na germinação de jambun (*Spilanthes oleracea* L. – Asteraceae). **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 21-25, 2011.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Germination. In: _____. **International rules for seed testing**. Bassersdorf, 2004. p. 5.1-5.5; 5A.1-5A.50.

JEROMINI, T. S. et al. Análise computadorizada de plântulas na avaliação do vigor de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 4, p. 5570, 2018.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. p. 816.

KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin) Griseb no Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.

KOBORI, N. N. et al. Efeito da temperatura e do regime de luz na germinação de sementes de palmeira-leque-da-china (*Livistona chinensis* (Jack.) R. Br. ex. Mart.). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 29-36, 2009.

KOEFENDER, J. et al. Influência da temperatura e da luz na germinação da semente de calêndula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 207-210, 2009.

- LABOURIAU, L. G. Uma nova linha de pesquisa na fisiologia da germinação das sementes. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34., 1983, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBB, 1983. p. 11-50.
- LEMES, E. S. et al. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de aveia preta por meio do teste de condutividade elétrica. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 5-10, abr. 2015.
- LIMA, C. R. et al. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* TUL. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 216-222, 2011.
- LIMA, D. C. et al. Sistema de análise automatizada do vigor de sementes. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, São Carlos, 2014. **Anais...** São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2014. p. 45.
- LOPES, J. C. et al. Influência de temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de beralha. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 18-24, 2005.
- LORENTZ, L. H.; NUNES, U. R. Relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 798-804, 2013.
- MACHADO, C. F.; CÍCERO, S. M. Metodologia para a condução do teste de germinação e utilização de raios-x para a avaliação da qualidade de sementes de aroeira branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.). **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 12, n. 1/3, p. 28-34, 2002.
- MACIEL, C. G. et al. Avaliação de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. **Floresta Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 55-61, 2013.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCHI, J. L.; CÍCERO, S. M.; GOMES JUNIOR, F. G. Utilização da análise computadorizada de plântulas na avaliação do potencial fisiológico de sementes de amendoim tratadas com fungicidas e inseticidas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 652-662, 2011.
- MARCOS FILHO, J. Teste de vigor de sementes: uma visão geral da perspectiva passada, presente e futura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, ago. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390162015000400363&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- MELO, L. F. et al. Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, p. 667-674, 2016.
- MENDONÇA, V. Z. et al. Corn production for silage intercropped with forage in the farming-cattle breeding integration. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 738-745, 2014.

MILES, J. W.; VALLE, C. B. Manipulation of apomixes in *Brachiaria* breeding. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. *Brachiaria*: biology, agronomy, and improvement. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1996. p. 164-177.

MONDO, V. H. V. et al. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

NANI, T. F. **Citogenética de espécies de *Brachiaria***: contribuições para a construção de mapas físicos. 2015. 124 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes**. Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP IPEF, 1998. (Informativo Sementes). Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

NERY, M. C. et al. **Produção de sementes forrageiras**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 47 p. (Boletim Técnico, 88).

OLIVEIRA, F. N. et al. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro vermelho (*Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 658-666, out./dez. 2016.

OLIVEIRA, S. S. C. et al. Seleção de progênies de nabo-forrageiro para a germinação sob altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 217-222, 2014.

PARMEJANI, R. S.; SILVA, R. B.; MELLO, R. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de forrageiras comercializadas no estado de Rondônia: safra 2012/2013. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 24, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.abrates.org.br/img/informations/d199fc2d-1279-4f13-98e2-77622f4163b3_IA_v24_n3.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2019.

PASCUALI, L. C. et al. Germinação de sementes de pinhão manso em diferentes temperaturas, luz e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1435-1440, jul./ago. 2012.

PEREIRA, D. S. et al. Physiological changes in hybrid *Brachiaria* cv. Mulato II after accelerated aging to overcome dormancy. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 244-253, 2017.

PESKE, S. T.; VILELLA F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora UFPel, 2012. 573 p.

PILAU, F. G. et al. Germinação de sementes de crambe em diferentes temperaturas e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1825-1830, set./out. 2012.

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

QUADROS, D. G. et al. Componentes da produção e qualidade de sementes dos cultivares Marandú e Xaraés de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf colhidas por varredura manual ou mecanizada. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 2019- 2028, 2012.

RAGONHA, E. P.; OLIVEIRA, G. P.; SILVA, D. C. B. Comparação dos testes de germinação e tetrazólio para análise de vigor de sementes de forrageiras. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 12, n. 2, p. 63-66, jun. 2018.

RANZANI, R. E. et al. Efeitos de diferentes substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Foeniculum vulgare*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 363-366, 2016.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

REIS, D. F. A. et al. A influência da luz na germinação das sementes de rabanete (*Raphanus sativus*, L.). **AdolesCiência - Revista Júnior de Investigação**, Lisboa, v. 3, n. 1, dez. 2014.

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, p. 970-976, jun. 2015.

RODRIGUES, A. P. D. C. et al. Temperatura de germinação em sementes de estilosantes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4 p. 166-173, 2010.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. Vigor de sementes de milho cv. ‘Sertanejo’ por testes baseados no desempenho de plântulas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 1910-1916, 2015.

SILVA, A. B.; LANDGRAF, P. R. C.; MACHADO, G. W. O. Germinação de sementes de braquiária sob diferentes concentrações de giberelina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 657-662, mar./abr. 2013.

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, G. Z. et al. Evaluation the physiological quality of *Brachiaria brizantha* cv. BRS ‘Piatã’ seeds. **Bioscience Journal**, Uberlândia, n. 3, v. 33, p. 572-580, 2017.

SILVA, G. Z. et al. Multivariate analysis and vigor tests to determine the quality of *Brachiaria decumbens* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 291-299, 2019.

SILVA, S. F.; FERRARI, J. L. Descrição botânica, distribuição geográfica e potencialidades de uso da *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 302, 2012.

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.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2405-2414, 2014.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

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

TOMAZ, C. A. et al. Duração do teste de germinação do capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 80-87, 2010.

TORRES GONZÁLES, A. M.; MORTON, C. M. Molecular and morphological phylogenetic analysis of *Brachiaria* and *Urochloa* (Poaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 37, p. 36-44, 2005.

VALLE, C. B. et al. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 30-77.

VAZQUEZ, G. H.; BERTOLIN, D. C.; SPEGIORIN, C. N. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 18-24, jan./mar. 2011.

VELA, R. S. et al. Quebra de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 41-59, 2018.

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 17 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC %), condutividade elétrica (Cond. – $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes), germinação final (GF %), emergência 25 e 30 °C (E25 – E30 %), índice de velocidade de emergência 25 e 30 °C (IVE25 - IVE30 °C), tempo médio de emergência 25 e 30 °C (TME25 - 30 °C dias), obtidos pela análise visual.

Valores médios do comprimento total (CT 7 – cm), comprimento do hipocótilo (CH 7 – cm), comprimento da raiz (CR 7 – cm) e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH 7/CR 7) de nove lotes de sementes de braquiária obtidos pela análise de imagens, avaliados aos sete dias após a semeadura na temperatura alternada de 20-35 °C.

Lote	PC	Cond.	TZ	GF	E25	IVE25	TME25	E30	IVE30	TME30	CT 7	CH 7	CR 7	CH 7/ CR 7
1	58 a	48,27 b	85 a	67 a	63 a	5,36 a	6,08 a	43 a	3,31 a	6,78 a	14,89 a	5,37 a	9,52 a	1,82 b
2	47 a	52,25 a	81 a	56 a	54 a	4,12 a	7,25 b	36 a	3,18 a	6,20 a	14,03 a	5,34 a	8,68 b	1,67 c
3	39 b	53,47 a	74 a	48 a	57 a	4,82 a	6,18 a	37 a	3,55 a	5,78 a	14,17 a	5,13 a	9,05 a	1,80 b
4	48 a	50,66 a	80 a	61 a	57 a	4,82 a	6,15 a	42 a	3,45 a	7,24 a	13,60 a	4,53 b	9,07 a	2,06 a
5	53 a	47,13 b	83 a	59 a	63 a	5,29 a	6,52 b	40 a	3,52 a	6,65 a	13,49 a	4,67 b	8,81 b	1,93 b
6	48 a	46,58 b	83 a	63 a	55 a	4,47 a	6,57 b	36 a	3,12 a	7,30 a	14,19 a	5,11 a	9,08 a	1,82 b
7	36 b	46,83 b	76 a	57 a	65 a	5,74 a	5,95 a	50 a	4,76 a	6,06 a	14,07 a	4,91 b	9,15 a	1,89 b
8	42 b	50,40 a	78 a	54 a	59 a	4,87 a	6,75 b	49 a	4,35 a	6,39 a	13,91 a	5,39 a	8,51 b	1,61 c
9	41 b	55,98 a	79 a	58 a	63	5,06 a	6,98 b	39 a	3,54 a	6,33 a	13,92 a	5,43 b	8,49 b	1,60 c
CV (%)	16,98	6,68	6,52	12,34	16,14	16,14	6,33	30,4	37,99	16,5	4,67	6,17	4,57	5,58

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 18 - Valores médios de primeira contagem de germinação (PC %), condutividade elétrica (Cond. – $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes), germinação final (GF %), emergência 25 e 30 °C (E25 – E30 %), índice de velocidade de emergência 25 e 30 °C (IVE25 - IVE30 °C), tempo médio de emergência 25 e 30 °C (TME25 - 30 °C dias), obtidos pela análise visual.

Valores médios do comprimento total (CT 14 – cm), comprimento do hipocótilo (CH 14 – cm), comprimento da raiz (CR 14 – cm) e a razão do comprimento do hipocótilo pelo comprimento da raiz (CH 14/CR 14) de nove lotes de sementes de braquiária obtidos pela análise de imagens, avaliados aos 14 dias após a semeadura na temperatura alternada de 20-35 °C.

Lote	PC	Cond.	TZ	GF	E25	IVE25	TME25	E30	IVE30	TME30	CT 14	CH 14	CR 14	CH 14/ CR 14
1	58 a	48,27 b	85 a	67 a	63 a	5,36 a	6,08 a	43 a	3,31 a	6,78 a	16,67 a	6,20 a	10,46 a	1,72 b
2	47 a	52,25 a	81 a	56 a	54 a	4,12 a	7,25 b	36 a	3,18 a	6,20 a	16,34 b	6,10 a	10,23 a	1,72 b
3	39 b	53,47 a	74 a	48 a	57 a	4,82 a	6,18 a	37 a	3,55 a	5,78 a	17,26 a	6,61 a	10,64 a	1,62 b
4	48 a	50,66 a	80 a	61 a	57 a	4,82 a	6,15 a	42 a	3,45 a	7,24 a	16,30 b	6,11 a	10,19 a	1,67 b
5	53 a	47,13 b	83 a	59 a	63 a	5,29 a	6,52 b	40 a	3,52 a	6,65 a	16,67 a	6,11 a	10,55 a	1,76 a
6	48 a	46,58 b	83 a	63 a	55 a	4,47 a	6,57 b	36 a	3,12 a	7,30 a	16,84 a	5,93 a	10,90 a	1,87 a
7	36 b	46,83 b	76 a	57 a	65 a	5,74 a	5,95 a	50 a	4,76 a	6,06 a	15,72 b	5,45 b	10,26 a	1,89 a
8	42 b	50,40 a	78 a	54 a	59 a	4,87 a	6,75 b	49 a	4,35 a	6,39 a	17,08 a	6,35 a	10,72 a	1,71 b
9	41 b	55,98 a	79 a	58 a	63	5,06 a	6,98 b	39 a	3,54 a	6,33 a	15,98 b	5,60 b	10,38 a	1,86 a
CV (%)	16,98	6,68	6,52	12,34	16,14	16,14	6,33	30,4	37,99	16,5	3,63	4,73	3,90	4,90

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, agrupam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).