

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DA
GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Syagrus schizophylla (Mart.) Glass. (ARECACEAE)

RÔMULO ANDRÉ BELTRAME

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DA
GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Syagrus schizophylla (Mart.) Glass. (ARECACEAE)

RÔMULO ANDRÉ BELTRAME

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”.

Orientadora: Prof^a. Janie Mendes Jasmim
Coorientador: Prof. Henrique Duarte Vieira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCH / UENF**

017/2018

B453 Beltrame, Rômulo André.

Aspectos fisiológicos e morfológicos da germinação, crescimento e produção de mudas de *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (Arecaceae) / Rômulo André Beltrame – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

118 f.: il.

Bibliografia: f. 97 - 118.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientadora: Janie Mendes Jasmim.

Coorientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Palmeira Ornamental. 2. Armazenamento de Sementes. 3. Tetrázólio. 4. Trocas Gasosas. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 634.974

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DA
GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Syagrus schizophylla (Mart.) Glass. (ARECACEAE)

RÔMULO ANDRÉ BELTRAME

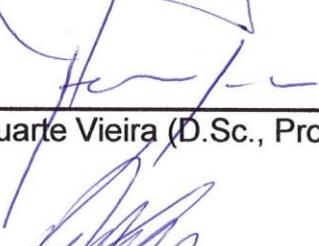
“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2018.

Comissão Examinadora



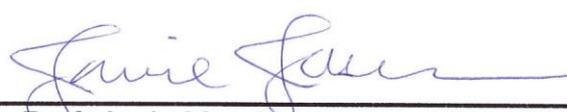
Prof. Eliemar Campostrini (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Henrique Duarte Vieira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. José Carlos Lopes (D.Sc., Ciências) – UFES



Prof. Janie Mendes Jasmim (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

A Deus.

Aos meus pais, Maria Lúcia André Beltrame e Elson Antônio Beltrame.

Às minhas irmãs, Luana André Beltrame e Lara André Beltrame.

Aos meus sobrinhos, Alice Beltrame Bolçoni e João Beltrame Pires.

À minha namora Isabella Ribeiro e ao meu cunhado Miller Pires.

Aos meus amigos e demais familiares.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus por mais uma oportunidade concedida, por minha saúde, concessão diária de determinação, misericórdia e proteção.

Aos meus pais, Elson Antônio Beltrame e Maria Lúcia André Beltrame, exemplos de amor e dedicação. Obrigado pelo apoio em todos os momentos da minha vida. As minhas queridas irmãs, Luana Beltrame e Lara Beltrame e, a minha namorada, Isabella Ribeiro. Muito obrigado!

Ao meu primeiro orientador na jornada científica, Guilherme Rocha Lino de Souza, pela oportunidade concedida e por despertar meu interesse pela pesquisa.

Ao meu orientador de mestrado, Professor José Carlos Lopes, pela confiança, amizade, apoio e, principalmente, pelos seus conhecimentos.

À minha orientadora deste curso de doutorado, Janie Mendes Jasmim, pela amizade, apoio e conhecimento que me deram suporte e contribuíram para minha formação acadêmica e conclusão de mais uma etapa na minha vida. Agradeço também ao meu coorientador, Henrique Duarte Vieira e ao professor Eliemar Campostrini, pela amizade, pelos ensinamentos e oportunidade de trabalharmos juntos.

Ao professor José Carlos Mendonça, por nos ceder os equipamentos para o monitoramento da umidade relativa e da temperatura do ar da área experimental.

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

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

Aos funcionários da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Especialmente ao funcionário do Laboratório de Fitotecnia, sala 116, Detony José Calenzani Petri.

Aos amigos e amigas de Laboratório, Universidade e República, Rodolfo Teixeira, Rodolpho Artur, Afonso Venturim, Fábio Volpini, Diego Furlan, Lucas Machado, Saulo Pireda, Diego Peçanha, Marcus Vinícius, Flavio Wirlan, Amanda Justino, Mariá Amorim, Kariane Sousa, Mariana Maitan, Luan Baritiello, Jefferson Silva e Weverton Rodrigues.

Aos meus professores, os verdadeiros formadores de cabeças pensantes desse País, que tive o privilégio de conviver durante a vida, pelos ensinamentos transmitidos ao longo destes anos de estudos.

Muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Classificação de sementes quanto à tolerância à dessecação.....	4
2.2. Longevidade de sementes.....	6
2.3. Deterioração de sementes.....	8
2.4. Embalagens e Armazenamento de Sementes	12
2.5. Luz e fotossíntese	15
2.6. Qualidade e intensidade luminosa.....	16
3. TRABALHOS	19
CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E MORFOLÓGICA DA GERMINAÇÃO.....	19
DE <i>Syagrus schizophylla</i> (Mart.) Glass. (ARECACEAE)	19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
Local de estudo, colheita e processamento de sementes	23
Curva de absorção de água pela semente	23
Teste de emergência	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25

Padrão de absorção de água das sementes	26
Teste de emergência	28
Morfologia e biometria de diásporos e plântulas	32
CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE <i>Syagrus schizophylla</i> (Mart.) Glass. (ARECACEAE) DURANTE O ARMAZENAMENTO	42
RESUMO	42
ABSTRACT	43
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS	45
Colheita dos frutos e processamento dos diásporos	45
Classificação fisiológica em relação à dessecação e ao armazenamento	46
Armazenamento das sementes	47
Viabilidade e vigor das sementes pelo teste de tetrazólio	47
Teste de emergência	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Syagrus schizophylla</i> (Mart.) Glass. EM RESPOSTA AO GRADIENTE DE LUZ	65
RESUMO	65
ABSTRACT	66
INTRODUÇÃO	67
MATERIAL E MÉTODOS	68
Obtenção das plântulas, transplântio e gradientes de luz	68
Análise de crescimento	72
Trocias gasosas, fluorescência da clorofila <i>a</i> e intensidade de verde	73
Caracterização morfológica foliar	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
4. RESUMO E CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

RESUMO

BELTRAME, Rômulo André; Engenheiro Agrônomo, D.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2018. Aspectos fisiológicos da germinação, crescimento e produção de mudas de *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (Arecaceae). Orientadora: Prof^a. Janie Mendes Jasmim; Coorientador: Prof. Henrique Duarte Vieira.

Syagrus schizophylla é uma palmeira com potencial ornamental ameaçada de extinção. Diante da escassez de informações e de metodologias validadas na literatura para a condução de testes de germinação e produção de mudas de qualidade, este estudo foi realizado e dividido em três capítulos. No primeiro, objetivou-se identificar as fases da absorção de água durante a germinação de sementes sob diferentes tratamentos de escarificação. Testou-se a germinação de sementes nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C. Os aspectos morfológicos e biométricos de diásporos e plântulas foram descritos. No segundo, objetivou-se analisar o comportamento das sementes durante a dessecação e o armazenamento. Sementes não armazenadas (tempo zero-testemunha) e armazenadas por três, seis, nove e onze meses foram submetidas ao teste do tetrazólio nas concentrações de 0,1; 0,2 e 0,3%. Ainda, analisou-se a viabilidade e vigor de sementes armazenadas pelo teste de emergência nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C. No terceiro capítulo, o objetivo foi estudar os aspectos fisiológicos do crescimento e a qualidade de mudas produzidas sob diferentes

intensidades luminosas. Durante os 210 dias do período experimental foram avaliados: altura das plantas, diâmetro do coleto, número de folhas, comprimento do pecíolo, comprimento e largura foliar, trocas gasosas, fluorescência da clorofila a e intensidade de verde da folha, a área foliar, massa seca da parte aérea e do sistema radicular, massa seca total, índice de qualidade de Dickson, massa da folha por unidade de área, suculência e densidade foliares. A embebição de diásporos com ruptura no tegumento e de sementes intactas aumentou e antecipou a germinação de sementes de *S. schizophylla*. A temperatura constante de 30 °C é a recomendada para a germinação de sementes e obtenção de plântulas de *S. schizophylla*. A germinação de sementes de *S. schizophylla* é criptocotiledonar, hipógea do tipo remota tubular. A classificação fisiológica das sementes durante o armazenamento e dessecação indicaram comportamento recalcitrante. A viabilidade e vigor das sementes podem ser estimados pelo teste de tetrazólio nas concentrações de 0,1 e 0,2%. Ocorreu a queda da porcentagem de emergência de plântulas de *S. schizophylla* no decorrer do tempo de armazenamento nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C. Houve diferenças significativas das taxas de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e a razão da concentração interna para a concentração externa de CO₂ de plantas de *S. schizophylla* nos diferentes gradientes de luz e entre os ciclos de avaliação. A relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima não foi significativa nos ciclos 1 e 2. Houve diferença do índice de desempenho fotossintético (PI) nos diferentes gradientes de luz e ciclos de avaliação. Houve aumento significativo da altura das plantas, da área foliar, da largura foliar, do comprimento foliar e do pecíolo e, também, da massa seca da parte aérea e do sistema radicular no decorrer do tempo. A tela chromatinet® vermelha 50% favorece as trocas gasosas de plantas de *S. schizophylla*. Há queda da intensidade de verde, índice SPAD, nos gradientes de luz G₁ e G₂. As plantas de *Syagrus schizophylla* oriundas do gradiente de luz G₂, cobertura com uma tela chromatinet® vermelha 50% e com a incidência de luz média de 913,16 μmol fótons m⁻² s⁻¹, apresentam o maior índice de qualidade de Dickson.

ABSTRACT

BELTRAME, Rômulo André; Agronomist, D.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February 2018. Physiological aspects of the germination, growth and sapling production of *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (Arecaceae). Advisor: Prof^a. Janie Mendes Jasmim; Co-Advisor: Prof. Henrique Duarte Vieira.

Syagrus schizophylla is an endangered palm tree with ornamental potential. Given the scarcity of information and validated methodologies in the literature for the carryin out germination tests and for the yield of quality saplings, this study was carried out and divided into three chapters. In the first one, the objective was to study and to identify the water absorption phases during seed germination under different scarification treatments. Seed germination was tested at 25, 30 and 25-35 °C. The morphological and biometric aspects of diaspores and seedlings were described. In the second one, the objective was study and to analyze the behavior of the seeds during desiccation and storage. Non-stored seeds (zero-control time) and seeds stored for three, six, nine or eleven months were subjected to the tetrazolium test at 0.1, 0.2 and 0.3%. The viability and vigor of stored seeds were also analyzed by means of the emergency test at 25, 30 and 25-35 °C. In the third chapter, the objective was to evaluate the physiological aspects of growth and the quality of saplings grown under different light intensities. During the 210 days of the experimental period plant height, stem diameter, number of leaves, petiole length, leaf length and width, gas exchange, chlorophyll a fluorescence and leaf

green intensity, leaf area, dry mass of shoot and root system, total dry mass, Dickson quality index, leaf mass per area unit, and leaf succulence and density were evaluated. The imbibition of diaspores with rupture in the integument and of intact seeds increased and accelerated germination. The constant temperature of 30 °C can be used for seed germination and seedling production of *S. schizophylla*. Seed germination of *S. schizophylla* is cryptocoledonar, hypogea of the tubular remote type. The physiological classification of the seeds during storage and desiccation indicated recalcitrant behavior. The viability and vigor of the seeds can be estimated by the tetrazolium test at concentrations of 0.1 and 0.2%. The percentage of emergence of *S. schizophylla* seedlings decreased during the storage time at temperatures of 25, 30 and 25-35 °C. There were significant differences in the rates of liquid photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and the ratio of internal concentration to external CO₂ concentration of *S. schizophylla* plants under different light intensities and among evaluation cycles. The relationship between variable fluorescence and maximum fluorescence was not significant in cycles 1 and 2. There was a difference in the photosynthetic performance index (PI) in the different light intensities and evaluation cycles. There was also a significant increase in plant height, leaf area, leaf width, leaf and petiole length, as well as dry masses of shoots and roots with of time. The 50% red chromatinet® screen favors the gas exchanges of *S. schizophylla* plants. There is a drop in the green intensity, SPAD index, in the light gradients G₁ and G₂. The *Syagrus schizophylla* plants from the G₂ gradient, with a 50% chromatinet red screen and the average light incidence of 913.16 μmol photons m⁻² s⁻¹, presented the highest quality index of Dickson.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de preservação e de conservação da biodiversidade dos ecossistemas terrestres têm sido significativamente reportadas nas últimas décadas, principalmente diante das perspectivas de mudanças climáticas futuras.

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) destaca dentre as mudanças climáticas futuras, o aumento da temperatura e da concentração do CO₂ atmosférico, assim como, as irregularidades nos padrões de distribuição das chuvas (Ipcc, 2014). Ainda, a destruição da camada de ozônio estratosférico e, conseqüentemente, maior exposição terrestre à radiação ultravioleta e o seu impacto no crescimento e desenvolvimento das plantas tem sido abordada frequentemente (Vass, 2012; Wargente e Jordan, 2013; Williamson et al., 2014 e Guidi et al., 2016).

Adicionalmente, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) para responder à demanda por alimentos até 2050, a produção mundial de alimentos deverá ter um acréscimo de aproximadamente 70%, considerando uma população mundial estimada em 9 bilhões de pessoas (FAO, 2015).

Atualmente, no Brasil, a Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, é o órgão responsável pela implementação de políticas sobre a biodiversidade, além de regular a identificação de áreas prioritárias para pesquisa, conservação e, também, promoção do uso sustentável de espécies nativas (Brasil, 2017).

Diante destes fatos e da importância da biodiversidade para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres e persistência da vida no planeta, tem-se buscado informações no que se refere ao padrão de distribuição, adaptabilidade, crescimento e desenvolvimento de plantas de interesse ambiental e econômico, como, por exemplo, algumas espécies de palmeiras.

As palmeiras são pertencentes à família Arecaceae e ocorrem em todas regiões brasileiras, principalmente nos biomas da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, compreendendo 37 gêneros, 296 espécies e 24 subespécies (Leitman et al., 2015a). Apesar disso, estudos sobre a ecofisiologia das palmeiras ainda são escassos na literatura (Oliveira et al., 2015).

Dentre as espécies de palmeira de interesse ambiental e comercial, temos a *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glassman, nativa do Brasil, com potencial ornamental/paisagístico, catalogada como criticamente em perigo de extinção pelo Centro Nacional de Conservação da Flora, principalmente pela ação antrópica em seu *habitat* natural (Prieto e Messina, 2012). *S. schizophylla*, popularmente conhecida como, licuriroba, aricuriroba e coco-babão, distribuindo-se endemicamente pela Região Nordeste do Brasil, em bioma de Mata Atlântica em vegetação de Restinga, nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe (Leitman et al., 2015b). Ainda, a licuriroba está listada como planta de alimento não convencional, cujos frutos podem ser utilizados como fonte alternativa de carboidratos, proteínas e lipídeos (Padilha et al., 2017).

Deste modo, diante da escassez contundente de informações e de metodologias validadas na literatura para a condução de testes de germinação e produção de mudas de qualidade em um curto espaço de tempo da palmeira *S. schizophylla* (Brasil, 2009; 2013), a necessidade de pesquisas voltadas para os aspectos fisiológicos e morfológicos da germinação, crescimento e produção de mudas é reforçada. Os resultados deste estudo possibilitarão importantes avanços no processo de domesticação, visando sua exploração comercial sustentável.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, estudar e caracterizar os aspectos fisiológicos e morfológicos da germinação, crescimento e produção de mudas da palmeira *S. schizophylla*. Os objetivos específicos foram: i) identificar as fases da absorção de água durante a germinação de sementes sob diferentes tratamentos de escarificação; ii) avaliar a germinação de sementes em

diferentes temperaturas; iii) caracterizar os aspectos morfológicos e biométricos de diásporos e plântulas, durante os estádios do processo de germinação, com base em seus atributos quantitativos e qualitativos externos; iv) analisar a resposta das sementes durante a dessecação e o armazenamento; v) verificar a viabilidade de sementes armazenadas pelo teste do tetrazólio; vi) avaliar a viabilidade de sementes armazenadas pelo teste de emergência; vii) analisar os aspectos fisiológicos do crescimento e a qualidade de mudas produzidas em diferentes gradientes de luz.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Classificação de sementes quanto à tolerância à dessecação

Para a classificação das sementes nas categorias: i) ortodoxas; ii) intermediárias e iii) recalcitrantes, tem-se adotado a metodologia proposta por Hong e Ellis (1996), sendo avaliada a tolerância à dessecação pelo teste de viabilidade das sementes.

As sementes são submetidas aos testes propostos no protocolo e classificadas como recalcitrantes quando a maioria das sementes não toleram a desidratação entre 10-12% de umidade base úmida (b.u). Adicionalmente, quando a maioria das sementes toleram a dessecação até 5% de umidade b.u e não suportam o armazenamento a -20 °C por 90 dias, são classificadas como intermediárias. Por último, quando a maioria das sementes toleram a desidratação a 5% de umidade b.u e resistem ao armazenamento a -20 °C por 90 dias, são classificadas como ortodoxas (Hong e Ellis, 1996).

Neste contexto, durante a última fase da embriogênese, o teor de água das sementes ortodoxas é intensamente reduzido. De outro modo, em sementes recalcitrantes a secagem não ocorre, sendo as sementes dispersadas da planta mãe ainda com o teor de água elevado. Isso acontece devido a mecanismos evolutivos adquiridos/perdidos em resposta às condições climáticas favoráveis à germinação de espécies de clima tropical, cujas sementes em sua maioria

apresentam recalcitrância, não havendo necessidade de mecanismos de estabilização putativos (Radwan et al., 2014; Xia et al., 2014).

Com o progresso das pesquisas com sementes, a classificação atual de semente recalcitrante, intermediária e ortodoxa representada pela tolerância à dessecação, temperatura e manutenção da viabilidade das sementes tem sofrido modificações com o objetivo de se conhecer diferentes graus de recalcitrância, levando-se em consideração informações como longevidade no armazenamento, dormência e vigor (Barbedo et al., 2013).

Nos estádios iniciais de desenvolvimento, as sementes recalcitrantes e ortodoxas apresentam elevada atividade metabólica, que no decorrer do progresso da maturação, aquelas tolerantes à dessecação apresentam uma queda dessa atividade metabólica, enquanto as sementes sensíveis continuam com taxa metabólica crescente até o seu desprendimento da planta mãe (Barbedo et al., 2013). A incapacidade das sementes recalcitrantes de paralisar o seu metabolismo pode ser uma das possíveis razões da sua sensibilidade à desidratação (Berjak e Pammenter, 2013).

A existência de uma categoria intermediária evidencia a variação natural nas respostas das sementes às perdas de água, evidenciando a natureza dos mecanismos metabólicos do desenvolvimento que conferem diferentes limites de tolerância à dessecação e de longevidade de sementes no armazenamento (Walters, 2015).

Neste contexto, o acúmulo de proteínas solúveis nos vacúolos pode promover maior resistência das células quanto às perdas de água. O tamponamento das células é conferido pela deposição de amido e lipídeos. A condensação da cromatina durante a replicação e transcrição do DNA, juntamente com o desmantelamento do citoesqueleto podem estar associados à aquisição da tolerância à dessecação pelas sementes (Berjak e Pammenter, 2013).

Nas células do eixo embrionário de sementes recalcitrantes maduras, os vacúolos são proeminentes e podem estar relacionados aos mecanismos de expressão da tolerância à dessecação por estes sofrerem danos durante a desidratação, havendo um colapso vacuolar causado pelo seu enchimento e dessecação sucessivos (Farrant et al., 1997; Berjak e Pammenter, 2013).

A classificação das sementes quanto à dessecação possibilita a elaboração de estratégias que favoreçam a manutenção da sua viabilidade ao longo do tempo nos ambientes de armazenamento *ex situ*. A complexidade de mecanismos que envolvem a avaliação da recalcitrância de sementes ainda dificulta a determinação do seu grau, e a compreensão das variações existentes na fisiologia pós-colheita entre as diferentes sementes (Xia et al., 2014).

2.2. Longevidade de sementes

Algumas sementes são capazes de manterem-se viáveis por um certo período de armazenamento e, quando colocadas em condições favoráveis, são capazes de germinar. O tempo máximo de armazenamento das sementes sem a perda da viabilidade pode ser definido como longevidade (Toledo e Marcos-Filho, 1977).

A longevidade de sementes pode ser determinada pela velocidade em que o potencial de germinação se perde com o tempo, culminando com a deterioração e morte das sementes (Powell e Matthews, 2012; Veselova et al., 2015). A deterioração das sementes manifesta-se pela sua incapacidade de originar plântulas normais, isto é, com todos os órgãos necessários para a sobrevivência bem formados e desenvolvidos (Veselova et al., 2015).

A busca por conhecimento sobre os mecanismos associados à longevidade de sementes se deu, principalmente a partir do século XX, pela necessidade de manutenção de bancos de genes por meio de coleções de sementes (Nagel et al., 2016). O envelhecimento de sementes durante o armazenamento em banco de genes pode resultar em perda da diversidade genética (Groot et al., 2012).

Sementes ortodoxas podem ser armazenadas em ambientes secos depois de serem dispersadas da planta mãe (Vidigal et al., 2016). Essas características de tolerância à dessecação são induzidas durante a fase de maturação das sementes, quando ocorrem modificações físicas, fisiológicas e bioquímicas (Bewley et al., 2013).

A indução de mecanismos protetores à dessecação é coordenada antes ou durante a secagem por meio de estímulos de pré-condicionamento como o estresse osmótico, restritos a certas fases do ciclo de desenvolvimento (Leprince

e Buitink, 2015). No entanto, Oliver et al. (2011) e Erkut e Kurzchalia (2015) descreveram que o acúmulo de carbono, nitrogênio e enxofre estão associados à reforma do metabolismo pela síntese de açúcares não redutores, proteínas de estresse e antioxidantes, enquanto o sistema de transporte de elétrons é desativado para evitar o estresse oxidativo.

Inevitavelmente, as sementes perdem de forma progressiva o vigor e a capacidade de germinar com o armazenamento. Por isso, a longevidade das sementes se torna uma característica ecológica e agrônômica importante (Nguyen et al., 2015; Chen et al., 2016).

Existem diversos fatores que podem influenciar a longevidade das sementes armazenadas. Dentre eles, a temperatura e a umidade relativa (UR) são consideradas como fatores cruciais (Nguyen et al., 2015). É comum durante o armazenamento considerar a regra básica da soma da temperatura, em Fahrenheit (°F), e a umidade relativa (%) de armazenamento, não podendo ultrapassar o valor de 100 (Bewley et al., 2013).

Há um consenso geral de que as sementes maduras apresentam maior longevidade no armazenamento em comparação àquelas fisiologicamente imaturas, no entanto, atrasar a colheita das sementes também pode diminuir a sua longevidade, visto que estarão sujeitas às condições de envelhecimento no campo, como altas temperaturas e umidade (Bewley et al., 2013).

A composição da atmosfera dos ambientes de armazenamento tem sido levada em consideração em relação à longevidade das sementes. O oxigênio (O₂) pode favorecer reações oxidativas e consequente deterioração e perda da viabilidade das sementes. O oxigênio tem sido utilizado em testes de deterioração controlada de sementes, nos quais há um aumento de até 100 vezes da concentração de O₂ atmosférico (Bewley et al., 2013). Groot et al. (2012) desenvolveu a metodologia de elevada pressão parcial de oxigênio (EPPO), na qual aplica-se uma pressão de até 18 MPa nas sementes, o que aumenta a oxidação das sementes secas. A deterioração causada pela exposição à EPPO pode ser equiparada à deterioração observada em sementes armazenadas em longo prazo.

A perda da viabilidade e, por conseguinte, a diminuição da longevidade de sementes ocorre gradualmente devido aos danos moleculares que comprometem a integridade de membranas, proteínas, DNA e mitocôndrias (Bewley et al., 2013).

Segundo Wang et al. (2015), a perda da viabilidade é reflexo da morte celular programada. Futouo-M et al. (2015) associaram a diminuição da viabilidade de sementes de *Moringa oleifera* com a perda da integridade da membrana, confirmada pelo extravasamento de eletrólitos.

Segundo Plue et al. (2013), do ponto de vista ecológico, quaisquer fatores com a capacidade de alterar a dinâmica natural dos bancos de sementes nas florestas podem afetar a regeneração de plantas, a dinâmica populacional e a preservação de espécies, seguidamente da dinâmica da comunidade vegetal e animal.

Entre as espécies existe grande variação natural da longevidade. Nguyen et al. (2012) relacionaram a longevidade com genes (QTL - *Quantitative Trait Loci*), sugerindo que esta característica possa ser induzida geneticamente. Rajjou et al. (2012) enfatizaram a importância de estudos genômicos para a compreensão dos processos e mecanismos de reparação que conferem maior longevidade às sementes.

2.3. Deterioração de sementes

O processo de envelhecimento ou deterioração de sementes é um dos principais problemas na produção agrícola e conservação dos bancos de germoplasma (Wang et al., 2015). A deterioração pode ser caracterizada como um fenômeno complexo de modificações fisiológicas contínuas e irreversíveis que se inicia ainda durante a maturação da semente, ocorrendo de forma progressiva e paulatinamente na secagem, armazenamento e germinação (Delouche e Baskin, 1973; Nagel e Borner, 2010; Vidigal et al., 2016).

O processo de deterioração de sementes envolve diversos mecanismos controladores associados a progressivos danos moleculares, mudanças metabólicas e celulares (Roberts, 1973). Algumas reações podem ocorrer mesmo quando as sementes estão com baixos teores de água, dentre elas, a fermentação, oxidação e peroxidação são as mais recorrentes (Mira et al., 2016; Walters et al., 2010).

De acordo com Mira et al. (2016), essas reações têm sido associadas ao envolvimento de enzimas e à diminuição de substratos e produtos dessas reações. No entanto, ainda não foi elucidado se ocorre uma catálise enzimática.

Chatelain et al. (2013) associaram a enzima metionina redutase sulfóxido com a promoção da longevidade de sementes de *Mendicago trunculata*, por reduzir a metionina sulfóxido, da oxidação de proteínas, em metionina.

A combinação de altas temperaturas e umidade relativa tem sido utilizada em testes de envelhecimento acelerado ou deterioração controlada. Quando as sementes são submetidas a altas temperaturas e umidade relativa próxima de 100% O teste é comumente chamado de envelhecimento acelerado, e quando entre 60 e 85%, é denominado de deterioração controlada (ISTA, 2012).

Esses testes permitem correlacionar a viabilidade das sementes durante o teste à longevidade em condições favoráveis e o vigor das sementes, possibilitando a classificação de diferentes lotes de sementes (Bewley et al., 2013). O vigor da semente pode ser entendido como o nível de energia que ela dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (Carvalho e Nakagawa, 2012). O teste de germinação e do tetrazólio podem ser utilizados para estimar o vigor e a viabilidade de sementes, respectivamente (BRASIL, 2009). Outros testes como condutividade elétrica, pH do exsudato (fenolfitaleína), também podem ser utilizados (Dode et al., 2013).

O teste de tetrazólio é um teste de resposta rápida em presença do sal 2,3,5 trifenil cloreto ou brometo tetrazólio, usado como indicador para revelar os processos de redução que acontecem dentro das células vivas. Nas células vivas, por meio do processo de hidrogenação do sal, é produzido o formazan, substância de coloração avermelhada. Assim, tecidos vivos se colorem e os tecidos mortos, não (Dias e Alves, 2008).

Em armazenamento de sementes com baixos teores de água combinado a condição de umidade relativa <50%, a respiração, geração de ATP, transcrição, tradução e atividade enzimática são restringidas quase que totalmente (Bewley et al., 2013). De acordo com Groot et al. (2012), a atividade enzimática é influenciada diretamente pela temperatura, que por sua vez, interferem na fluidez das membranas e acúmulo de lipídeos. As reações bioquímicas e diferentes processos de deterioração de sementes são influenciadas pela atividade da água, temperatura e atmosfera (Nagel et al., 2016).

A respiração é a oxidação completa de compostos de carbono a CO₂ e água (H₂O), através da sucessão de reações, cujo acceptor final de elétrons é o oxigênio, conservando e liberando energia na forma de ATP (Taiz et al., 2017).

Outros fatores extrínsecos podem ser correlacionados aos estresses abióticos durante o desenvolvimento da semente, como a maturidade, colheita, secagem e limpeza (Nagel et al., 2016). Dode et al. (2013) e Mendes et al. (2009) relataram a eficiência do aparelho de Pettenkofer para a determinação da atividade respiratória, liberação de CO₂, pelas sementes de soja, o que permitiu diferenciar lotes com diferentes níveis de vigor.

Bewley et al. (2013) descreveram alguns processos relacionados com a deterioração de sementes quanto ao nível de hidratação. Os autores descreveram que abaixo de 50% de umidade relativa há uma diminuição da mobilidade de moléculas e substratos necessários para o metabolismo devido a um aumento da viscosidade celular. No entanto, devido a maior disponibilidade de O₂, pode haver a formação de espécies reativas de oxigênio (EROS), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), superóxido (O₂⁻) e radical hidroxila (HO·), ocasionando danos no DNA e gerando anormalidades cromossômicas. Alguns antioxidantes como tocoferóis, fenóis e ascorbato são capazes de paralisar a ação dos radicais livres. Todavia, em baixos níveis de hidratação, os sistemas enzimáticos de regeneração de antioxidantes são quiescentes (Bewley et al., 2013). No tegumento das sementes são encontrados alguns antioxidantes cuja função é proteger o embrião de danos oxidativos (Chen et al., 2016). No nível de hidratação II (UR de 70% ou ≈ -50 MPa), conhecido como grau de umidade de equilíbrio, apenas reações químicas ocorrem e as reações enzimáticas, em sua maioria, são limitadas à fase lipídica.

Entre os níveis II e III de hidratação (70-90% de UR) ocorrem algumas reações enzimáticas e baixos níveis de respiração em nível de substrato podem ser detectados. Maiores taxas de respiração são detectadas no nível IV de hidratação, a partir do qual ocorre a síntese de proteínas e ácido nucleico. No entanto, processos fisiológicos ativos somente ocorrem quando o nível de hidratação atinge o nível V (>99% de UR ou ≈ -1,5 MPa). Os níveis IV e V de hidratação são obtidos pelo processo de embebição das sementes (Bewley et al., 2013).

Conforme as sementes são hidratadas, nível I ao III, principalmente, tende a ocorrer a peroxidação de lipídeos, ocasionada pela abstração de hidrogênio por uma radical hidroxila (Figura 2). As sementes oleaginosas são mais propensas a sofrer deterioração durante o armazenamento devido ao seu elevado teor de lipídios (Dias et al., 2016). Essa peroxidação de lipídeos resulta em uma maior

permeabilidade da membrana e gera subprodutos, como os aldeídos reativos, que podem provocar danos a proteínas e ácidos nucleicos (Bewley et al., 2013). Medeiros et al. (2013) concluíram que a peroxidação lipídica durante o armazenamento reduz significativamente a qualidade fisiológica de sementes de amendoim.

Nos níveis de hidratação II a IV, alguns mecanismos enzimáticos de proteção e reparação são ativados pela influência da água, assim como alguns processos metabólicos. Entretanto, espécies reativas de oxigênio (EROS) podem ser geradas devido à atividade respiratória terminal ineficiente. Como ainda não há um equilíbrio entre a produção de antioxidantes pelas enzimas e a geração de EROS pela respiração, tal desequilíbrio metabólico tem sido correlacionado com danos nas sementes durante a desidratação na maturação (Bewley et al., 2013). No nível III de hidratação, a deterioração tende a ser mais drástica, pois todas as reações prejudiciais podem ocorrer (formação de EROS, reações química, reações enzimáticas, reações metabólicas e respiração).

Nos níveis de hidratação IV e V ocorrem diversas modificações nos constituintes celulares e reorganização de membranas, devido ao aumento das tensões provocadas pela entrada de água nas células. Com isso, é essencial que os mecanismos de reparação do DNA estejam ativados. Caso a reparação não ocorra, a expressão de genes pode ser inativada e a funcionalidade de certas proteínas ficaria comprometida (Bewley et al., 2013).

Teores elevados de água das sementes durante o armazenamento podem favorecer aos processos de deterioração pelo aumento do consumo de reservas pela respiração, seguido da degradação de membranas, e proliferação de microrganismos, reduzindo a germinação e o vigor (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Existem muitos fatores envolvidos com a longevidade de sementes durante o armazenamento. Por isso, o entendimento dos mecanismos fisiológicos, moleculares e genéticos associados ao envelhecimento de sementes pode contribuir para a geração de metodologias que possibilitem o estudo do processo de deterioração de sementes ortodoxas e recalcitrantes (Groot et al., 2012). Mira et al. (2016) relataram que a compreensão da natureza e da cinética de substâncias durante o envelhecimento de sementes, possibilita a adoção de práticas supressoras da deterioração.

2.4. Embalagens e Armazenamento de Sementes

O objetivo do armazenamento é preservar a qualidade fisiológica das sementes, tornando-as disponíveis no decorrer do tempo. Groot et al. (2015) enalteceram a importância da manutenção da viabilidade de sementes durante o armazenamento *ex situ*, por meio de bancos de germoplasma, pois possibilita e viabiliza a conservação de recursos genéticos ameaçados.

Entretanto, fatores como temperatura, umidade relativa, teor de água das sementes e embalagem utilizada podem influenciar significativamente na manutenção da germinação e vigor das sementes durante o armazenamento (Carvalho; Nakagawa, 2012). Por isso, a compreensão da fisiologia de sementes durante a secagem e armazenamento torna-se imprescindível, visto que há sementes ortodoxas e recalcitrantes com diferentes graus de tolerância à dessecação, requerendo condições especiais para a manutenção da viabilidade (Alves et al., 2015).

A fisiologia da semente é afetada por manterem constantemente troca de umidade com o meio. Dessa maneira, o grande desafio do armazenamento é controlar a troca de água entre a semente e o meio (Neto e Barbedo, 2015). A energia livre da água pode ser relacionada intrinsecamente à longevidade das sementes, uma vez que ativa o metabolismo respiratório, quando em teores elevados, favorecendo às reações deletérias do processo de deterioração durante a secagem (Barbedo et al., 2013).

Para que haja equilíbrio higroscópico entre as sementes e o ambiente, a pressão de vapor da superfície da semente tem de ser igual à pressão de vapor do ambiente (Carvalho; Nakagawa, 2012). A dinâmica de trocas de água entre as sementes e o ambiente podem ser controladas no armazenamento (Neto e Barbedo, 2015).

A relação entre a umidade relativa do ambiente de armazenamento e o teor de água das sementes (umidade das sementes), pode interferir no equilíbrio de eventos metabólicos do envelhecimento, podendo ocorrer a perda da viabilidade (Maciel et al., 2015; Dias et al., 2016). Tradicionalmente, sementes ortodoxas são armazenadas *ex situ* com baixos teores de água e em baixas temperaturas (Groot et al., 2015).

Armazenar sementes por longos períodos se tornou possível graças à capacidade evolutiva adquirida pelas sementes ortodoxas de tolerar a

dessecação. Apesar disso, mesmo com baixos teores de água, o processo envelhecimento não cessa. De acordo com Waterworth et al. (2015), os primeiros danos nas sementes surgem por meio da combinação dos processos de dessecação e reidratação, simultaneamente com a queda das atividades de reparação celular no estado hidratado. Em consequência, verifica-se certo acúmulo de danos em proteínas, lipídeos de membranas e DNA.

Condições adversas durante o armazenamento de sementes resultam em progressivos danos celulares e a consequente necessidade de certo período de reparos podem estar associados ao retardo da germinação, indicado por sementes de baixo vigor (Powell e Matthews, 2012).

Pensando em favorecer à manutenção da viabilidade das sementes durante o armazenamento nos bancos de germoplasma, em 2013, a Comissão de Recursos Genéticos para a Agricultura e Alimentação reformularam as normas para armazenamento e secagem em termos específicos do teor de água das sementes e temperatura (Groot et al., 2015). Adicionalmente, de acordo com Groot et al. (2015), a reformulação das normas inclui o emprego de recipientes herméticos para o armazenamento em longo prazo de sementes ortodoxas.

O tipo de embalagem a ser utilizada para o armazenamento das sementes é fundamental para a manutenção da longevidade (Dias et al., 2016). Nos bancos de germoplasma, as sementes têm sido acondicionadas em recipientes como: i) sacos de alumínio selados, ii) latas de metal seladas, iii) frascos de vidro com vedação de borracha, iv) frascos de vidros com tampas de plástico rosqueável e v) recipientes de plástico ou papel para armazenamento temporário (Groot et al., 2015).

Neste contexto, Masseto et al. (2012) verificaram que o armazenamento de sementes de *Copernicia alba* acondicionadas em saco plástico transparente, com espessura de 0,25 mm, e destinadas ao armazenamento em câmara fria e seca ($16\pm 2^{\circ}\text{C}$ / 55% UR) e congelador (-18°C), durante 30 dias, foram suficientes para reduzir o tempo médio de germinação e manutenção da viabilidade das sementes. Sanjeevani et al. (2013) acondicionaram sementes de *Livistona rotundifolia* e testaram armazená-las a $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, em refrigerador a $4-8^{\circ}\text{C}$ e em congelador a -2°C , com ou sem a combinação com pó de coco umedecido, por até cinco meses. Estes autores verificaram que sementes armazenadas em placas de petri (controle) perderam a viabilidade entre 2-4 semanas de

armazenamento. As sementes armazenadas em combinação com pó de coco umedecido a 26 ± 2 °C apresentaram 57 e 86% de germinação após dois e cinco meses, respectivamente. Todavia, o armazenamento em sacos de polietileno a 4-8 °C combinado com pó de coco umedecido, favoreceu a manutenção da viabilidade das sementes em todo período experimental.

Adicionalmente, Sementes de *Euterpe oleraceae*, cultivar BRS Pará, foram acondicionadas em sacos de polietileno com diferentes teores de água (43,4; 37,4; 30,3; 26,1; 21,0; 15,1 e 11,9%) e submetidas ao armazenamento nas temperaturas de 10, 15 e 20 °C, durante 360 dias, sendo realizada uma avaliação a cada 30 dias. Nascimento et al. (2010) observaram que a dessecação das sementes até 37,4% não afeta a qualidade fisiológica das sementes. No entanto, teores de água abaixo de 37,4% favoreceram de forma progressiva a deterioração, ocorrendo a perda total da viabilidade das sementes quando o teor de água atingiu 15,1%. Os autores relataram que a conservação das sementes com teor de água de 37,4% a 20 °C ocorreu por 270 dias após o armazenamento.

Além disso, objetivando avaliar o armazenamento de sementes de *Euterpe edulis* em atmosfera modificada, passiva e ativa, Ribeiro et al. (2010) observaram que a modificação da atmosfera contribuiu para preservar a viabilidade das sementes por até 150 dias de armazenamento. Quando esse período se estendeu até 480 dias, a atmosfera modificada (AM) passiva e a AM ativa com injeção de N₂ possibilitaram as melhores condições para a conservação da qualidade fisiológica de sementes de *E. edulis*. Estes autores citaram que a redução da concentração de O₂ e CO₂ na atmosfera do ambiente de armazenamento, injetando-se N₂ e absorvedor de CO₂ (Cal hidratada), está associada à diminuição do metabolismo das sementes e degradação de reservas, e as embalagens de polietileno de baixa densidade impedem trocas gasosas e perda de umidade para o ambiente.

Durante o armazenamento alguns fatores bióticos, como a infestação por fungos e o ataque de pragas podem contribuir para a aceleração da deterioração das sementes, diminuindo a longevidade e, conseqüentemente, a perda da viabilidade. Alguns fungos dos gêneros *Alternaria*, *Fusarium*, e *Helminthosporium* spp., podem resultar em grandes infestações fúngicas que aceleraram a deterioração das sementes, principalmente quando ocorre o aumento combinado da umidade e temperatura. Outros gêneros de fungos do armazenamento são o

Aspergillus e *Penicillium* que causam a deterioração das sementes e geram micotoxinas (Bewley et al., 2013).

A ocorrência de fungos, decorrentes da combinação de diferentes umidades e temperaturas durante o armazenamento de sementes de *E. oleraceae*, foi estudada por Nascimento e Moraes (2011). Os autores concluíram que a infestação por fungos dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* associados às sementes foi suprimida na temperatura constante de 20 °C em sementes com teor de água entre 37 e 43%, que permaneceram viáveis.

Ainda, alguns insetos como curculionídeos (gorgulhos), ácaros, brocas e besouros podem causar danos durante o armazenamento de sementes. Todavia, a fumigação, o armazenamento hermético e a combinação de baixas umidades e temperaturas durante o armazenamento têm sido efetivos no controle (Bewley et al., 2013).

Atualmente, a conservação *ex situ* de recursos genéticos pelos bancos de germoplasma têm ganhado cada vez mais importância. A FAO estabelece diversas normas para a conservação de sementes ortodoxas por longos períodos, sendo acondicionada em recipientes herméticos e armazenadas no estado seco, em equilíbrio com a baixa umidade relativa (aproximadamente 15%) e baixas temperaturas, geralmente a -18 °C (FAO, 2013).

Agora, como as sementes recalcitrantes não toleram a dessecação, tem-se adotado a técnica de criopreservação, onde tecidos biológicos (meristemas, por exemplo) são congelados a -196 °C em nitrogênio líquido ou no estado de vapor a -140 para -160 °C (Berjak e Pammenter, 2013).

2.5. Luz e fotossíntese

A luz natural é essencial para o processo fotossintético, pois quando a luz incide sobre o mesófilo foliar, carotenoides e clorofilas são excitados e a energia resultante é então transferida para centros de reação denominados de fotossistemas (PSII e PSI), onde é iniciado o transporte de elétrons através da cadeia transportadora (Fromme e Grotjohann, 2008). Lichtenthaler (1987), em seus estudos relatou que sob luz branca, a solução contendo clorofilas *a* (em maior quantidade) e clorofilas *b* (considerada pigmento acessório) possui o ponto máximo de absorção de fótons na região de 428 e 660 nm (clorofila *a*) e na região

de 452 e 641,8 nm (clorofila *b*), em solução de éter etílico, metanol e acetona 80%.

2.6. Qualidade e intensidade luminosa

A intensidade e a qualidade espectral possuem variações conforme a hora do dia, estação do ano, geografia, clima, como também dentro de um dossel e até mesmo dentro da célula (Murchie e Niyogi, 2011). Estes autores relataram ainda que estes fatores contribuíram para a evolução de um conjunto notável de mecanismos do processo fotossintético, no sentido de minimizar essas flutuações e para que a capacidade de assimilar carbono e a produção de biomassa pelas plantas alcancem padrões aceitáveis.

A diversidade de respostas fisiológicas das plantas geradas pela exposição às diferentes intensidades luminosas é relacionada aos mecanismos de adaptação ao *habitat* (Lopes e Alexandre, 2010). A disponibilidade de luz de forma irregular num dossel de floresta ou conforme a estação do ano pode desencadear alterações morfoanatômicas e na distribuição de biomassa das folhas responsáveis pela fotossíntese, relação clorofila *a/b*, espessura foliar e densidade estomática (Osunkoya et al., 1994).

Para que haja assimilação de CO₂ atmosférico, a condição *sine qua non* é que a planta esteja com os estômatos abertos. Neste contexto, é sabido que as plantas têm a fotossíntese potencializada nas radiações com comprimento de ondas referentes à luz azul (400-500 nm) e vermelha (600-700 nm) (Miao et al., 2016). A luz azul é mais eficiente do que a luz vermelha no processo de abertura estomática, pois o comprimento de ondas é absorvido mais eficientemente por receptores fora do aparelho fotossintético (Aasamaa e Aphalo, 2015), bem como pela zeaxantina (carotenoide presente nas células estomática dos tilacóides). Por efeito cascata, ocorre a sinalização da proteína de membrana ATPase, que retira H⁺ de dentro do citoplasma das células estomáticas. Deste modo, com a diminuição da concentração de H⁺ no citoplasma, há entrada de íons K⁺ na célula, tornando o potencial osmótico (ψ_s) mais negativo e conseqüentemente, o potencial hídrico (ψ_w) também fica mais negativo, provocando um gradiente de entrada de água na célula, aumentando o potencial de pressão (ψ_p), ocasionando a abertura dos estômatos (Taiz et al., 2017).

No entanto, de forma mais lenta, portanto, menos eficiente quando comparada à luz azul, a luz vermelha também pode induzir a abertura estomática, pois ao incidir sobre os cloroplastos, o ATP e NADP gerados entram no ciclo de Calvin-Benson, resultando em triose fosfato e sacarose. Com isso, o ψ_s e o ψ_w da célula se tornam mais negativos, provocando a entrada de água na célula e um consequente aumento do ψ_p e a abertura dos estômatos acontece (Taiz et al., 2017; Aasamaa e Aphalo, 2015).

Com incidência de luz branca sobre as folhas, há aumento rápido da condutância estomática (g_s), o que pode se dar devido à luz branca ser composta por várias cores (comprimentos de ondas diferenciados), e este aumento da g_s ser a soma das respostas dos diferentes componentes da luz branca (Aasamaa e Aphalo, 2015).

Dumont et al. (2013) relataram que os estômatos são especialmente sensíveis à luz azul, no entanto, Boccalandro et al. (2012) relataram que a taxa de abertura estomática em relação ao aumento da incidência de luz vermelha também é notável. Miao et al. (2016) relataram que a PSII é bastante sensível à qualidade de luz e que a luz azul pode aumentar o rendimento quântico (F_v/F_m). Os mesmos autores relataram também que as combinações de luz azul e vermelha podem promover o aumento da taxa fotossintética líquida, teor de clorofila e biomassa das plantas.

A radiação vermelha e a azul são capazes de maximizar a capacidade fotossintética pela ação direta dessas duas faixas do espectro eletromagnético, tanto nas etapas fotoquímicas, quanto nas etapas bioquímicas da fotossíntese (Hogewoning et al., 2007).

Atualmente para avaliar a capacidade fotossintética das plantas, tem-se utilizado como parâmetro a fluorescência da clorofila, relacionada aos efeitos não estomáticos (eficiência fotoquímica) do processo fotossintético (Figueiredo et al., 2014). A fluorescência da clorofila é uma fraca radiação vermelha distante, bastante específica das plantas, pois é emitida somente por pigmentos, como a clorofila *a* (Van Wittenberghe et al., 2014). Esta técnica se baseia em medir a fluorescência emitida pelos elétrons ejetados dos pigmentos fotossintetizantes, na fase fotoquímica, que não foram utilizados na síntese de ATP e NADPH, por meio dos PSII e PSI que retornam aos pigmentos reemitindo luz (Campbell e Farrell, 2006; Baker, 2008; Vieira et al., 2010).

As modificações na organização da membrana dos tilacóides, inibição da fotossíntese e de evolução do oxigênio pelas interações com elementos do PSII, podem ser relacionados à fluorescência da clorofila (Hussain e Reigosa, 2011; Gao et al., 2016).

A determinação do teor de clorofila das plantas tem sido utilizada no diagnóstico do estresse de plantas (Castro et al., 2014). A fluorescência da clorofila é emitida na faixa espectral de 650-850 nm, sendo caracterizada em dois picos. O primeiro ocorre a 687 nm (vermelho) e o segundo a 741 nm (vermelho distante), possibilitando obter informações sobre possíveis danos ou inibições na transferência de elétrons e, conseqüentemente, fazer inferências sobre o estresse de plantas pelo rendimento quântico (Fv/Fm) dos centros de reação abertos do PSII (Van Wittenberghe et al., 2014).

Num dossel, as folhas de sub-bosque ou folhas de sombra possuem mecanismos que podem maximizar a captura de luz, ao mesmo tempo que reduzem os custos de manutenção. Segundo Way e Pearcy (2012) as folhas de sombra apresentam aumento de área foliar específica (com poucas camadas de células paliçádicas), aumento das concentrações de clorofila *b*, e baixa concentração da Rubisco; ocorrendo o oposto nas folhas expostas ao sol.

Folhas de sub-bosque quando expostas a um brusco aumento da densidade de fluxo de fótons, como os causados pelos “*sunflecks*” por exemplo, possuem respostas variáveis em relação à taxa fotossintética, gerando um retardo na assimilação do CO₂ antes mesmo de atingir a taxa de assimilação máxima. Este atraso pode estar associado à limitações bioquímicas (regeneração da Rubisco e ativação enzimática) e à abertura estomática (Chen et al., 2011; Wong et al., 2012).

De acordo com Taiz et al. (2017), a baixa intensidade luminosa pode provocar o alongamento do caule, em razão do estiolamento, o que sugere que as espécies podem se comportar de maneira diferente em relação aos sombreamentos. Para Larcher (2006), a adaptação às baixas luminosidades é uma característica genética, que pode ocasionar mudanças na estrutura anatômica e nas propriedades fisiológicas das plantas, de forma que o uso efetivo da radiação solar disponível seja potencializado.

3. TRABALHOS

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E MORFOLÓGICA DA GERMINAÇÃO DE *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (ARECACEAE)

RESUMO

A pesquisa foi dividida em dois experimentos. No primeiro, objetivou-se identificar as fases da absorção de água durante a germinação de sementes de *Syagrus schizophylla* sob diferentes tratamentos de escarificação: diásporos intactos, escarificados, com ruptura no endocarpo e sementes intactas. No segundo, testou-se a germinação de sementes nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C, avaliando-se: primeira contagem de germinação (%), emergência (%), plântulas anormais (%), sementes não germinadas (%), curva de emergência, índice de velocidade de emergência e o tempo médio de emergência. Posteriormente, os aspectos morfológicos e biométricos de diásporos e plântulas foram descritos com base em seus atributos quantitativos e qualitativos externos. A curva de embebição dos diferentes tratamentos de escarificação apresentou padrões diferentes de absorção de água. A porcentagem de emergência foi de 53, 61 e 47% nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C, respectivamente. O maior índice de velocidade de emergência foi obtido na temperatura de 25 °C. O tempo médio de

emergência foi de aproximadamente 36 dias em todas as temperaturas estudadas. Os diásporos apresentaram grande variabilidade de forma e tamanho, apresentando formato globoso a ovóide com comprimento médio de 2,44 cm e largura de 1,39 cm. Os primeiros eófilos das plântulas apresentaram em média 6,73 cm no 60º dia após a semeadura (DAS) e 12,08 cm no 90º DAS. A germinação de sementes de *S. schizophylla* pode ser classificada como criptocotiledonar, hipógea do tipo remota tubular.

Palavras-chave: Sementes, licuriroba, palmeira, temperatura, morfologia.

PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (ARECACEAE) GERMINATION

ABSTRACT

The interest in *Syagrus schizophylla* as an ornamental palm tree and the demand for conservation and preservation of the species led to this research. The research was divided into two experiments. In the first one, the aim was to identify the water absorption phases of seeds during germination under five scarification treatments as follows: intact diaspores, scarified diaspores, diaspores with endocarp rupture and intact seeds. In the second experiment, germination was tested at 25, 30 e 25-35 °C; the first germination count, seedling emergence, abnormal seedlings, non-germinated seeds, the emergence curve, the emergence speed index and the mean time of emergence were evaluated. Afterwards, the morphological and biometrical characteristics of diaspores and seedlings were described. The water absorption curve observed under the different scarification treatments showed different water absorption patterns. Emergence percentages were 53, 61 and 47% at 25, 30 and 25-35 °C, respectively. The highest emergence speed index was obtained at 30 °C. The mean time of emergence was 30 days, approximately, under all the temperatures tested. The diaspores showed a great variability in both

shape and size, presenting a globular to ovoid shape with an average length of 2.44 cm and an average width of 1.39 cm. The germination can be classified as hypogeal crypto cotyledonal of the remote-tubular type.

Key words: seed, licuriroba, palm tree, temperature, morphology.

INTRODUÇÃO

A semente representa a estrutura chave no ciclo de vida da maioria das plantas, por meio da qual ocorre a dispersão e perpetuação das espécies (Maia et al., 2014). As sementes representam o principal meio de regeneração de plantas e servem de alimento para humanos e animais, sendo fonte de proteínas, amido e lipídeos, que são sintetizados e acumulados durante o seu desenvolvimento e maturação, portanto, estudos envolvendo sementes tornam-se indispensáveis (Bewley et al., 2013).

Syagrus schizophylla (Mart.) Glass. é uma palmeira terrícola com elevado potencial ornamental, popularmente conhecida como licuriroba, aricuriroba, nicuriroba, coco-babão e coco-caboclo. A espécie é nativa do Brasil e pertencente à família Arecaceae, distribuindo-se pela Região Nordeste, tendo ocorrência comprovada nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, predominantemente em vegetação de Restinga e bioma de Mata Atlântica (Leitman et al., 2015b). Este último, um dos biomas mais ameaçados do planeta e com maior biodiversidade (Alonso et al., 2015).

Com a intensificação do processo de fragmentação das florestas nativas, ocasionada pelo extrativismo desordenado dos recursos naturais e pela pressão urbana e turística mobiliária em seu *habitat*, a espécie *S. schizophylla* encontra-se listada como potencialmente ameaçada de extinção pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (Prieto e Messina, 2012). Deste modo, quaisquer estudos que visem determinar as condições adequadas para a germinação das sementes, como, a avaliação dos efeitos da temperatura, pode fornecer valiosa informação sobre a propagação e fisiologia da espécie *S. schizophylla*, contribuindo assim, para a preservação.

As sementes da maioria das palmeiras apresentam dormência morfofisiológica, principalmente relacionada à imaturidade do embrião e impermeabilidade do endocarpo (Baskin e Baskin, 2014). Estudos recentes com palmeiras do cerrado abordaram sobre a ocorrência da dormência fisiológica não profunda (Neves et al., 2013; Ribeiro et al. 2011), que foi relacionada com a dificuldade de histodiferenciação do embrião, devido à quantidade de reservas e resistência estrutural dos tecidos adjacentes (Carvalho et al., 2015).

As metodologias para a condução de testes de germinação estão disponíveis nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e nas Instruções para Análise de Espécies Florestais (Brasil, 2013). No entanto, poucas espécies florestais possuem testes validados, entre elas está a palmeira *S. schizophylla*, reforçando a necessidade de pesquisas sobre a fisiologia da germinação, que possibilitaria avanços no processo de domesticação e exploração comercial da referida espécie.

No Brasil a família Arecaceae é composta por cerca de 285 espécies, sendo 38 gêneros nativos (Leitman et al., 2015a), evidenciando a alta adaptabilidade das espécies que a compõem aos mais variados tipos de ecossistemas. Dado o padrão de distribuição espacial e a variação da riqueza de espécies e formas de vida, as palmeiras se tornam ótimos modelos para estudos que abordam a biodiversidade dos ecossistemas tropical e subtropical (Svenning et al., 2008; Eiserhardt et al., 2011).

As palmeiras são componentes essenciais em florestas neotropicais, tanto no sub-bosque quanto nos estratos superiores do dossel (Caxambú et al., 2015) e, quaisquer informações da ecologia e outros processos que possam influenciar na distribuição possuem implicações diretas na busca pela compreensão dos mecanismos de regeneração nesses ecossistemas (Andersen et al., 2010).

O interesse na espécie *S. schizophylla* como palmeira ornamental e a necessidade de preservação dessa palmeira foram a motivação para a realização deste trabalho, cujo objetivo foi estudar os aspectos fisiológicos da germinação das sementes em diferentes temperaturas bem como caracterizar morfológica e biometricamente diásporos e plântulas nos estádios iniciais de crescimento e desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo, colheita e processamento de sementes

Os frutos de *S. schizophylla* foram coletados, manualmente, após a maturação fisiológica das sementes. As plantas matrizes eram de viveiros da empresa Tropical Plantas, localizada na Rodovia Anhanguera, km 43, em Limeira, no Estado de São Paulo. Os diásporos foram extraídos através da fricção em despoldador de frutos de açaí e manualmente com o auxílio de bisturi, sendo enviados para o laboratório onde foi realizada a pesquisa.

Curva de absorção de água pela semente

Na determinação da curva de absorção de água, diásporos intactos (T1), diásporos com o endocarpo escarificado do lado oposto ao opérculo (T2), diásporos com ruptura no endocarpo (T3) e sementes intactas (diásporos com o endocarpo removido) (T4), foram acondicionados em béqueres contendo 150 mL de água destilada e mantidas em temperatura de 30 °C. O volume da água dos béqueres foi restabelecido sempre que necessário e a água trocada a cada 24 h. A pesagem ocorreu no tempo inicial e em intervalos de tempo pré-estabelecidos, de duas em duas horas nas primeiras seis horas, na 12^a hora e de 24 em 24 horas até o 28^o dia (672 horas) após o início do teste, quando houve a estabilização da germinação. As sementes foram removidas da água, secas rigorosamente na superfície, com auxílio de papel absorvente antes da pesagem que foi realizada em balança digital com precisão de 0,0001 g; posteriormente, as sementes foram recolocadas em água, conforme o método descrito por Baskin e Baskin (2001). O teor de água das sementes foi calculado em base úmida de acordo com Brasil (2009).

Teste de emergência

Objetivando-se avaliar o efeito de diferentes temperaturas na emergência de sementes de *S. schizophylla*, realizou-se um tratamento de pré-hidratação das

sementes, fazendo-se a ruptura dos endocarpos com auxílio de uma morsa, e posterior embebição em água destilada, durante 72 horas, a 30 °C, conforme o padrão estabelecido pela curva de embebição. A semeadura foi realizada em bandejas plásticas perfuradas (30 x 15 x 5 cm) contendo areia lavada e umedecida com água destilada até 80% da capacidade de retenção, a uma profundidade de aproximadamente três centímetros. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmaras tipo BOD reguladas nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C e, alternada de 25-35 °C, com fotoperíodo de 8/16 horas (claro/escuro) durante 90 dias. O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes.

A verificação do número de sementes emergidas foi realizada diariamente até que se tornasse constante, o que ocorreu no 45º dia após a semeadura. Assim, foi calculado o índice de velocidade de emergência (IVE), de acordo com Maguirre (1962): $IVE = \frac{N_1 + N_2 \dots N_i}{D_1 + D_2 \dots D_i}$, sendo $N_1 + N_2 \dots N_i$ o número de sementes emergidas na primeira contagem, segunda contagem ... i-ésima contagem, respectivamente; $D_1 + D_2 \dots D_i$ o número de dias na primeira contagem, segunda contagem ... i-ésima contagem, respectivamente. A primeira contagem de emergência foi conduzida concomitantemente com o teste de emergência, constituindo-se do registro do número de sementes germinadas no 21º dia após a semeadura, onde considerou-se como germinada aquelas sementes que apresentavam protrusão do pecíolo cotiledonar. O tempo médio de emergência (TME) foi calculado utilizando-se a equação proposta por Labouriau (1983): $TME = \frac{[\sum n_i \cdot t_i]}{\sum n}$; sendo n_i o número de sementes germinadas num intervalo de tempo, n o número total de sementes emergidas e t_i dias de germinação.

No 90º dia após a semeadura, foram computadas a porcentagem de plântulas normais, anormais e de sementes não germinadas, conforme Brasil (2009), e os resultados foram expressos em porcentagem. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para a análise estatística dos dados, foi utilizado o software R (R Core Team, 2015).

Caracterização morfológica e biométrica de diásporos e plântulas

A caracterização morfológica e biométrica dos diásporos foi embasada na análise de 60 e 100 unidades, respectivamente. A caracterização biométrica dos diásporos foi realizada com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,1 mm, sendo mensurados o comprimento, medida do ápice até a base e, a largura da porção mediana. As observações foram feitas a olho nu e com auxílio de lupa. Os parâmetros estatísticos para análise dos dados biométricos foram a média, desvio padrão e o coeficiente de variação.

As plântulas foram obtidas adotando-se a mesma metodologia do teste de emergência. As análises das plântulas foram conduzidas periodicamente no 15^o, 30^o, 45^o e 60^o dia após a semeadura. Entretanto, após a germinação (protrusão do pecíolo cotiledonar) foram realizadas observações diárias e as avaliações efetuadas à medida que surgiam novas estruturas. O crescimento e o desenvolvimento das plântulas e da raiz, bem como a coloração também foram observados. Quinze plântulas normais e sadias foram utilizadas para as descrições.

A terminologia empregada para a caracterização morfológica foi embasada em Batista et al. (2011); Henderson (2006); Santos-Moura et al. (2016); Viji et al. (2015) e Tomlinson (1960, 1961, 1990). As imagens foram editadas no software *Adobe Photoshop CS6*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise das sementes recém-colhidas revelaram valores de teor de água de 19,89% b.u, cujo peso de mil diásporos (PMD) foi de 3,65 kg. O PMD é uma informação que dá ideia do tamanho das sementes, do grau de maturação e de aspectos sanitários (Brasil, 2009). As sementes de diferentes espécies de palmeira apresentam diferentes graus de tolerância à dessecação sem que haja perda da sua viabilidade e vigor, como nas sementes de *Syagrus romanzoffiana* dessecadas até 12,7% de umidade, classificadas por Goudel et al. (2013) como tolerantes à perda de água.

Padrão de absorção de água das sementes

Diásporos de *S. schizophylla* intactos (T1), escarificados (T2), com ruptura no endocarpo (T3) e semente intacta (T4) apresentaram padrões diferentes de absorção de água (Figura 1). O teor de água inicial dos diásporos foi 19,89%.

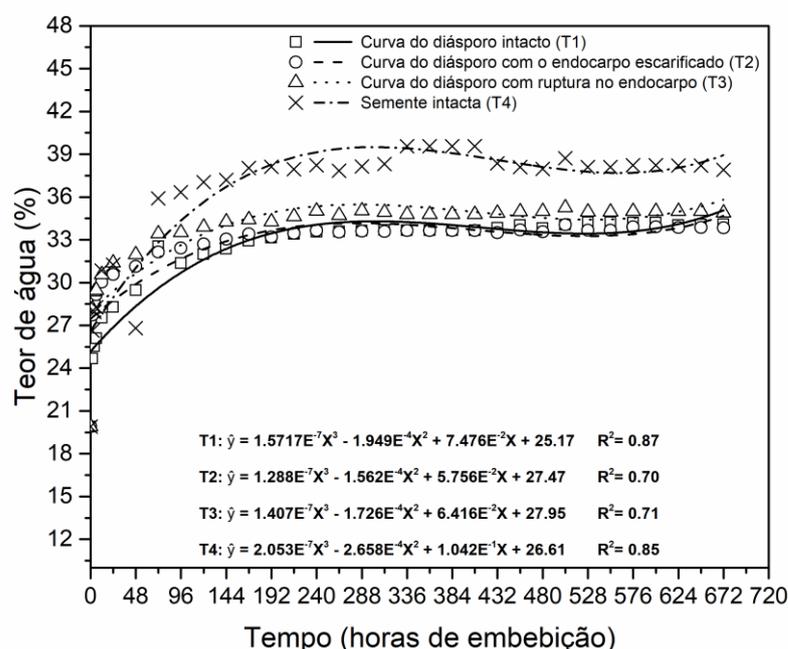


Figura 1. Absorção de água dos diásporos e sementes de *Syagrus schizophylla*. Diásporo intacto, escarificado, com ruptura no endocarpo e semente intacta.

Bewley e Black (1994) relataram que a embebição de água pelas sementes inicia-se com um ganho acelerado de água (fase I), sendo um processo físico que independe da viabilidade das sementes, desde que não haja impermeabilidade física. Em seguida, há uma certa estabilização no ganho de água (fase II) e, posteriormente, a semente volta a absorver ativamente água em maior velocidade (fase III).

Neste estudo, a absorção de água pelas sementes e o acréscimo da massa inicial foram relativamente rápidos, havendo um incremento no teor de água de aproximadamente 4,8% no T1, 7,8% no T2, 8,3% no T3 e 6,7% no T4, após duas horas do início da embebição (Figura 1). Entretanto, a embebição

dessas sementes se prolongou por até 72 horas na fase I. Carvalho e Nakagawa (2012) relataram muitas espécies nas quais a fase I durou apenas duas horas, quando passaram para a fase II de absorção de água ou período de preparação para reativação do metabolismo (Ferreira e Borghetti, 2004), considerada por Bewley e Black (1994) como fase estacionária, pois ocorre um balanço entre o potencial osmótico e o de pressão.

No início da embebição, quando as sementes viáveis atingem entre 20 e 40% de umidade, inúmeras reações fisiológicas são ativadas, como a respiração, produção de ATP, síntese de mRNA e reparação do DNA, como também a síntese de polissomos e proteínas (Bewley e Black, 1994). Neste estudo, constatou-se o início da germinação pela protrusão do pecíolo cotiledonar das sementes dos tratamentos T1 e T2 no 18º dia (432 horas) e, dos tratamentos T3 e T4 no 12º dia após o início da embebição (288 horas), caracterizando o início a fase III de germinação. A partir desses pontos, registrou-se que as sementes voltaram a absorver ativamente água, provavelmente, devido ao alongamento do eixo embrionário, caracterizando o padrão trifásico de embebição (Bewley e Black, 1994). Estes resultados sugerem que a remoção ou a ruptura do endocarpo dos diásporos favorece a embebição de água e antecipa a emergência das plântulas de *S. schizophylla*. Após 672 horas de embebição, a porcentagem de germinação estabilizou em 44% para T1, 40% para T2, 68% para T3 e 56% para T4. Sementes de *Acrocomia aculeata* sem endocarpo apresentaram rápida absorção de água nas primeiras 24 horas e mantiveram estáveis até o 10º dia de embebição, contendo 29,95% de água (Rubio Neto et al., 2012).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), identificar as fases da absorção de água pelas sementes pode contribuir na análise de impermeabilidade tegumentar e auxiliar em estudos pautados na duração de tratamentos com reguladores vegetais, condicionamento osmótico e de pré-hidratação. Conforme Pinto et al. (2012), a absorção de água por sementes de *Syagrus oleracea* depende do tempo de permanência das sementes em embebição, influenciando tanto na velocidade de germinação como na porcentagem de germinação. No entanto, Fior et al. (2013) relataram que a presença do endocarpo parece não influenciar na hidratação da semente e que o aumento do percentual de germinação pode estar relacionado à escarificação tegumentar de forma

involuntária que não é percebida durante o processamento das sementes de palmeiras.

Teste de emergência

Os resultados do teste de emergência das sementes de *S. schizophylla* estão expostos na Figura 2.

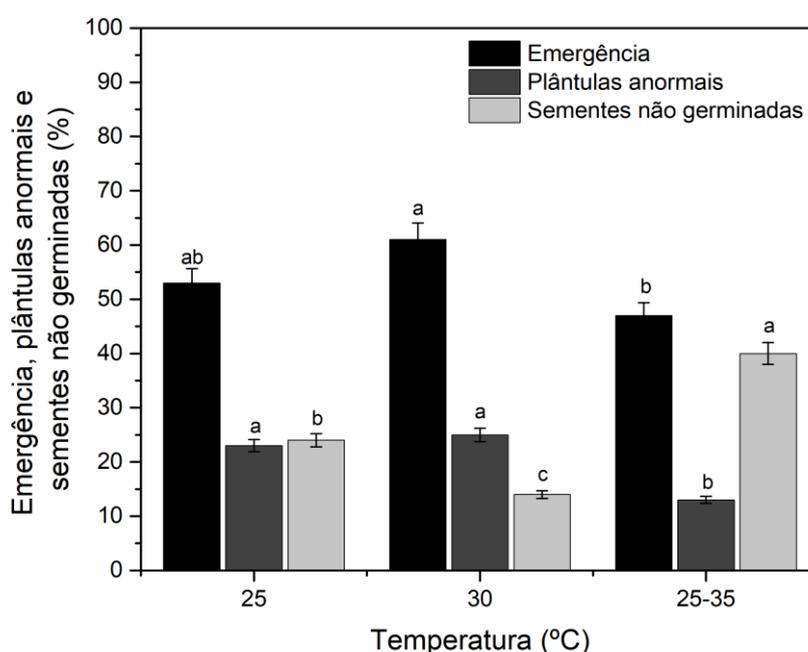


Figura 2. Emergência, plântulas anormais e sementes não germinadas (%) de *Syagrus schizophylla* em diferentes temperaturas. Cada barra representa a média das porcentagens de germinação, plântulas anormais e de sementes não germinadas nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C. As barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Verificou-se maior porcentagem de emergência na temperatura de constate de 30 °C (61%), seguida pela temperatura de 25 °C (53%) e 25-35 °C (47%). Adicionalmente, observou-se diferença estatística significativa entre a porcentagem de emergência nos tratamentos com temperaturas de 30 e 25-35 °C. Goudel et al. (2013) estudando tratamentos pré-germinativos em sementes de *Syagrus romazoffiana* também obtiveram maior porcentagem de emergência de sementes em temperatura constante de 30 °C. Do mesmo modo, Maciel e Briceño

(2009) constataram que a temperatura constante de 30 °C favoreceu a emergência de *Syagrus stenopetala*. Masetto et al. (2012) concluíram que a germinação de *Copernicia alba* foi favorecida nas temperaturas alternadas de 20-30 °C e constante de 30 °C. Por outro lado, Batista et al. (2011) obtiveram 65% de emergência de sementes intactas de *Syagrus Oleracea* semeadas em vermiculita, com a temperatura variando entre 23,4 e 28,4 °C. Segundo Teixeira et al. (2011), a temperatura constante de 25 °C foi ideal para promover a emergência de plântulas de *Archontophoenix alexandrae*.

De acordo com Bewley e Black (1994), a temperatura pode influenciar diretamente na germinação e na velocidade de germinação por interferir na velocidade de embebição das sementes e interferir nas reações de mobilização e degradação de substâncias de reserva necessárias durante a germinação, crescimento e desenvolvimento inicial da plântula.

Nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C, a média da porcentagem de plântulas anormais foi significativamente superior, 23 e 25% (Figura 2), respectivamente, àquela no tratamento com temperaturas alternadas de 25-35 °C, apresentando valor de 13% (Figura 2). Todavia, na temperatura alternada de 25-35 °C houve um acréscimo significativo de 26 e 16% da porcentagem de sementes não germinadas em relação à média obtida dos tratamentos com temperaturas constantes de 25 e 30 °C, respectivamente (Figura 2). Estes resultados podem estar associados à deterioração das sementes, que se manifesta no aparecimento de sementes cuja capacidade de originar plântulas normais fica reduzida (Delouche e Baskin, 1973; Veselova et al., 2015).

A deterioração pode ser caracterizada como um fenômeno complexo de modificações fisiológicas contínuas e irreversíveis que iniciam após a maturação da semente, ocorrendo de forma progressiva e paulatinamente na secagem, armazenamento e germinação (Nagel e Borner, 2010; Vidigal et al., 2016). O processo de deterioração de sementes envolve diversos mecanismos controladores associados a progressivos danos moleculares. Algumas reações podem ocorrer mesmo quando a sementes estão com baixos teores de água, dentre elas, a fermentação, oxidação, peroxidação e glicação são as mais recorrentes (Walters et al., 2010; Mira et al., 2016).

Estes resultados sugerem que, na temperatura alternada de 25-35 °C, o crescimento e desenvolvimento inicial de plântulas de *S. schizophylla* foi

prejudicado. Registra-se que as sementes de palmeira apresentam certa dormência, podendo ser superada sob condições ambientais específicas e tratamentos pré-germinativos, como relatado por Fior et al. (2013) estudando a emergência de sementes de *Butia odorata*.

Os resultados da curva ajustada de emergência das sementes de *S. schizophylla* evidenciaram diferentes respostas em relação às temperaturas estudadas (Figura 3).

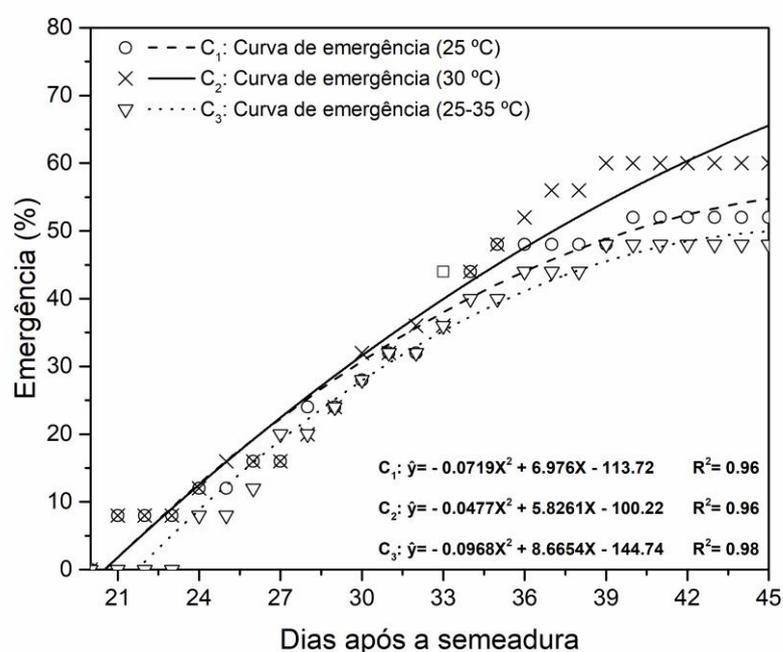


Figura 3. Curvas de emergência (%) de plântulas de *Syagrus schizophylla* nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C (p<0,05).

A curva de emergência evidencia um aumento da porcentagem de emergência das sementes independentemente da temperatura (Figura 3). Entretanto, observa-se que, a partir do 36º dia após a semeadura, o tratamento com temperatura constante de 30 °C apresentou porcentagem de emergência superior em relação aos demais tratamentos. A diferença entre a porcentagem de emergência em relação à temperatura constante de 25 °C não foi estatisticamente significativa (Figura 2).

A primeira contagem de germinação foi conduzida concomitantemente com o teste de germinação, constituindo-se do registro do número de sementes

germinadas no 21^o dia após a semeadura, considerando-se como germinada aquelas sementes que apresentavam a protrusão do pecíolo cotiledonar. As maiores porcentagens de germinação na primeira contagem foram obtidas nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C (8%) (Figura 4), seguida de 4% obtida no tratamento com temperaturas alternadas de 25-35 °C.

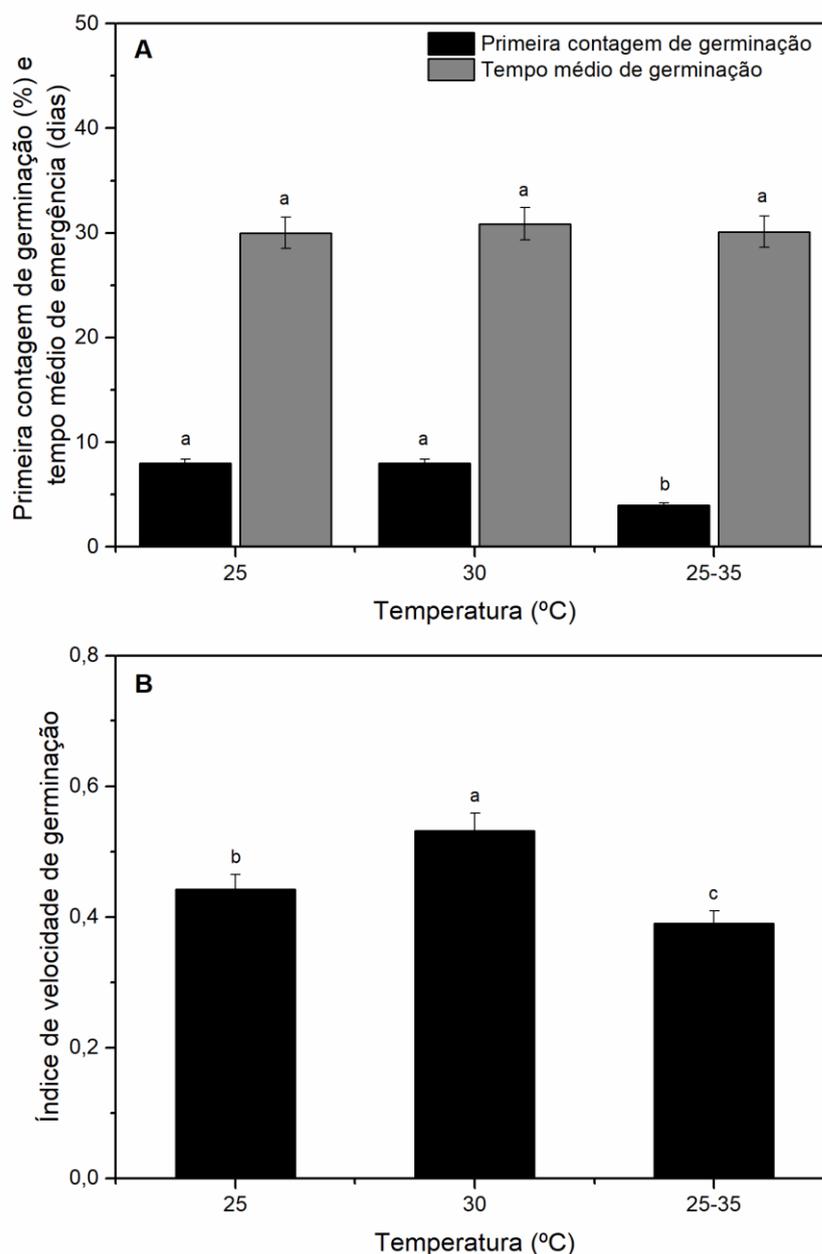


Figura 4. Primeira contagem de germinação (%) no 21^o dia após a semeadura, tempo médio de emergência (A) e índice de velocidade de emergência (B) de plântulas de *Syragrus schizophylla* em diferentes temperaturas. Cada barra igual representa a média das porcentagens de germinação na primeira contagem e do tempo médio de germinação nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C.

O tempo médio de emergência das sementes de *S. schizophylla* foi estatisticamente igual em todas as temperaturas estudadas, apresentando valor médio de aproximadamente 36 dias (Figura 4A). O maior índice de velocidade de emergência (IVE) foi obtido na temperatura constante de 25 °C (0,0274) (Figura 5), diferindo-se significativamente dos IVEs atingidos nas temperaturas de 30 e 25-25 °C (Figura 4B).

Martins et al. (2009) afirmaram que o vigor de lotes de sementes pode ser estimado pelo índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e por meio da primeira contagem de germinação, sendo a redução da velocidade de germinação uma consequência do processo de deterioração. Sendo assim, o vigor da semente pode ser entendido como o nível de energia que ela dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Fatores ambientais e biológicos inerentes à qualidade fisiológica de sementes e correlacionados às fases de sua produção, desde a floração até a colheita, como a temperatura, a disponibilidade hídrica, os aspectos nutricionais das plantas bem como a ocorrência de pragas e doenças, podem influenciar positivamente ou negativamente no seu vigor (Marcos Filho, 2005). De acordo com Mengarda e Lopes (2012) uma maior porcentagem de germinação, maior índice de velocidade de germinação e um menor tempo médio de germinação estão associados ao bom desenvolvimento inicial de plântulas. Estes índices geram valiosas informações para a formação de um estande com plântulas normais e vigorosas e são indicativos de melhor qualidade fisiológica das sementes (Marcos Filho, 2005).

Morfologia e biometria de diásporos e plântulas

Os diásporos de *S. schizophylla* apresentaram grande variabilidade de forma e tamanho, exibindo formato globoso, sendo o ápice e a base arredondados. O endocarpo lenhoso apresentou coloração acastanhada expondo as fibras do mesocarpo, também de coloração acastanhada, que ficam aderidas e distribuídas por toda a superfície (Figura 5A). As dimensões dos diásporos variaram de 1,83-3,10 cm de comprimento e 1,13-1,77 cm de largura (Tabela 1).

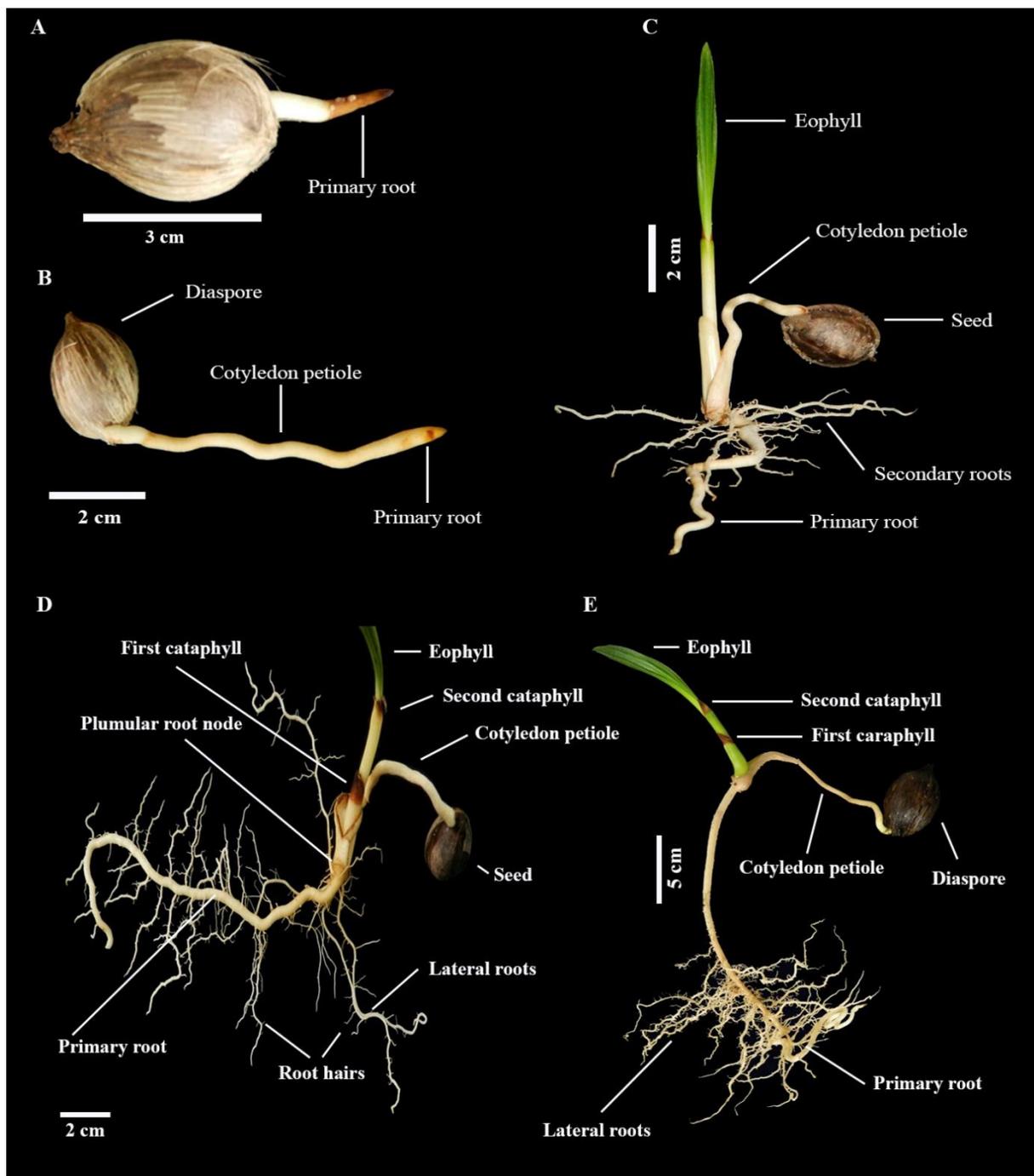


Figura 5. Morfologia e biometria de diásporos e plântula de *Syagrus schizophylla*. A) Morfologia externa do Diásporo no 15^o dia após a sementeira. B) Morfologia externa do Diásporo no 30^o dia após a sementeira. C) Morfologia da plântula no 60^o dia após a sementeira. D) Morfologia externa da raiz da plântula no 90^o dia após a sementeira. E) Morfologia externa da plântula no 90^o dia após a sementeira, evidenciando a germinação criptocotiledonar hipógea do tipo remota tubular.

Tabela 1. Dimensões, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) dos diásporos e plântulas de *Syagrus schizophylla* no 60^o e 90^o dia após a semeadura e cultivadas sob temperatura constante de 30 °C e fotoperíodo de 16/8 horas (escuro/claro).

Diásporos de <i>Syagrus schizophylla</i>					
(cm)	Máximo	Média	Mínimo	Desvio Padrão	CV (%)
Comprimento	3,10	2,44	1,83	0,391	16,08
Largura	1,77	1,39	1,13	0,181	12,92
Plântulas de <i>Syagrus schizophylla</i> no 60 ^o dia após a semeadura					
(mm)	Máximo	Média	Mínimo	Desvio Padrão	CV (%)
Ø Raiz principal	3,20	3,09	3,03	0,048	1,56
Ø do Coleto	3,42	3,20	3,09	0,125	3,89
Ø do Pecíolo cotiledonar	2,38	2,23	2,02	0,125	5,59
Comprimento do eófilo (cm)	7,06	6,73	6,01	0,341	5,07
Plântulas de <i>Syagrus schizophylla</i> no 90 ^o dia após a semeadura					
(mm)	Máximo	Média	Mínimo	Desvio Padrão	CV (%)
Ø da Raiz Principal	3,84	3,41	3,09	0,224	6,58
Ø do Coleto	4,45	4,13	3,79	0,202	4,90
Ø do Pecíolo cotiledonar	1,69	1,65	1,58	0,036	2,21
Comprimento do eófilo (cm)	13,44	12,08	10,88	0,605	5,01

Legenda: diâmetro = Ø.

As dimensões dos diásporos podem fornecer informações sobre a formação dos embriões das sementes. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), as sementes de maior tamanho normalmente apresentam maior quantidade de substâncias de reserva acumuladas durante a formação, expressando maior vigor, contendo embriões bem formados e com maior possibilidade de originarem plântulas normais.

No 15^o dia após a semeadura, observou-se o início da germinação, iniciando com a protrusão e alongamento do pecíolo cotiledonar, com sucessivas diferenciações em raiz primária, bainhas foliares, surgindo do lado oposto onde a raiz emergiu, e o primeiro eófilo. Estes resultados corroboram com as descrições de Medeiros et al. (2015) para a espécie *S. coronata*.

No 30^o dia após a semeadura, o pecíolo cotiledonar tornou-se proeminente, estruturalmente cilíndrico e de coloração branca-amarelada (Figura 5B), assemelhando-se à raiz primária e contendo o eixo embrionário, como

descrito por Santos-Moura et al. (2016) na germinação de sementes de *S. coronata* (Figura 5A-B). Luz et al. (2012) definiram o pecíolo cotiledonar de *Archontophoenix cunninghamii* como uma estrutura culbosa e oca, cuja finalidade é a absorção e translocação de reservas. Em *A. cunninghamii* o pecíolo cotiledonar cresceu até 3 cm, quando notou-se certa dilatação em sua extremidade, região de diferenciação e crescimento da raiz primária (Luz et al., 2012), assim como se registrou neste estudo (Figura 5A-B).

No 60º dia após a sementeira o diâmetro do pecíolo cotiledonar variou de 2,02-2,38 mm (Tabela 1) de coloração equivalente ao da raiz primária (Figura 5C). Adicionalmente, registrou-se que a coloração das raízes primárias, laterais e secundárias possuíam certa semelhança, apresentando coloração branco-amarelada, notadamente com a presença de pelos radiculares. Neste estágio, verificou-se o primeiro eófilo proeminente e expandido (Figura 5C). As dimensões do diâmetro da raiz principal das plântulas eram de 3,03-3,20 mm, o diâmetro do coleto 3,09-3,42 mm e o comprimento do eófilo de 6,01-7,06 cm (Tabela 1). Neste estágio, o pecíolo cotiledonar e o endocarpo estão aderidos às plântulas em pleno crescimento e desenvolvimento (Figura 5C), cujas reservas contidas nas sementes ainda são utilizadas (Santos-Moura et al., 2016).

A germinação de sementes de *S. schizophylla* pode ser classificada como criptocotiledonar, hipógea do tipo remota tubular, de acordo com o conceito descrito por Tomlinson (1961), havendo uma expansão do órgão de sucção no interior da semente e em seguida um alongamento do pecíolo cotiledonar que conduz a plântula até a superfície devido à diferenciação dos primórdios caulinares e radiculares (Figura 5A-B-C). Esse tipo de germinação pode favorecer ecologicamente a sobrevivência de *S. schizophylla* em situações de déficit hídrico e de ocorrência de predadores naturais, pois o alongamento do pecíolo cotiledonar e desenvolvimento do eixo embrionário ocorrem abaixo do nível do solo ou substrato.

A germinação das sementes de *Syagrus coronata* foi descrita também como remota tubular (Batista et al., 2011; Henderson, 2006; Santos-Moura et al., 2016). No entanto, Luz et al. (2012) classificaram a germinação de *Archontophoenix cunninghamii* do tipo remota ligulada, em que o desenvolvimento da plântula é adjacente ao diásporo.

No 90º dia após a sementeira, a raiz principal das plântulas exibiu-se bem

desenvolvidas, com raízes laterais finas e a presença de pelos radiculares, como exibido na Figura 5D. A coloração permaneceu branco-amarelada. Nesta fase, notou-se que o primeiro e segundo catafilos apresentavam coloração amarronzada. A plântula apresentava eofilo simples lanceolado de 10,88-13,44 cm de comprimento (Tabela 1), com nervação paralela e longitudinal (Figura 5E). O diâmetro da raiz principal das plântulas apresentou 3,09-3,84 mm, o diâmetro do coleto 3,79-4,45 mm e o diâmetro do pecíolo cotiledonar 1,58-1,69 mm (Tabela 1).

Em relação aos desvios padrão e coeficientes de variação dos dados biométricos dos diásporos e das plântulas no 60^o e 90^o dia após a semeadura, verifica-se que houve homogeneidade dos valores das suas dimensões, obtendo-se coeficientes de variação relativamente baixos, podendo ser classificadas como medidas com boa uniformidade e precisão dos dados obtidos (Tabela 1).

Estudos de caracterização morfológica e biométrica da unidade de dispersão, germinação e de plântulas durante o crescimento e desenvolvimento inicial podem contribuir na compreensão do ciclo biológico, bem como no manejo e preservação das espécies (Luz et al., 2012).

CONCLUSÕES

A embebição de diásporos e sementes com ruptura no tegumento e de sementes intactas aumenta e antecipa a germinação de sementes de *S. schizophylla*.

Temperaturas constantes de 25 e 30 °C são as recomendadas para a germinação de sementes e obtenção de plântulas de *S. schizophylla*.

A germinação de sementes de *S. schizophylla* é criptocotiledonar, hipógea do tipo remota tubular.

Os aspectos morfológicos e biométricos de *S. schizophylla* descritos e ilustrados demonstram-se estáveis e, portanto, confiáveis para a caracterização e identificação da espécie em processo de germinação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J.M., Leles, P.S.S., Ferreira, L.N., Oliveira, N.S.A. (2015) Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. *Revista Ciência Florestal*, 25 (1):1-11.
- Andersen, K.M., Corre, M.D., Turner, B.L., Dalling, J.W. (2010) Plant–soil associations in a lower montane tropical forest: physiological acclimation and herbivoremediated responses to nitrogen addition. *Functional Ecology*, 24 (6):1171–1180.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. (2001) *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. New York: Academic Press, 666p.
- Batista, G.S., Costa, R.S., Gimenes, R., Pivetta, K.F.L., Môro, F.V. (2011) Aspectos morfológicos dos diásporos e das plântulas de *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc – Arecaceae. *Comunicata Scientiae*, 2 (3):170-176.
- Bewley, J.D., Black, M. (1994) *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press, 445p.
- Bewley, J.D., Hilhorst, H.W., Nonogaki, H. (2013) *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3. ed., Springer, 392p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013) *Instruções para análise de espécies florestais*. Brasília, DF: Agropecuária MAPA/ACS, 98p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) *Regras para análise de sementes*. Brasília, 395p.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 590p.
- Caxambú, M.G., Geraldino, H.C.L., Dettke, G.A., Silva, A.R., Santos, E.N. (2015) Palmeiras (Arecaceae) nativas no município de Campo Mourão, Paraná, Brasil. *Rodriguésia*, 66 (1):259-270.

- Delouche, J.C., Baskin, C.C. (1973) Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. *Seed Science and Technology*, 1 (2):427-452.
- Eiserhardt, W., Svenning, J.C., Kislling, W.D., Balslev, H. (2011) Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. *Annals of Botany*, 108 (8):1391-1416.
- Ferreira, A.G., Borghetti, F. (2004) *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 323p.
- Fior, C.S., De Souza, P.V.D.; Schwarz, S.F. (2013) Emergência de plântulas de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) noblick em casa de vegetação. *Revista Árvore*, 37 (7):503-510.
- Goudel, F., Shibata, M., Coelho, C.M.M., Miller, P.R.M. (2013) Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. *Acta Botanica Brasilica*, 27 (1):147-154.
- Henderson, F.M. (2006) Morphology and anatomy of palm seedlings. *The Botanical Review*, 72 (4): 273-329.
- Labouriau, L.G. (1983) *A germinação das sementes*. Washington: OEA, 174p.
- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015a) *Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB53>>. Acesso em: 12 de novembro 2016.
- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015b) *Syagrus in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15746>>. Acesso em: 12 de novembro de 2016.
- LUZ, P.B., Pivetta, K.F.L., Neves, L.G., Sobrinho, S.P., Barelli, M.A.A. (2012) Caracterização morfológica do diásporo e da plântula de *Archontophoenix cunninghamii* (Arecaceae). *Comunicata Scientiae*, 3 (4):244-248.

- Maciel, N., Briceño, A. (2009) Effect of fruit ripening, seed scarification and temperature on seedling emergence of *Syagrus stenopetala* Burret. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26 (2):196-211.
- Maguire, J.D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2 (2):176-177.
- Marcos Filho, J. (2005) *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 495p.
- Martins, C.C., Nakagawa, J., Bovi, M.L. (2009) Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de açaí. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (1):231-235.
- Masseto, T.E., Scalon, S.P.Q., Brito, J.Q., Moreira, F.H., Ribeiro, D.M., Rezende, R.K. S. (2012) Germinação e armazenamento de sementes de carandá (*Copernicia alba*). *Cerne*, 18 (4):541-546.
- Medeiros, M.J., Oliveira, M.T., Willadio, L., Santos, M.G. (2015) Overcoming seed dormancy using gibberellic acid and the performance of young *Syagrus coronata* plants under severe drought stress and recovery. *Plant Physiology and biochemistry*, 97:278-286.
- Mengarda, L.H.G., Lopes, J.C. (2012) Qualidade de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta de frutos. *Revista Brasileira de Sementes*, 34 (4):644-650.
- Mira, S., Hill, L.M., González-Benito, M.E., Ibáñez, M.A.; Walters, C. (2016) Volatile emission in dry seeds as a way to probe chemical reactions during initial asymptomatic deterioration. *Journal of Experimental Botany*, 67 (6):1783-1793.
- Nagel, M., Borner, A. (2010) The longevity of crop seeds stored under ambiente conditions, *Seed Science Research*, 20:1-12.
- Neves, S.C., Ribeiro, L.M., da Cunha, I.R.G., Pimenta, M.A.S., Mercadante-Simões, M.O., Lopes, P.S.N. (2013) Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). *Flora*, 208 (1):68–78.

- Pinto, J.F.N., dos Reis, E.F., Netto, A.P.C., Pinto, J.F.N., Assunção, H.F., Nunes, H.F. (2012) Efeito de diferentes tratamentos na superação da dormência de sementes da palmeira *Syagrus oleracea* Becc. *Cerne*, 18 (3):487-493.
- Prieto, P.V., Messina, T. (2012) *Syagrus schizophylla* in *Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012*. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus_schizophylla>. Acesso em: 19 de outubro de 2016.
- R Core Team. (2014) *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 de julho de 2014.
- Ribeiro, L.M., Souza, P.P., Rodrigues Júnior, A.G., Oliveira, T.G.S.; Garcia, Q.S. (2011) Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. *Seed Science and Technology*, 39 (2):303–317.
- Rubio Neto, A., Silva, F.G., Sales, J.F., dos Reis, E.F., da Silva, M.V.V., Souza, A.L. (2012) Effect of drying and soaking fruits and seeds on germination of macaw palm (*Acrocomia aculeata* [Jacq.] Loddiges ex Mart.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 34 (2):179-185.
- Santos-Moura, S.S., Gonçalves, E.P., Melo, L.D.F.A., Paiva, L.G., da Silva, T.M. (2016) Morphology of fruits, diaspores, seeds, seedlings, and saplings of *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. *Bioscience Journal*, 32 (3):652-660.
- Svenning, J.C., Borchenius, F., Bjorholm, S., Balslev, H. (2008) High tropical net diversification drives the New World latitudinal gradient in palm (Arecaceae) species richness. *Journal of Biogeography*, 35 (3):394-406.
- Teixeira, M.T., Vieira, H.D., Partelli, F.L., da Silva, R.F. (2011) Despulpamento, armazenamento e temperatura na germinação de sementes de palmeira real australiana. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41 (3):378-384.
- Tomlinson, P.B. (1960) Essays on the morphology of Palms. Germination and seedling. *Principes*, 4(2):56-61.

- Tomlinson, P.B. (1961) Anatomy of the Monocotyledons. II. Palmae. In: *Metcalfe C.R (ed.) The Morphology and Anatomy of Palms*. Clarendon Press, Oxford, UK. P. 308-311.
- Tomlinson, P.B. (1990) *The Structural Biology of Palms*. Clarendon Press, Oxford. UK. 460p.
- Veselova, T.V., Veselovsky, V.A., Obroucheva, N.V. (2015) Deterioration mechanisms in air-dry pea seeds during early aging. *Plant Physiology and Biochemistry*, 87:133-139.
- Vidigal, D.S., Willems, L., Arkel, J.V., Dekkers, B.J.W., Hilhorst, W.M., Bentsink, L. (2016) Galactinol as marker for seed longevity. *Plant Science*, 246:112-118.
- Viji, V., Ratheesh Chandra, P., Sakim, N., Puthur, J.T. (2015) Germination-Associated Morphological and Anatomical Changes in *Corypha Umbraculifera* L. Seeds. *Phytomorphology*, 65 (1):11-17.
- Walters, C., Ballesteros, D., Vertucci, V.A. (2010) Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. *Plant Science*, 179 (6):565-573.

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Syagrus schizophylla* (Mart.)
Glass. (ARECACEAE) DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO

Syagrus schizophylla é uma palmeira com potencial ornamental cujas metodologias para a condução dos testes de germinação e viabilidade de suas sementes são escassas na literatura. A pesquisa foi dividida em três experimentos. No primeiro, objetivou-se analisar o comportamento das sementes durante a dessecação e o armazenamento. No segundo, sementes não armazenadas (tempo zero-testemunha) e armazenadas por três, seis, nove e onze meses foram submetidas ao teste do tetrazólio, onde os diásporos tiveram o endocarpo removido e, em seguida, as sementes foram acondicionadas em béqueres contendo água destilada, por 48 h, a 30 °C, para hidratação. Posteriormente, as sementes foram retiradas da água, secas e seccionadas longitudinalmente, na porção mediana, sendo novamente acondicionadas em béqueres, onde foram submergidas em solução de 2,3,5-trifeniltetrazólio nas concentrações de 0,1; 0,2 e 0,3% pv., permanecendo na solução durante 24 horas, a 30 °C. No terceiro, analisou-se a viabilidade e vigor de sementes armazenadas, conforme descrito para o segundo experimento, por meio do teste de emergência nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C, avaliando-se: emergência (%), plântulas anormais (%), sementes não germinadas (%) e o índice de velocidade de emergência (IVE). A classificação fisiológica das sementes durante

o armazenamento e dessecação indicaram comportamento recalcitrante. A viabilidade e o vigor das sementes podem ser estimados pelo teste de tetrazólio. Há redução na porcentagem de emergência com o decorrer do tempo nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C. A temperatura constante de 30 °C apresenta os maiores valores de emergência e IVE.

Palavras-chave: Germinação, palmeira, longevidade, tetrazólio, vigor.

ABSTRACT

Syagrus schizophylla is a palm with different uses, and also with ornamental potential, but literature describing methodologies for carrying out germination and viability tests of its seeds are still scarce. Thus, the present research was divided into three experiments aiming at establishing some of these protocols. The first experiment aimed at evaluating the seed response to desiccation and storage. In the second one, emergence tests were carried out with seeds that had not been stored (control) and those stored for three, six, nine and eleven months. After removal of the endocarp of diaspores, the seeds were subjected to the tetrazolium test. The seeds were immersed in distilled water for 48 h at 30 °C for soaking. Subsequently, the seeds were taken out of the water, dried and longitudinally cut in half, and they were immersed into solutions of 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium at 0.1; 0.2 and 0.3% for 24 h at 30 °C. In the third experiment, the viability and vigor of the seeds stored in the second experiment were analyzed by means of emergence tests at 25, 30 and 25-35 °C, evaluating seedling emergence (%), normal seedlings (%), non-germinated seeds (%) and the emergence speed index (ESI). The physiological classification of seeds during storage and desiccation indicated a recalcitrant characteristic. The seed viability and vigor were estimated by the tetrazolium test. There was a decrease in emergence 25, 30 and 25-35 °C along the storage time. The highest emergence and ESI values were observed at 30 °C.

Key words: germination, *Syagrus schizophylla*, palm tree, tetrazolium, vigor.

INTRODUÇÃO

Conhecida popularmente como licuriroba, coco-babão e coco-caboclo, a espécie *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. é uma palmeira com potencial ornamental e paisagístico, pertencente à família Arecaceae, que ocorre naturalmente em vegetação de Restinga e bioma de Mata Atlântica, nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe. Sendo o bioma de Mata Atlântica, um dos mais ameaçados do Planeta e com maior biodiversidade (Alonso et al., 2015).

A família Arecaceae é composta por ampla biodiversidade de plantas com as mais variadas formas de vida em todo planeta, dentre elas, as ervas, lianas, trepadeiras e palmeiras. No Brasil, essa família compreende 37 gêneros e 293 espécies listadas, distribuindo-se predominantemente na Floresta Amazônica, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Leitman et al., 2015a).

S. schizophylla foi catalogada como espécie potencialmente ameaçada de extinção devido à fragmentação de florestas nativas e pressões, urbana e turística, em seu *habitat* (Prieto e Messina, 2012). Sua propagação é realizada basicamente por sementes. Entretanto, metodologias validadas para a condução dos testes de germinação, análise de viabilidade e longevidade, durante o armazenamento de sementes da espécie, são inexistentes na literatura (Brasil, 2009; Brasil, 2013), restringindo-se às espécies de interesse comercial para o fornecimento de óleo, palmito e correlatos.

Desde as antigas civilizações, o homem estocava as sementes visando garantir a disponibilidade de alimento nos períodos de escassez. Com a necessidade de se armazenar sementes em consequência do desajuste entre o período de colheita e a época ideal para o semeio, a manutenção da viabilidade das sementes até a semeadura se torna imprescindível (Scalon et al., 2013). Complementarmente, a temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento, assim como o tipo de embalagem utilizada, influenciam diretamente na preservação da qualidade fisiológica das sementes (Oliveira et al., 2011).

A característica intrínseca de tolerância à dessecação (TD) permitiu que as sementes de algumas espécies pudessem ser estocadas por longos períodos, sem que houvesse perda da viabilidade (Barbedo et al., 2013). A TD pode ser

definida como a capacidade de as sementes manterem a viabilidade com a remoção de parte da água celular sem provocar danos irreversíveis (Maia et al., 2014).

A definição de semente recalcitrante foi proposta por Eric H. Roberts, na década de 70, estudando o comportamento de sementes no armazenamento (Barbedo et al., 2013). As sementes que apresentavam tolerância à dessecação e ao armazenamento em temperaturas negativas foram denominadas de ortodoxas e o grupo de sementes que perdiam a viabilidade quando submetidas às mesmas condições foram chamadas de recalcitrantes (Roberts, 1973). Na década de 90, Ellis et al. (1990) propuseram uma outra categoria de sementes, classificadas como intermediárias.

Durante o processo de maturação, as sementes recalcitrantes são dispersas da planta mãe com um teor de água elevado, tornando-as vulneráveis a possíveis danos na membrana e disfunção metabólica durante a perda de água (Berjak e Pammenter, 2008; Li; Pritchard, 2009; Delahaie et al., 2013). De acordo com Walters (2015), as variações de comportamento de sementes no armazenamento sugerem complexidade de mecanismos e, ao mesmo tempo, oportunidade de desenvolvimento de novas tecnologias que os identifique, gerando informações pertinentes que possibilitem o entendimento da regulação da viabilidade das sementes recalcitrantes, assegurando a disponibilidade ao longo do tempo.

O interesse na espécie *S. schizophylla* como palmeira ornamental e a necessidade de preservação da espécie foram a motivação para a realização deste estudo, cujo objetivo foi analisar a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Colheita dos frutos e processamento dos diásporos

Os frutos de *S. schizophylla* foram colhidos de plantas matrizes nos viveiros da empresa Tropical Plantas, Rodovia Anhanguera, Limeira - São Paulo,

com sede localizada nas coordenadas aproximadas 22° 35' de latitude Sul e 47° 21' de longitude Oeste. Os diásporos foram extraídos por meio da fricção em despoldador de frutos de açaí e manualmente com o auxílio de bisturi, sendo lavados em água corrente para a retirada de resquícios de polpa. Em seguida, os diásporos foram secos a sombra durante 24 h e enviados para o laboratório, onde foi realizada a pesquisa.

Classificação fisiológica em relação à dessecação e ao armazenamento

A classificação fisiológica das sementes de *S. schizophylla* quanto ao comportamento no armazenamento foi embasada no protocolo proposto por Hong e Ellis (1996), ajustando-se à temperatura de secagem das sementes em câmara de circulação de ar forçada para 35±2 °C. Na primeira etapa, após o recebimento das sementes, foi determinado o teor de água inicial das sementes, conforme Brasil (2009). Posteriormente, cada etapa do protocolo foi realizada com oito repetições de 25 sementes, que constituíram os diferentes lotes. Na dessecação, a estimativa do tempo de secagem foi realizada por meio da equação proposta por Hong e Ellis (1996): em que, $MR = [((100-Ti)/(100-Td)) \times Mi]$, sendo MR a massa da amostra quando deve ser retirada, Ti o teor de água inicial do lote, Td o teor de água desejado e Mi a massa inicial da amostra de sementes.

Ao atingirem 12% de umidade, imediatamente após a secagem, um total de 400 sementes foram utilizadas para a avaliação da viabilidade por meio do teste de emergência, conforme a metodologia do teste de emergência descrita a seguir. O restante do lote de sementes, um total de 200 sementes, permaneceu na câmara de secagem até atingir aproximadamente 5% de umidade, sendo então, separado em duas partes e realizando-se novamente o teste de emergência em uma delas. Adicionalmente, a outra parte do lote de sementes com 5% de umidade restante foi acondicionada em frasco de vidro e armazenada a -20 °C, em freezer, onde permaneceu durante 90 dias. Após este período de armazenamento, foi realizado o teste de emergência para analisar a qualidade fisiológica das sementes.

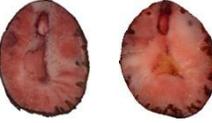
Armazenamento das sementes

Sementes de *Syagrus schizophylla* foram acondicionadas em sacos de papel envolvidos por três sacos plásticos, sobrepostos, e armazenadas por 11 meses em câmara fria a 12 °C, no escuro. Periodicamente, aos: zero (testemunha), três, seis, nove e 11 meses, os quais constituíram os cinco lotes, as sementes foram submetidas ao teste de tetrazólio e de emergência como descrito a seguir.

Viabilidade e vigor das sementes pelo teste de tetrazólio

Objetivando estudar a viabilidade das sementes armazenadas, foi realizado o teste de tetrazólio. Cada ciclo de armazenamento (zero-testemunha, três, seis, nove e onze meses) constituíram os cinco lotes de sementes analisados. Nas análises, os diásporos de *S. schizophylla* tiveram o endocarpo removido com o auxílio de uma morsa e, em seguida, as sementes foram acondicionadas em béqueres contendo água destilada, por 48 h, a 30 °C, para hidratação. A água dos béqueres foi trocada a cada 24 horas. Posteriormente, as sementes foram retiradas da água, secas e seccionadas longitudinalmente na porção mediana em duas partes com o auxílio de bisturi, sendo novamente acondicionadas em béqueres envolvidos com papel alumínio, onde foram submergidas em solução de 2,3,5-trifeniltetrazólio nas concentrações de 0,1; 0,2 e 0,3% pv., permanecendo na solução durante 24 horas, à 30 °C, em câmaras tipo BOD. Para a análise da coloração foram utilizadas quatro repetições de 15 sementes em cada concentração, em função da quantidade de sementes disponíveis. Após o período de incubação para a coloração, as sementes foram removidas da solução, lavadas em água corrente e mantidas submersas em água até o momento da captura das imagens no Sistema de Análise de Sementes *GroundEye*. A análise e classificação foram realizadas conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Padrão de coloração de sementes de *Syagrus schizophylla* para análise de viabilidade pelo teste de tetrazólio.

Padrão	Padrão de coloração do endosperma e do eixo embrionário	Categoria	Vigor	Viabilidade
	Vermelho ou rosa brilhante compreendendo o endosperma da semente e o eixo embrionário. Tecidos com aspectos normal e firme	A	Alto	Viável
	Vermelho ou rosa compreendendo o endosperma e, às vezes, parte do eixo embrionário. Tecidos com aspectos normal e firme. No entanto, apresentando algumas áreas descoloridas	I	Intermediário	Viável
	Áreas coloridas com vermelho-intenso, descoloridas ou com coloração fraca, tanto na região do eixo embrionário como no endosperma. Porém, apresentando os tecidos com aspectos normal e firme	B	Baixo	Inviável
	Vermelho intenso. Coloração com manchas avermelhadas associadas ao escurecimento do endosperma, compreendendo toda extensão da semente, incluindo o cilindro central do eixo embrionário. Tecidos com aspectos anormais e moles	M	Semente morta	Inviável

Teste de emergência

Realizou-se um tratamento de pré-hidratação das sementes, fazendo-se a ruptura dos endocarpos com auxílio de uma morsa, e posterior embebição em água destilada, durante 72 horas, a 30 °C. A semeadura foi realizada em bandejas plásticas perfuradas (30 x 15 x 5 cm) contendo areia lavada e umedecida com água destilada até 80% da sua capacidade de retenção, a uma profundidade de, aproximadamente, três centímetros. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmaras tipo BOD reguladas nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C e, alternada de 25-35 °C, com fotoperíodo de 8/16 horas, luz/escuro, durante 90 dias. O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes.

A verificação do número de sementes emergidas foi realizada diariamente até que se tornasse constante, o que ocorreu no 45º dia após a semeadura. Assim, foi calculado o índice de velocidade de emergência (IVE), de acordo com Maguirre (1962): $IVE = \sum (N_1 + N_2... N_i / D_1 + D_2... D_i)$, sendo $N_1 + N_2... N_i$ o número de sementes emergidas na primeira contagem, segunda contagem ... i-ésima contagem, respectivamente; $D_1 + D_2... D_i$ o número de dias na primeira contagem, segunda contagem ... i-ésima contagem, respectivamente. A primeira contagem de germinação foi conduzida concomitantemente com o teste de emergência, constituindo-se o registro do número de sementes germinadas no 21º dia após a semeadura, sendo consideradas como germinadas aquelas sementes que apresentavam protrusão do pecíolo cotiledonar. O tempo médio de emergência (TME) foi calculado utilizando-se a equação proposta por Labouriau (1983): $TME = [(\sum ni.ti)/\sum n]$; sendo ni o número de sementes germinadas num intervalo de tempo, n o número total de sementes emergidas e ti dias de germinação. No 90º dia após a semeadura foram computados a porcentagem de plântulas normais, anormais e de sementes não germinadas e os resultados foram expressos em porcentagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o software R Core Team (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *Syagrus schizophylla* apresentaram teor de água inicial (Figura 1) de 21,33% e foram dessecadas por até 120 h, sendo que após 38 h na temperatura de 35 °C apresentaram teor de água de 11,61%, culminando com teor de água de 5,03%, após 120 h de secagem.

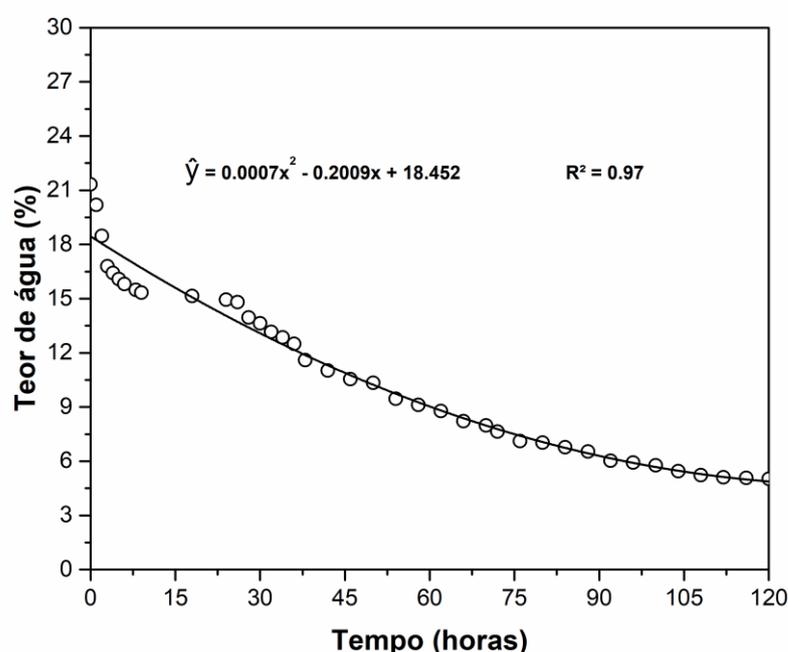


Figura 1. Teor de água (b.u) de sementes de *Syagrus schizophylla* submetidas à dessecação em câmara de circulação forçada de ar a 35 °C.

Conforme os dados apresentados na Tabela 2, as sementes de *S. schizophylla* apresentaram acentuada queda de emergência quando o teor de água das sementes foi reduzido. Houve uma redução de aproximadamente 50% de emergência devido à redução do teor de água de 21,33 para 11,61%. Em níveis inferiores não houve emergência de plântulas, mesmo após o armazenamento hermético das sementes em freezer a -20 °C, durante 90 dias, sugerindo que as sementes de *S. schizophylla* não possuem tolerância à dessecação e ao armazenamento em baixas temperaturas, sendo classificadas como recalcitrantes, conforme metodologia proposta por Hong e Ellis (1996).

Tabela 2. Médias de umidade e emergência de sementes de *Syagrus schizophylla* durante a dessecação e armazenamento.

(%)	Dessecação das sementes			
Teor de água	21,33	11,61	5,03	5,03 e armazenadas hermeticamente por 90 dias a -20 °C
Emergência	68	35	0	0

A classificação das sementes quanto a tolerância à dessecação possibilita a elaboração de estratégias que favoreçam a manutenção da viabilidade ao longo do tempo nos ambientes de armazenamento *ex situ*. A caracterização fisiológica das sementes durante a dessecação e armazenamento também foi estudada por José et al. (2012), relatando que as sementes da palmeira *Oenocarpus bacaba* perderam o poder germinativo com a redução da umidade e a sua viabilidade, quando a secagem atingiu 26,6% de conteúdo de água em base úmida, sendo classificadas como recalcitrantes. Estudando a qualidade fisiológica de sementes da palmeira *Syagrus romanzoffiana*, Oliveira et al. (2015) relataram que as sementes com teor de água de 18% apresentaram 34% de emergência em laboratório e apenas 26% a campo.

Resposta parecida foi obtida por Félix et al. (2017) verificando o efeito da dessecação e do armazenamento de sementes de *Adonidia merrillii*, cuja emergência e crescimento inicial de plântulas foram reduzidos quando a umidade das sementes atingiu valores inferiores a 28%, classificando-as como recalcitrantes. Nascimento et al. (2010) relataram os efeitos negativos da secagem sobre a germinação e no vigor de sementes de *Euterpe oleracea*, em que observaram progressivos danos quando a umidade das sementes era inferior a 37,4% e perdendo a viabilidade com 15,1% de umidade, sendo também classificadas como recalcitrantes.

Deste modo, observa-se que há diferentes graus de recalcitrância de sementes entre as diferentes espécies de palmeira, evidenciada pela variação na resposta durante a dessecação e armazenamento. De acordo com Barbedo et al. (2013), com os avanços na pesquisa de sementes, os testes tiveram modificações

tentando medir os diferentes graus de recalcitância, levando em consideração informações sobre longevidade durante o armazenamento, dormência e o vigor.

Com as determinações que antecederam os testes de viabilidade e vigor das sementes armazenadas, ou seja, os testes de tetrazólio e emergência, observou-se que durante os 11 meses de armazenamento as sementes mantiveram o teor de água entre 19,8-21,6% (Figura 2), confirmando que as embalagens e a atmosfera do ambiente de armazenamento favoreceram a sua manutenção. Essa estabilidade do teor de água das sementes recalitrantes durante o armazenamento é importante, principalmente porque pequenas variações do potencial hídrico podem afetar a fisiologia das sementes (Walters, 2015).

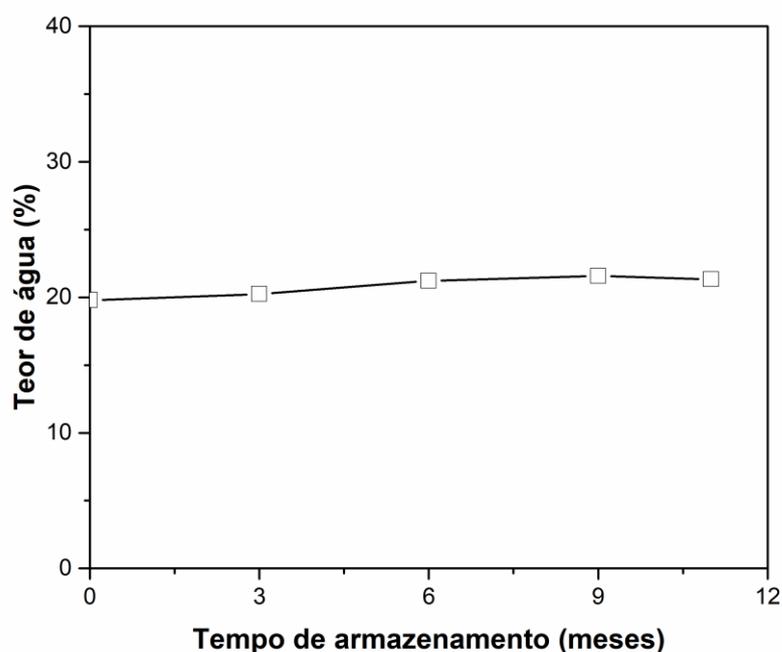


Figura 2. Teor de água (b.u) de sementes de *Syagrus schizophylla* durante o armazenamento.

Considerando o vigor e a viabilidade das sementes durante o armazenamento, os testes de emergência e tetrazólio foram utilizados para a sua estimativa. Ao avaliar a viabilidade das sementes em diferentes concentrações da solução de tetrazólio (Tabela 3), verificou-se que, na concentração de 0,1% do sal 2,3,5 trifenil cloreto e no tempo zero de armazenamento, 36,67% das sementes

foram classificadas como: de alto vigor, categoria A; 30% de vigor intermediário, categoria I; 20% de baixo vigor, categoria B; e 13,33% como sementes mortas, categoria M. Observou-se que no decorrer do tempo de armazenamento, houve queda da porcentagem de sementes classificadas na categoria A e, conseqüentemente, houve aumento da porcentagem de sementes classificadas nas categorias I, B e M, quando somadas, sendo significativas as diferenças entre as categorias de vigor e viabilidade das sementes a partir do 9º mês de armazenamento. No 11º mês de armazenamento, 100% das sementes foram classificadas nas categorias I, B e M, sendo estatisticamente iguais as médias da porcentagem de sementes classificadas com vigor intermediário, baixo e semente morta. Destes, mais de 71% do total de sementes apresentavam características relacionadas ao processo de deterioração, como tecidos apresentando coloração vermelho intenso associadas ao escurecimento do endosperma, compreendendo toda extensão da semente (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação da viabilidade de sementes de *Syagrus schizophylla* durante o armazenamento pelo teste de tetrazólio.

Tempo de armazenamento (meses)	Concentração da solução de tetrazólio 0,1%			
	Categoria (%)			
	A	I	B	M
0	36,67 Aa	30,00 Ab	20,00 Ba	13,33 Bb
3	28,30 ABab	40,00 Aa	16,67 Ba	15,03 Bb
6	20,00 Bb	38,33 Aa	23,33 ABa	18,34 Bb
9	1,67 Dc	35,00 Bab	45,00 Aa	18,33 Cb
11	0,00 Bc	28,33 Ab	33,33 Aa	38,34 Aa
Tempo de armazenamento (meses)	Concentração da solução de tetrazólio 0,2%			
	Categoria (%)			
	A	I	B	M
0	40,00 Aa	26,67 Bb	23,33 Bab	10,00 Cc
3	35,00 Aa	46,67 Aa	10,00 Bc	8,33 Bc
6	30,00 ABab	46,67 Aa	15,00 Cc	8,33 Cc
9	11,67 Cc	41,67 Aa	26,66 Bab	20,00 Bb
11	13,36 Ccb	18,30 BCb	31,67 Aa	36,67 Aa
Tempo de armazenamento (meses)	Concentração da solução de tetrazólio 0,3%			
	Categoria (%)			
	A	I	B	M
0	46,67 Aa	31,67 Bb	20,00 Cab	1,66 Dc
3	26,67 Bb	56,67 Aa	11,66 Cbc	5,00 Cc
6	15,00 Bc	53,33 Aa	16,67 Bbc	15,00 Bb
9	20,00 Bbc	45,00 Aa	13,33 Cbc	21,67 Bb
11	15,00 Bc	20,00 Bb	33,33 Aa	31,67 Aa

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A padronização das sementes de *S. schizophylla* apresentada na Tabela 1, cuja finalidade foi servir de parâmetro para a classificação das sementes quanto à viabilidade e vigor pelo teste do tetrazólio, contrasta com a necessidade de remoção do embrião para coloração, relatada para sementes de outras espécies de palmeiras por Ribeiro et al. (2010); Rúbio-Neto et al. (2012) e Iossi et al. (2016).

O teste de tetrazólio é um teste de resposta rápida em presença do sal 2,3,5 trifênil cloreto ou brometo de tetrazólio, usado como indicador para revelar os processos de redução que acontecem dentro das células vivas. Nas células vivas, por meio do processo de hidrogenação do sal, o formazan, substância de coloração avermelhada é produzida. Assim, somente os tecidos vivos se colorem (Dias e Alves, 2008). Os resultados evidenciam que a solução de tetrazólio foi,

suficientemente, difundida através das membranas, colorindo uniformemente os tecidos e possibilitando a estimativa da viabilidade e o vigor das sementes de *S. schizophylla* durante o armazenamento.

Os resultados obtidos no teste de tetrazólio sugerem relação direta com o vigor e viabilidade das sementes de *S. schizophylla* durante o armazenamento, e indireta ao processo de deterioração. Observou-se durante o processo de coloração, que as sementes classificadas nas categorias de baixo vigor ou mortas (B ou M) apresentaram coloração avermelhada intensa mais rapidamente, se comparada às sementes das categorias de vigor alto e intermediário (A e I), o que pode estar relacionado ao tempo de contato com o tetrazólio ou concentração de solução inadequada (Lossi et al., 2016).

Assim como pode ser observado nos ensaios cujas concentrações do sal 2,3,5 trifênil cloreto utilizadas foram 0,2 e 0,3%; sendo as diferenças ainda mais notórias com o decorrer do tempo de armazenamento (Tabela 3). Similarmente aos valores obtidos na concentração de 0,1% da solução de tetrazólio, na concentração de 0,2%, inicialmente a categoria A apresentou o maior valor médio da porcentagem de sementes. Entretanto, verificou-se que, a partir do sexto mês de armazenamento, esse valor médio da porcentagem de sementes classificadas na categoria A, ou seja, apresentando alto vigor, superestimava em mais de 10% os valores obtidos na concentração da solução de tetrazólio de 0,1%, apresentando valor de 12% no 9º e 13 % no 11º mês de armazenamento (Tabela 3).

Entretanto, na classificação de sementes de baixo vigor (Tabela 3), houve um decréscimo do valor no 3º mês de armazenamento em relação ao tempo zero (testemunha). Assim, a porcentagem de sementes classificadas como sendo de baixo vigor aumentou significativamente a partir do 9º mês, de armazenamento, atingindo valores de 32% no 11º mês. Similarmente, a porcentagem de sementes mortas foi significativamente superior a partir do 9º mês atingindo 20% e alcançando os 37% no 11º mês, sendo essas as categorias, B e M, aquelas nas quais houve maior média de porcentagem de sementes classificadas ao final do armazenamento.

Similarmente, a redução no vigor das sementes armazenadas (tabela 3) pode ser identificada com a concentração do sal na solução de 0,3%. Contudo, quando as médias das porcentagens da classificação das sementes foi

comparada às demais concentrações utilizadas, notou-se certa superestimação dos valores, que pode estar relacionada ao excesso do sal 2,3,5 trifênil cloreto na solução. Apesar disso, pode-se observar que houve certa proporcionalidade e correlação dos valores obtidos entre as categorias de vigor e o tempo de armazenamento. À medida que o tempo de armazenamento transcorria, ocorreu uma diminuição da porcentagem de sementes classificadas nas categorias A e I. Consequentemente, houve aumento da porcentagem de sementes classificadas nas categorias B e M, sendo todas inviáveis, evidenciando o desenvolvimento do processo de deterioração durante o armazenamento, bem como observado nos testes em que a concentração do sal 2,3,5 trifênil cloreto utilizadas foram 0,1 e 0,2%.

Em relação ao tempo de imersão das sementes na solução de tetrazólio, 24 horas, para a coloração, os resultados sugeriram que este intervalo de tempo pode ser utilizado nas concentrações de 0,1 e 0,2% do sal 2,3,5 do sal 2,3,5 trifênil cloreto ou brometo tetrazólio. Deste modo, o excesso de sal, na concentração de 0,3% aqui estudada, pode ter ocasionado a coloração intensa das sementes de *S. schizophylla*, devido à oxidação dos tecidos das sementes armazenadas e à alta concentração do sal.

Complementarmente ao teste de tetrazólio, foi realizado o teste de emergência (Figura 3), cujos resultados estão relacionados à qualidade fisiológica de sementes *S. schizophylla* durante o armazenamento. Em relação à emergência de plântulas, observou-se que houve queda da porcentagem de emergência com o decorrer do tempo, independentemente da temperatura testada (Figura 3A). Entretanto, os maiores valores da porcentagem de emergência foram obtidos na temperatura de 30 °C, posteriormente a 25, enquanto os menores valores foram observados nas sementes mantidas na temperatura alternada de 25-35 °C. Inicialmente foi estimado em mais de 66% de emergência na temperatura de 30 °C, diminuindo de 57 para 33%, do sexto para o nono mês de armazenamento, e atingindo 15%, após o 11º mês de armazenamento. Observou-se ainda que, a partir do 9º mês de armazenamento, não houve emergência de plântulas na temperatura alternada de 25-35 °C e que após o 11º mês de armazenamento, exclusivamente na temperatura constante de 30 °C houve emergência das plântulas *S. schizophylla* (Figura 3A).

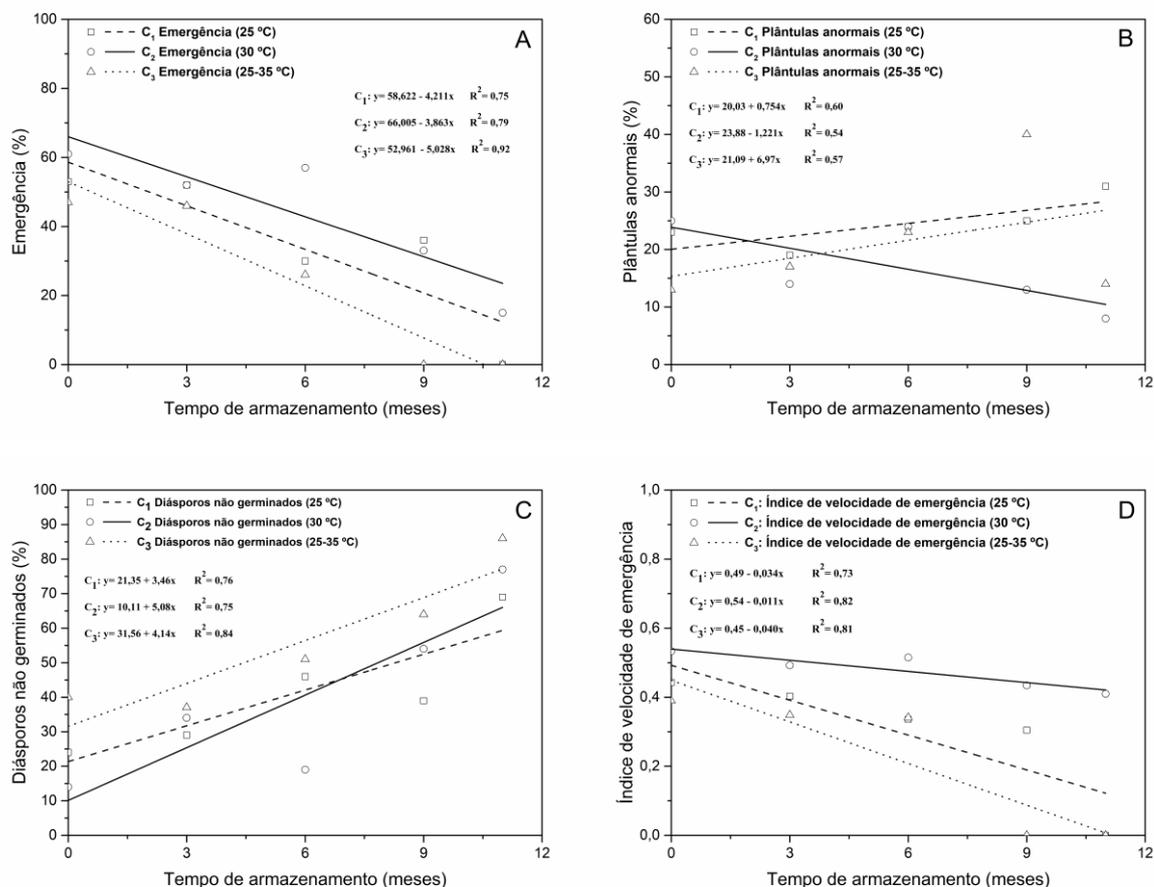


Figura 3. Qualidade fisiológica de sementes de *Syagrus schizophylla* em diferentes temperaturas e tempos de armazenamento. A) emergência (%), B) plântulas normais (%), C) sementes não germinadas (%) e D) índice de velocidade de emergência ($p < 0,05$).

Houve uma diminuição da emergência de plântulas no decorrer do tempo de armazenamento, independentemente da temperatura testada. Todavia, assim como para a emergência de plântulas de *S. schizophylla*, a temperatura constante de 30 °C também favoreceu a emergência de plântulas de *Syagrus romazoffiana* (Goudel et al., 2013), *Syagrus stenopetala* (Maciel e Brinceño, 2009) e *Copernicia alba* (Masseto et al., 2012).

Entretanto, inicialmente foi verificado que a média da porcentagem de plântulas anormais de *S. schizophylla* era superior nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C (Figura 3B). No entanto, após o terceiro mês de armazenamento, tanto nas temperaturas constantes estudadas como nas alternadas de 25-35 °C houve certa proporcionalidade entre as porcentagens de plântulas anormais obtidas, com valores estimados de 19, 14 e 17% nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C, respectivamente. A porcentagem de plântulas anormais alcançou valor

de 24% nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C, e 23% nas temperaturas alternadas de 25-35 °C, após o sexto mês de armazenamento. Em geral, observou-se aumento da porcentagem de plântulas anormais obtidas nas temperaturas de 25 e 25-35 °C, à medida que aumentava o tempo de armazenamento. Em contrapartida, a 30 °C houve queda da porcentagem de plântulas anormais no decorrer do armazenamento.

Contudo, no nono mês de armazenamento, a porcentagem de plântulas anormais obtida no tratamento com temperatura alternada de 25-35 °C apresentou um aumento irregular em relação às demais temperaturas testadas, atingindo 40% do total de plântulas obtidas. Por fim, após o 11^o mês de armazenamento, notou-se uma queda da porcentagem de plântulas anormais obtidas nas temperaturas de 30 e 25-35 °C, em relação ao nono mês, obtendo-se 8 e 14%, nesta ordem (Figura 3B).

Complementarmente aos valores da porcentagem de emergência e de plântulas anormais obtidos, a porcentagem de sementes não germinadas apresentou variações durante o armazenamento em todas as temperaturas testadas (Figura 3C). Inicialmente, registraram-se valores médios de 24; 14 e 40% nas temperaturas de 25; 30 e 25-35 °C, respectivamente. Assim sendo, foi possível verificar um crescimento exponencial desta variável no decorrer do tempo de armazenamento das sementes de *S. schizophylla*, alcançando valores médios de 69; 77 e 86% nas temperaturas de 25; 30 e 25-35 °C, nesta ordem, após o 11^o mês de armazenamento.

Ao avaliar o índice de velocidade de emergência, verificou-se que os maiores valores foram obtidos na temperatura constante de 30 °C, seguida pelos índices obtidos na temperatura de 25 e 25-35 °C (Figura 3D). No entanto, com o decorrer do armazenamento, independentemente da temperatura, houve queda do valor, reduzindo de 0,53; no tempo zero de armazenamento, para 0,50 no 9^o mês, e atingindo o valor de zero no 11^o mês na temperatura constante de 30 °C (Figura 3D). No entanto, observou-se queda do valor do índice de velocidade de emergência no decorrer do tempo de armazenamento, independentemente da temperatura. A 25 °C, o índice de velocidade de emergência teve valor máximo de 0,44 no tempo zero de armazenamento, diminuindo a 0,30 no nono mês e atingindo o valor 0.1 no 11^o mês de armazenamento. Nas temperaturas alternadas de 25-35 °C, o valor inicial do índice de velocidade de emergência foi

de 0,40. A partir desse ponto, observou-se queda acentuada do valor do índice de velocidade de emergência que atingiu o valor zero aos 11 meses de armazenamento (Figura 3D).

A queda da emergência e da velocidade de emergência, o aumento da porcentagem de plântulas anormais e de sementes não germinadas, no decorrer do armazenamento, sugere a ocorrência de progressivos danos moleculares nas sementes, causados pelo processo de deterioração, comprovada pelos testes do tetrazólio e emergência. No entanto, mesmo sendo recalcitrante, o armazenamento possibilitou a manutenção da viabilidade das sementes de *S. schizophylla* por até seis meses.

Outros resultados satisfatórios foram obtidos com o armazenamento de sementes recalcitrantes de palmeiras, como em sementes de *Archontophoenix alexandrae*, armazenadas a 20 °C durante 120 dias (Teixeira et al., 2011); sementes de *Dypsis leptocheilos*, armazenadas a 14 °C durante 90 dias (Batista et al., 2012), e sementes de *Dypsis lutescens*, armazenadas a 18 °C durante 180 dias (González et al., 2012).

De acordo com Mengarda e Lopes (2012), uma maior porcentagem de germinação, maior índice de velocidade de germinação e um menor tempo médio de germinação estão associados ao bom desenvolvimento inicial de plântulas. Estes índices geram valiosas informações para a formação de um estande com plântulas normais e vigorosas e são indicativos de melhor qualidade fisiológica das sementes (Marcos-Filho, 2015).

Ainda, fatores como temperatura, umidade relativa, teor de água das sementes e tipo de embalagem para acondicionamento podem influenciar significativamente na manutenção da germinação e vigor de sementes durante o armazenamento, cujo objetivo é manter a viabilidade ao longo do tempo. Por isso, a compreensão da fisiologia de sementes durante a secagem e armazenamento torna-se imprescindível, pela existência de diferentes categorias de sementes ortodoxas, intermediárias e recalcitrantes, com diferentes níveis de tolerância à dessecação, o que requer condições especiais para a manutenção da qualidade fisiológica (Barbedo et al., 2013).

CONCLUSÕES

As sementes de *Syagrus schizophylla* apresentam comportamento recalcitrante na dessecação e armazenamento.

O teste de tetrazólio, nas concentrações de 0,1 e 0,2% estima a viabilidade e o vigor de sementes de *Syagrus schizophylla* embebidas por 24 horas.

Há queda na porcentagem de emergência de plântulas de *Syagrus schizophylla* no decorrer do tempo de armazenamento nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C.

A temperatura constante de 30 °C favorece a emergência e a velocidade de emergência de plântulas de *Syagrus schizophylla*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J.M., Leles, P.S.S., Ferreira, L.N., Oliveira, N.S.A. (2015) Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. *Revista Ciência Florestal*, 25 (1):1-11.
- Barbedo, C.J., Centeno, D.C., Figueiredo-Ribeiro, R.C.L. (2013) Do recalcitrant seeds really exist?. *Hoehnea*, 40 (4):583-593.
- Batista, G.S., Pimenta, R.S., Gimenes, R., Pivetta, K.F.L.; Romani, G.N., Mazzini, R.B. (2012) Morphological aspects and storage of *Dypsis leptocheilos* (Hodel) Beentje & J. Dransf. (Arecaceae) seeds. *Acta Horticulturae*, 937:643-649.
- Berjak, P., Pammenter, N.W. (2013) Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. *Frontiers in Plant Science*, 4:1–10.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013) *Instruções para análise de espécies florestais*. Brasília, DF: Agropecuária MAPA/ACS, 98p.

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) *Regras para análise de sementes*. Brasília, 395p.
- Delahaie, J., Hundertmark, M., Bove, J., Leprince, O., Rogniaux, H., Buitink, J. (2013) LEA polypeptide profiling of recalcitrant and orthodox legume seeds reveals ABI3-regulated LEA protein abundance linked to desiccation tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 64 (14):4559-4573.
- Dias, M.L.L., Alves, S.J. (2008) Avaliação da viabilidade de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf pelo teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, 30 (3):145-151.
- Ellis, R.H., Hong, T.D.; Roberts, E.H. (1990) An Intermediate Category of Seed Storage Behaviour?. *Journal of Experimental Botany*, 41 (230):1167-1174.
- Félix, F.C., Araújo, G.S., Ferrari, C.S., Pacheco, M.V. (2017) Dessecação e armazenamento de sementes de *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12:86-91.
- González, J.D., Fernández, B.B., Carreño, F.S. (2012) Influência de diferentes métodos de conservación em la germinación de semillas de palma areca (*Dypsis lutescens*, H. Wendel). *Cultivos Tropicales*, 33:56-60.
- Goudel, F., Shibata, M., Coelho, C.M.M., Miller, P.R.M. (2013) Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. *Acta Botanica Brasilica*, 27 (1):147-154.
- Hong, T.D., Ellis, R.H. (1996) *A protocol to determine seed storage behaviour*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, n. 1, 62p.
- Iossi, E., Mõro, F.V., Ferraril, R.A., Barbosa, R.M., Vieira, R.D. (2016) Chemical composition, embryo anatomy and viability by tetrazolium test of pyrenes of *Euterpe edulis* Mart. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 11:310-316.
- José, A.C., Erasmo, E.A.L., Coutinho, A.B. (2012) Germinação e tolerância à dessecação de sementes de bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, 34:651-657.
- Labouriau, L.G. (1983) *A germinação das sementes*. Washington: OEA, 174p.

- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015a) *Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB53>>. Acesso em: 12 de novembro 2016.
- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015b) *Syagrus in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15746>>. Acesso em: 12 de novembro de 2016.
- Li, D.Z., Pritchard, H.W. (2009) The science and economics of ex situ plant conservation. *Trends in Plants Science*, 14 (11):614-621.
- Maciel, N., Briceño, A. (2009) Effect of fruit ripening, seed scarification and temperature on seedling emergence of *Syagrus stenopetala* Burret. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26 (2):196-211.
- Maguire, J.D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2 (2):176-177.
- Maia, J., Dekkers, B.J.W., Dolle, M.J., Ligterink, W., Hilhorst, H.W.M. (2014) Abscisic acid (ABA) sensitivity regulates desiccation tolerance in germinated *Arabidopsis* seeds. *New Phytologist*, 203:81-93.
- Marcos-Filho, J. (2015) *Seed Physiology of Cultivated Plants (in Portuguese)*. 2ed. Londrina, PR, Brazil: ABRATES.
- Masseto, T.E., Scalon, S.P.Q., Brito, J.Q., Moreira, F.H., Ribeiro, D.M., Rezende, R.K. S. (2012) Germinação e armazenamento de sementes de carandá (*Copernicia alba*). *Cerne*, 18 (4):541-546.
- Mengarda, L.H.G., Lopes, J.C. (2012) Qualidade de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta de frutos. *Revista Brasileira de Sementes*, 34 (4):644-650.
- Nascimento, W.M.O., Cicero, S.M., Novembre, A.D.L.C. (2010) Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (1):24-33.

- Oliveira, L.M., Bruno, R.L.A., Silva, K.R.G., Alves, E.U., Silva, G.Z., Andrade, A.P. (2011) Qualidade fisiológica de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 33:289-298.
- Oliveira, T.G.S., José, A.C., Ribeiro, L.M., Faria, J.M.R. (2015) Longevity and germination of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) seeds and its ecological implications. *Revista Biologia Tropical*, 63:333-340.
- Prieto, P.V., Messina, T. (2012) *Syagrus schizophylla* in *Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012*. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus_schizophylla>. Acesso em: 19 de outubro de 2016.
- R Core Team. (2014) *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 de julho de 2014.
- Ribeiro, L.M., Garcia, Q.S., Oliveira, D.M.T., Neves, S.C. (2010) Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45:361-368.
- Roberts, E.H. (1973) Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1:499-514.
- Rubio Neto, A., Silva, F.G., Sales, J.F., dos Reis, E.F., da Silva, M.V.V., Souza, A.L. (2012) Effect of drying and soaking fruits and seeds on germination of macaw palm (*Acrocomia aculeata* [Jacq.] Loddiges ex Mart.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 34 (2):179-185.
- Scalon, S.P.Q.; Oshiro, A.M.; Masetto, T.E.; Dresch, D.M. (2013) Conservation of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg seeds in different packaging and at varied temperatures. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35:262-269.
- Teixeira, M.T., Vieira, H.D., Partelli, F.L., da Silva, R.F. (2011) Despoldamento, armazenamento e temperatura na germinação de sementes de palmeira real australiana. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41 (3):378-384.

Walters, C. (2015) Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss. *Planta*, 242 (2):397-406.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. EM RESPOSTA AO GRADIENTE DE LUZ

RESUMO

Syagrus schizophylla é uma espécie de palmeira com potencial ornamental e catalogada como potencialmente ameaçada de extinção. O objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos fisiológicos do crescimento e a qualidade de mudas produzidas em diferentes gradientes de luz. Para isso, plântulas com 270 dias de idade, obtidas via sementes, foram transplantadas em vasos com capacidade de aproximadamente 6,30 L e posteriormente submetidas aos tratamentos de gradientes de luz, como segue: sol pleno - testemunha (G₁), cobertura com uma tela chromatinet® vermelha 50% (G₂), cobertura com duas telas chromatinet® vermelhas 50% sobrepostas (G₃), cobertura com uma tela de poliolefina 50% (G₄) e cobertura com a combinação de plástico leitoso mais tela de poliolefina 50% sobrepostos (G₅). Durante os 210 dias do período experimental foram realizadas análises, como: a) de crescimento: altura das plantas, diâmetro do coleto, número de folhas, comprimento do pecíolo, comprimento e largura foliar; b) trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e intensidade de verde; c) ao final, analisou-se ainda a área foliar, massa seca da parte aérea e do sistema radicular, massa seca total, índice de qualidade de Dickson, massa da folha por unidade de área, suculência e densidade. A taxa fotossintética líquida,

condutância estomática, transpiração, relação da concentração interna para a concentração externa de CO₂, relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima e, o índice de desempenho fotossintético, sofreram variações em cada ciclo de avaliação. O gradiente de luz G₂, proporcionou o melhor crescimento e desenvolvimento das plantas de *S. schizophylla*.

Palavras-chave: telas chromatinet®, fotossíntese, palmeira, Arecaceae.

ABSTRACT

Syagrus schizophylla is a palm species with ornamental potential and is listed as potentially endangered. The objective of this work was to evaluate the physiological aspects of the growth and quality of seedlings produced in different light gradients. For this, seedlings with 270 days of age, obtained through seeds, were transplanted into vases with capacity of approximately 6.30 L and later submitted to light gradient treatments, as follows: full sun - control (G₁), coverage with a 50% red chromatinet® screen (G₂), coverage with two 50% overlapping 50% red chromatinet® screens (G₃), coverage with a 50% polyolefin screen (G₄) and coverage with the combination of milky plastic plus 50% superimposed polyolefin screen (G₅). During the 210 days of the experimental period, analyzes were performed, such as: a) growth: plant height, stem diameter, number of leaves, petiole length, leaf length and width; b) gas exchange, chlorophyll a fluorescence and green intensity; c) at the end, leaf area, dry mass of shoot and root system, total dry mass, Dickson quality index, leaf mass per area unit, succulence and density were analyzed. The net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration, ratio of internal concentration to external CO₂ concentration, relationship between variable fluorescence and maximum fluorescence, and photosynthetic performance index, suffered variations in each evaluation cycle. The G₂ light gradient provides the best growth and development of *S. schizophylla* plants.

Index terms: chromatinet® screens, photosynthesis, palm, Arecaceae.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios na atualidade é utilizar de forma equilibrada os recursos naturais e gerar informações sobre a estrutura das populações de plantas, buscando compreender a sua forma de interação com o ambiente, diagnosticando perturbações e, concomitantemente, fazer inferências na projeção do futuro dessas populações.

Syagrus schizophylla (Mart.) Glass. é uma espécie de palmeira conhecida popularmente como aricuriroba, licuriroba, coco-babão e coco-caboclo. Essa espécie é nativa do Brasil e pertencente à família Aracaceae, distribuindo-se naturalmente em vegetação de Restinga e bioma de Mata Atlântica, nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe (Leitman et al., 2015a). Lamentavelmente, a referida espécie está catalogada, pelo Centro Nacional de Conservação da Flora, entre as espécies com risco de extinção (Prieto e Messina), principalmente pela pressão urbana e turística existente no seu *habitat* natural.

A distribuição das palmeiras nas florestas está fortemente correlacionada com a disponibilidade de luz e água (Eiserhardt et al., 2011), embora, Kristiansen et al. (2012) terem relatado que é o nicho ecológico que determina o padrão de distribuição das espécies. A família Arecaceae possui ampla diversidade de gêneros e de espécies que possuem carência de informações quanto às características adaptativas.

Dado o padrão de distribuição espacial e a variação da riqueza de espécies e nas formas de vida, as palmeiras se tornam ótimos modelos para estudos que abordem a alta biodiversidade dos ecossistemas tropical e subtropical (Svenning et al., 2008; Eiserhardt et al., 2011). Principalmente em florestas tropicais, as palmeiras são componentes essenciais e, quaisquer informações da ecologia e outros processos que possam influenciar na sua distribuição possuem implicações diretas na busca pela compreensão dos mecanismos de regeneração nesses ecossistemas (Andersen et al., 2010).

A qualidade e intensidade de luz influenciam diretamente nos processos da fotomorfogênese. Os fótons de luz (azul, vermelho e vermelho distante) ativam fotorreceptores específicos, desencadeando eventos independentes ou não

(Wang et al., 2015). A diversidade de respostas fisiológicas das plantas geradas pela exposição à diferentes intensidades luminosas estão relacionadas com os mecanismos de adaptação ao *habitat* (Lopes e Alexandre, 2010).

Diante da necessidade de preservação e de recuperação de áreas negativamente antropizadas, considerando alto grau de impacto ambiental ocorrido nos biomas nos quais a palmeira *S. schizophylla* ocorre; a realização de estudos visando à elaboração de metodologias voltadas para a conservação, preservação e exploração sustentável da palmeira para fins paisagísticos, contribuindo para a geração de emprego e diversificação de fonte renda no campo é justificada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos fisiológicos do crescimento e a qualidade de mudas produzidas em diferentes gradientes de luz.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das plântulas, transplântio e gradientes de luz

As plântulas de *S. schizophylla* foram obtidas de sementes pré-hidratadas por 72 horas, a 30 °C. A semeadura foi realizada em bandejas plásticas perfuradas (30 x 15 x 5 cm) contendo areia lavada e umedecida com água destilada até 80% da sua capacidade de retenção, a uma profundidade de, aproximadamente, três centímetros. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmaras tipo BOD regulada na temperatura constante de 30 °C, com fotoperíodo de 8/16 horas, luz/escuro, durante 90 dias. Após esse período, as plântulas foram transplantadas em vasos com capacidade de aproximadamente 6,30 L preenchidos com composto, constituído por substrato comercial e fibra de coco na proporção de 1:1 volume/volume, cujas análises, física e química, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise física e química do composto.

pH	P	K	S	Ca	Mg
(g kg ⁻¹)					
4,11	0,01	5,47	4,82	7,89	4,34
B	Fe	Mn	Zn	Cu	
(mg kg ⁻¹)				µg L ⁻¹	
15,07	1,54	4,34	26,46	0,2	
DA		DR		Porosidade	
(g cm ⁻³)		(g cm ⁻³)		(%)	
0,42		1,58		73,25	

Legenda: DA = densidade aparente do composto; DR = densidade real do composto.

Após 270 dias de transplantadas, os vasos contendo as plantas de *S. schizophylla*, cultivadas a 534,77 µmol fótons m⁻² s⁻¹, foram transferidos para os túneis, conforme os gradientes de luz, onde permaneceram entre os meses de março e outubro do ano de 2017. Os gradientes de luz foram definidos pela média obtida entre sete medições realizadas no início do período de condução experimental até avaliação final do experimento, aos 210 dias, com radiômetro Quantum Meter QMSW-SS serial 1108. Para isso, foram utilizadas telas chromatinet® vermelhas 50%, de poliolefinas 50% e a combinação de plástico leitoso e tela de poliolefina 50%, constituindo os tratamentos de gradientes de luz: sol pleno - testemunha (G₁), cobertura com uma tela chromatinet® vermelha 50% (G₂), cobertura com duas telas chromatinet® vermelhas 50% sobrepostas (G₃), cobertura com uma tela de poliolefina 50% (G₄) e cobertura com a combinação de plástico leitoso mais tela de poliolefina 50% sobrepostos (G₅), que corresponderam a: 1234,1 µmol fótons m⁻² s⁻¹ (G₁); 913,16 µmol fótons m⁻² s⁻¹ (G₂); 666,34 µmol fótons m⁻² s⁻¹ (G₃); 419,56 µmol fótons m⁻² s⁻¹ (G₄) e 534,77 µmol fótons m⁻² s⁻¹ (G₅).

Os valores das temperaturas mínima, média e máxima foram monitorados ao longo de todo período experimental utilizando medidores Data Logger HOBO Pro v2 portátil, programados para realizar leituras a intervalos de uma hora. Os resultados estão apresentados na Figura 1. Adicionalmente, na Figura 2, estão apresentados os espectros de luz dos gradientes G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅. Os espectros médios de luz foram obtidos por meio de um espectroradiômetro UV/Vis

portátil USB2000+RAD Ocean Optics, realizando-se três leituras pontuais nos diferentes túneis às 9:00 e 12:00 horas ao logo de um dia ensolarado.

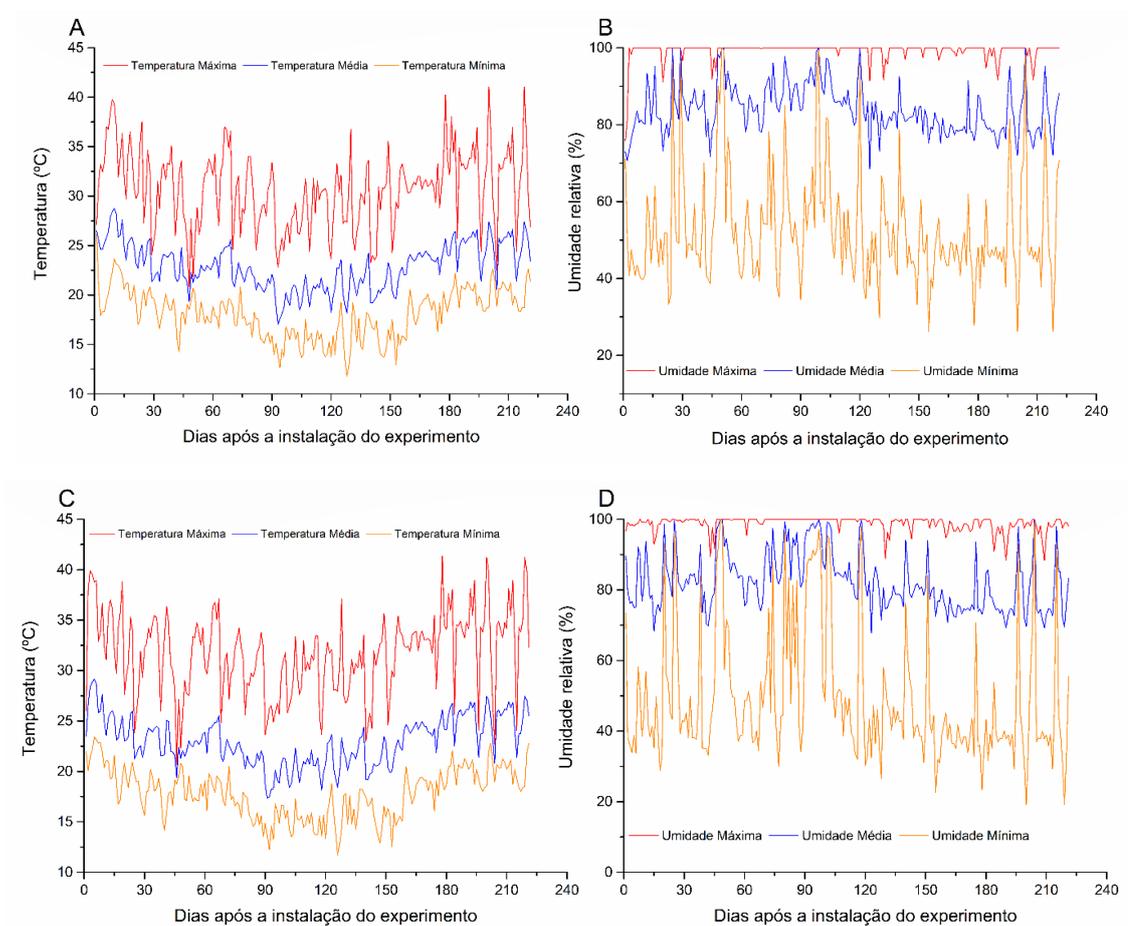


Figura 1. Temperaturas (°C) e umidades relativas (%) máximas, médias e mínimas, registradas em G₁ (A e B), G₂ (C e D), G₃ (E e F), G₄ (G e H) e G₅ (I e J) durante o período experimental.

Continua...

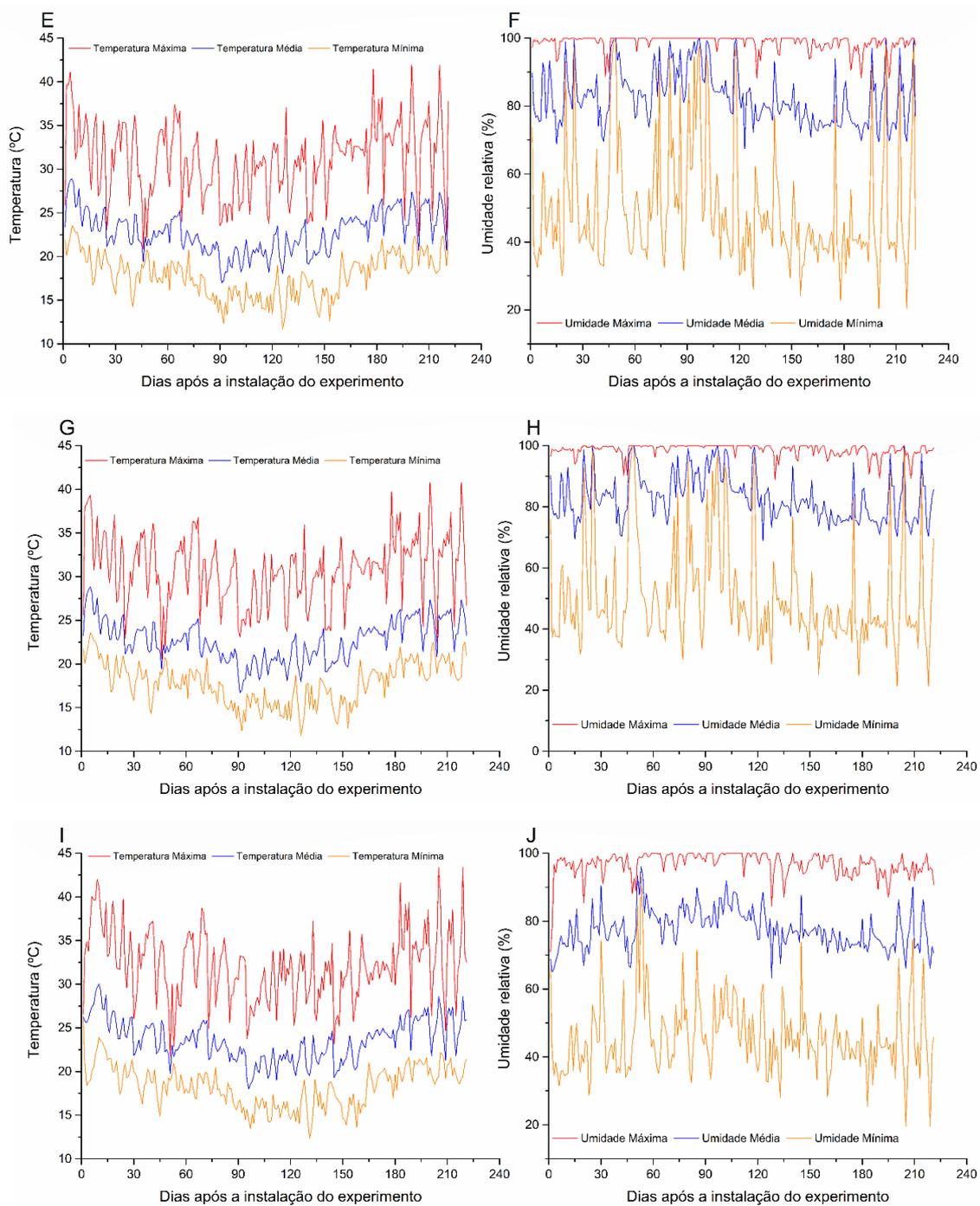


Figura 1, Cont.

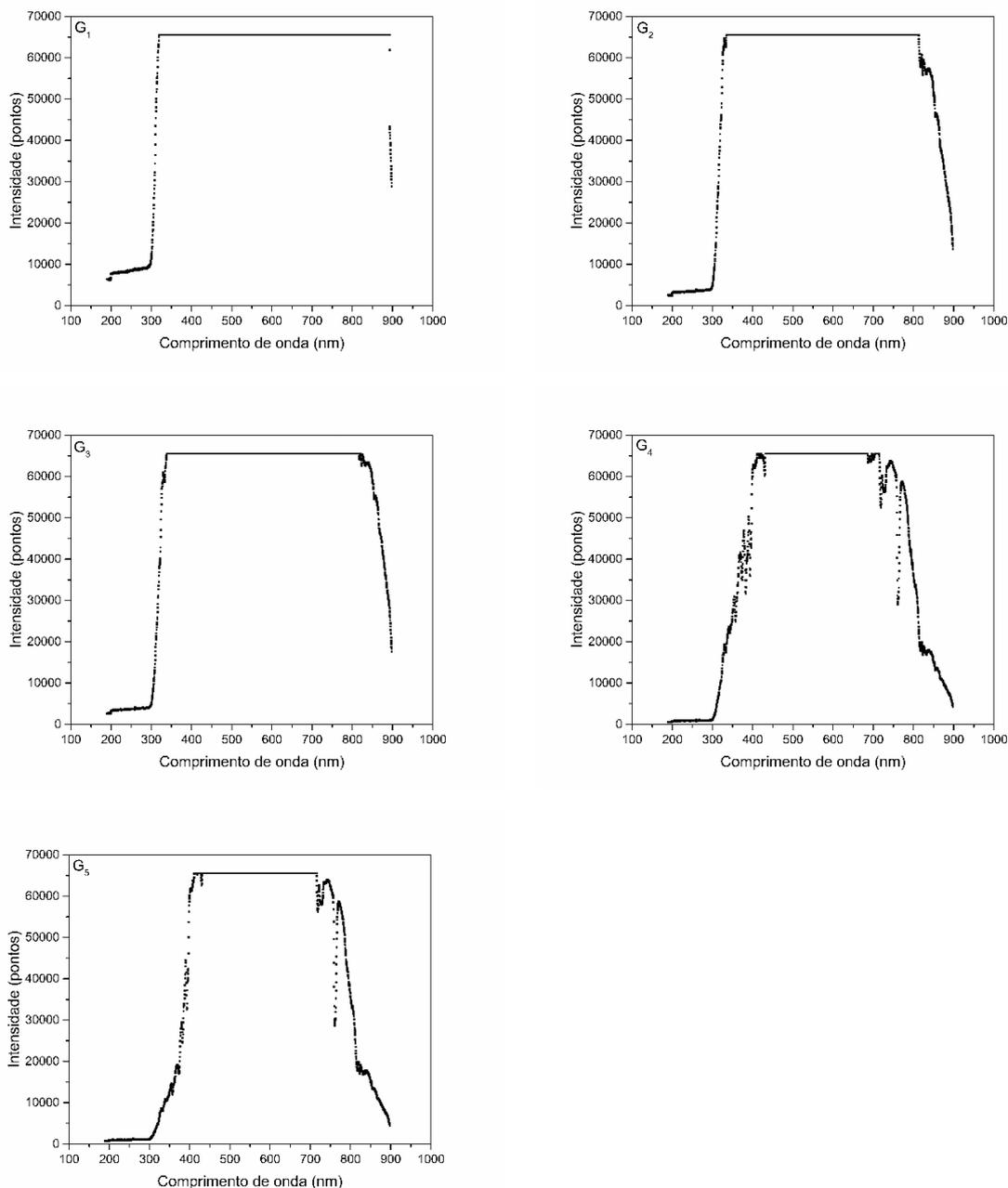


Figura 2. Comprimentos de ondas espectral dos tratamentos de gradientes de luz G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅.

Análise de crescimento

As análises de crescimento das plantas foram realizadas periodicamente, aos: zero, três, cinco e sete meses após as plantas serem submetidas aos tratamentos de gradientes de luz; quando foram avaliados: diâmetro do coleto (DC), comprimento da parte aérea (CPA), número de folhas (NF), comprimento do pecíolo (CP), comprimento da folha (CF) e largura da folha (LF). As análises do

CP, CF e LF foram realizadas em folhas completamente expandidas (segundo par de folhas contadas a partir do ápice), com o auxílio de régua graduada. Ao final de sete meses, foram avaliadas ainda a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca do sistema radicular (MSSR) e área foliar total (AFT). A AFT foi determinada por meio de um medidor de área foliar de bancada, modelo Li-3100 (Li-Cor, USA). Para isso, todas as folhas foram retiradas das plantas, utilizando uma tesoura de poda, seccionando-as na região entre o limbo foliar e o pecíolo. Para avaliação da massa seca, as plântulas foram colocadas em sacos de papel tipo *Kraft* e mantidas em estufa de circulação de ar forçada com temperatura ajustada para 70 ± 2 °C, durante 96 horas. As massas MSPA e MSSR foram determinadas em balança com precisão de 0,0001 g.

Ainda para avaliar a qualidade de mudas, utilizou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD), proposto por Dickson et al. (1960), conforme a equação 1:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{ALT}{D} + \frac{MSPA}{MSSR}} \quad (1)$$

em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson;

MST = massa seca total (g);

ALT = altura da parte aérea (cm);

D = diâmetro do coleto (mm);

MSPA = massa seca da parte aérea (g);

MSSR = massa seca do sistema radicular (g).

Trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e intensidade de verde

As trocas gasosas foram avaliadas sempre de manhã, entre 08:00 e 10:00 horas. Para tal, utilizou-se um analisador de gás infravermelho portátil (IRGA - modelo Li-6400 XT – Li-Corporation/USA). Os parâmetros obtidos foram: as taxas de fotossíntese líquida (A), transpiração (E) condutância estomática (g_s) e a razão da concentração interna para a concentração externa de CO₂ (C_i/C_a). As análises foram realizadas em folhas completamente expandidas (segundo par

de folhas contadas a partir do ápice). Foi utilizada uma câmara com *Led* de 6 cm², ajustada com intensidade luminosa (PAR) de cada tratamento, fluxo de ar de 500 $\mu\text{mol s}^{-1}$, concentração de CO₂ de referência de 400 ppm por meio do uso do *mixer* de CO₂ e temperatura variando conforme ambiente. Concomitantemente a avaliação de trocas gasosas, os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram determinados por meio de um fluorímetro Pocket PEA (*Plant Efficiency Analyser*, Hansatech, Inglaterra). Determinada a área das folhas, estas foram pré-adaptadas ao escuro durante 30 minutos com o auxílio de pinças (Hansatech) para que todos os centros de reação obtivessem um estado “oxidado”, evitando-se regiões com nervuras. A leitura foi realizada nas mesmas folhas em que foram analisadas as trocas gasosas e, momentaneamente, determinados a relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (F_v/F_m) e o índice de desempenho fotossintético (PI).

Adicionalmente, nas mesmas folhas em que foram realizadas as análises supracitadas, determinou-se a intensidade de verde, o índice SPAD, cujos valores estão relacionados aos teores totais de clorofilas. Para esta análise, utilizou-se o Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502 “*Soil Plant Analyser Development*” (Minolta, Japão). Foram realizadas oito leituras e determinada a média por planta.

As análises de trocas gasosas e dos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram realizados nos tempos zero (no dia da aplicação dos tratamentos), três e sete meses após as plantas serem acondicionadas nos tratamentos. De outro modo, as análises da intensidade de verde foram realizadas no tempo zero, um, dois, três, quatro, cinco, seis e sete meses.

Caracterização morfológica foliar

A caracterização morfológica foliar foi embasada na análise de 20 discos foliares, sendo coletados quatro discos por planta. Para isso, utilizou-se um cortador de metal e foram retirados quatro discos foliares de aproximadamente 0,20 cm² por planta, num total de cinco plantas amostradas por gradiente de luz. As análises foram realizadas em folhas completamente expandidas (segundo par de folhas contadas a partir do ápice). Em seguida, os discos foram acondicionados em tubos *falcon* de 50 mL contendo água destilada para hidratação durante 24 horas, a 25 °C. Após a hidratação, a espessura (mm) dos

discos foliares foi determinada utilizando um paquímetro digital com precisão de $\pm 0,01$ mm, e a massa saturada determinada em balança eletrônica digital com precisão de 0,0001 g. Para avaliação da massa seca, os discos foliares foram colocadas em placas de petri mantidas em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura ajustada para 60 ± 2 °C, durante 72 horas e, a massa seca, determinada em balança eletrônica digital com precisão de 0,0001 g.

A partir destas determinações, foram calculadas: a massa da folha por unidade de área (MFA) em g m^{-2} , suculência (SUC) em g m^{-2} e densidade (DEN) em mg mm^{-3} . As equações para os cálculos da MFA, SUC, DEN e a terminologia empregada para a caracterização dos parâmetros morfológicos foliares foi embasada em Kluge e Ting (1978), Witkowski e Lamont (1991) e Rosado e Mattos (2007).

Análise estatística

O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, sendo que cada planta avaliada representou uma repetição, totalizando 30 plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para a variável altura das plantas, diâmetro do coleto, número de folhas, comprimento do pecíolo, comprimento e largura foliar e índice SPAD, foram realizadas as análises de regressão. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o *software R* (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas e as umidades relativas máximas, médias e mínimas (Figura 1) apresentaram valores próximos em todos os gradientes de luz avaliados (G_1 , G_2 , G_3 , G_4 e G_5), com temperatura média entre 25 e 30 °C, e umidade relativa em torno de 80%. No entanto, houve aumento da intensidade de luz, para 6000 pontos, entre os comprimentos de ondas de 300 nm a 900 nm em G_1 , 850 nm em G_2 e 800 nm em G_3 . Em G_4 , o mesmo ocorreu entre os

comprimentos de ondas de 400 a 700 nm e, em G₅, de 400 a 750 nm aproximadamente (Figura 2).

Os espectros eletromagnéticos (Figura 2) abrangem radiações que vão do ultravioleta (maior frequência e menor comprimento de ondas), portanto, com mais energia; passando pela região do visível (400-700 nm) ao infravermelho, comprimento de ondas mais longo e com menos energia (Taiz et al., 2017). A luz natural é essencial para o processo fotossintético, pois quando a luz incide sobre o mesófilo foliar, carotenoides e clorofilas são excitados e a energia resultante é então transferida para centros de reação, denominados de fotossistemas (PSII e PSI), onde é iniciado o transporte de elétrons através da cadeia transportadora (Fromme e Grotjohann, 2008).

A diversidade de respostas fisiológicas das plantas geradas pela exposição às diferentes intensidades luminosas está relacionada aos mecanismos de adaptação ao *habitat* (Lopes e Alexandre, 2010). A disponibilidade de luz de forma irregular num dossel de floresta, ou conforme a estação do ano pode desencadear alterações morfoanatômicas e na distribuição de biomassa das folhas relacionadas à fotossíntese, relação clorofila *a/b*, espessura foliar e densidade estomática (Osunkoya et al., 1994).

Na Figura 3, são apresentados os resultados das taxas de fotossíntese líquida (A), transpiração (E) condutância estomática (g_s) e a razão da concentração interna para a concentração externa de CO₂ (C_i/C_a) de plantas de *S. schizophylla* nos diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) em cada ciclo de avaliação. Os ciclos de avaliação referem-se a: ciclo 1 (tempo zero-testemunha), ciclo 2 (três meses) e ciclo 3 (sete meses) de tratamento.

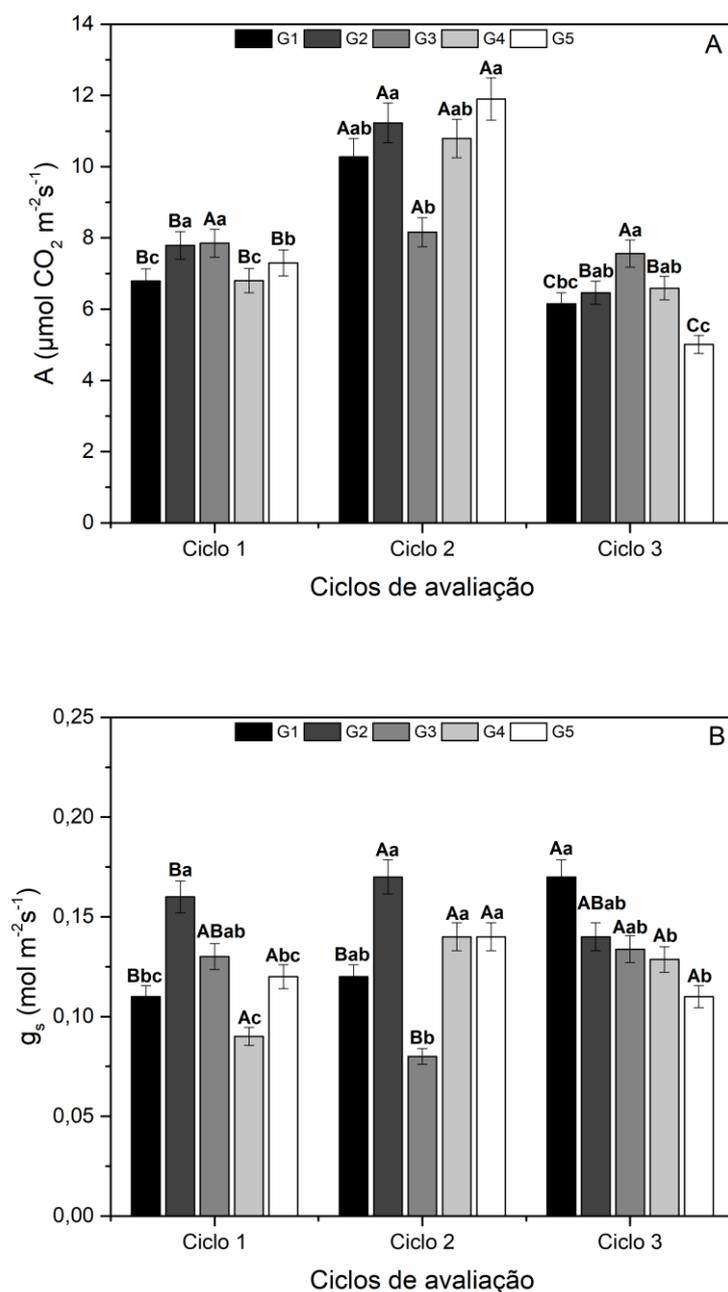


Figura 3. Taxas de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e a razão da concentração interna para a concentração externa de CO_2 (C_i/C_a) de plantas de *Syagrus schizophylla* em diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) e ciclos de avaliação. Ciclo 1 (tempo zero), ciclo 2 (aos três meses) e ciclo 3 (aos sete meses) de tratamento. Letras maiúsculas comparam ciclos de avaliação; letras minúsculas comparam gradientes de luz, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Continua...

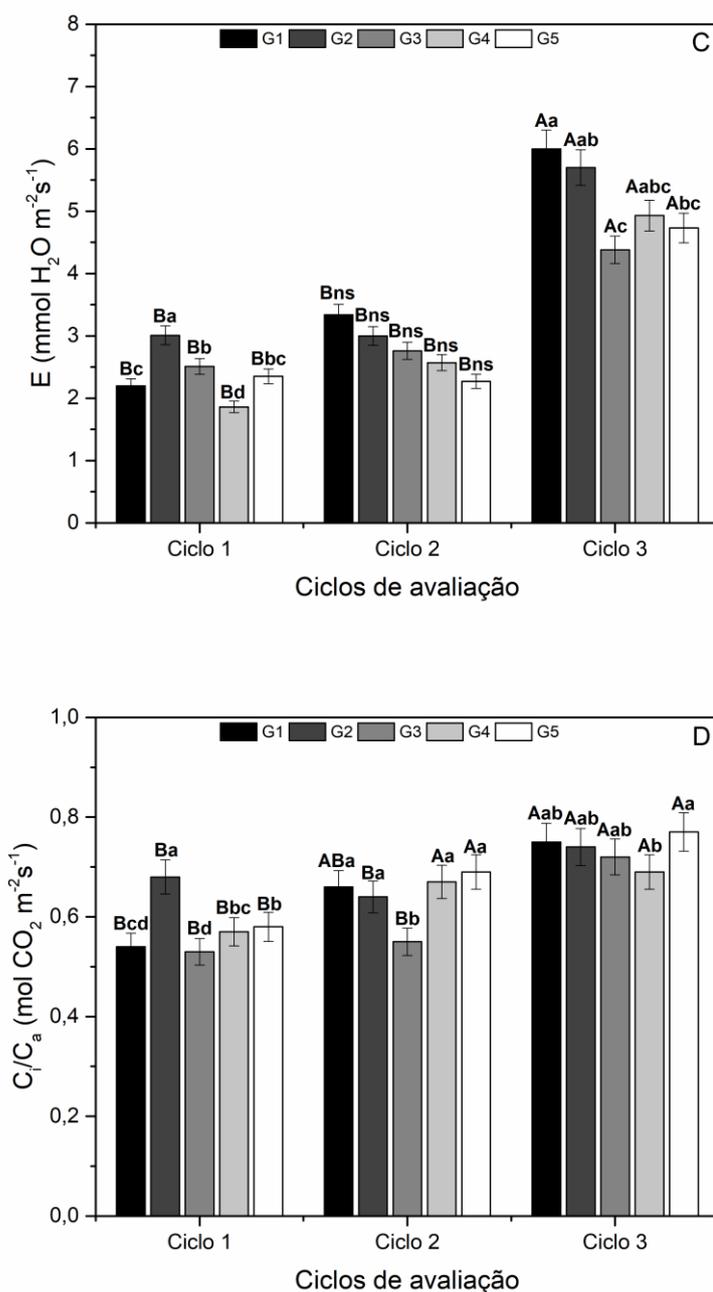


Figura 3, Cont.

Ao analisar as taxas de fotossíntese líquida (A) em cada ciclo de avaliação, observou-se que houve flutuações dos valores obtidos, independentemente do gradiente de luz (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅). No ciclo 1 ou tempo zero, nos gradientes de luz G₂ e G₃ foram obtidos os maiores valores das taxas de fotossíntese líquida, aproximadamente 8,0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (Figura 3A). No ciclo 2 de avaliação, ou seja, aos três meses de tratamento, notou-se certa equiparação das médias das taxas de fotossíntese líquida, mas com valores

superiores aos obtidos no ciclo 1 e 3, atingindo valores entre 11,0 e 12,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nos gradientes G_2 e G_5 (Figura 3A). Entretanto, aos sete meses de tratamento (ciclo 3), à exceção de G_3 , nos demais gradientes de luz, houve queda do valor das taxas de fotossíntese líquida. Contudo, as maiores médias foram obtidas em G_2 , G_3 e G_4 com valores entre 6 e 7,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3A). O estudo de parâmetros envolvidos nas trocas gasosas das plantas e suas variações intrínsecas possibilita o entendimento de padrões fotossintéticos de espécies individuais, conforme o curso diário das flutuações ambientais (Larcher, 2006). Por esse motivo, a capacidade fotossintética tem sido utilizada como marcador fisiológico para determinar o status das plantas (Pires et al., 2013).

A condutância estomática (g_s) também apresentou diferenças estatísticas significativas. No entanto, na avaliação realizada, ciclo 1, o maior valor de g_s foi obtido no gradiente de luz G_2 , cujo valor ultrapassou 0,15 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3B). No ciclo de avaliação 2, houve equiparação das médias da g_s obtidas nos diferentes gradientes de luz G_2 , G_4 e G_5 . A menor média da g_s foi obtida em G_3 , aproximadamente 0,075 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3B). No entanto, após os sete meses de tratamento, ciclo 3 de avaliação, as médias da g_s apresentaram valores maiores que 0,11 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3B), independentemente do gradiente de luz. Todavia, os tratamentos G_4 e G_5 apresentaram as menores médias.

Com a incidência de luz branca sobre as folhas há aumento rápido da condutância estomática (g_s), o que pode se dar devido à luz branca ser composta por várias cores (comprimentos de ondas diferenciados) e este aumento da g_s ser a soma das respostas dos diferentes componentes da luz branca (Aasamaa e Aphalo, 2015). Dumont et al. (2013) relataram que os estômatos são especialmente sensíveis à luz azul, no entanto, Boccalandro et al. (2012) relataram que a taxa de abertura estomática em relação ao aumento da incidência de luz vermelha também é significativa. Portanto, as flutuações do valor de g_s obtidos entre os ciclos de avaliação e, também, entre os gradientes de luz (Figura 3B), podem estar associados à qualidade de luz, evidenciada para cada tratamento apresentado na Figura 2.

A taxa de transpiração (E) das plantas de *S. schizophylla*, que pode ser definida como a perda de vapor d'água pelas plantas para a atmosfera, apresentou diferenças estatísticas significativas entre os gradientes de luz somente nos ciclos de avaliação 1 e 3. No ciclo 1 de avaliação, a taxa de

transpiração foi maior em G₂ com valor superior a 3,0 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Figura 3C). No ciclo de avaliação 2, não houve diferenças significativas das médias de E entre os gradientes de luz estudados (Figura 3H). Em contrapartida, observou-se que após os sete meses ou ciclo 3 de avaliação, os valores de E apresentaram valores superiores a 5,0 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, sendo que nos gradientes de luz, G₁ e G₂, os valores obtidos de E se aproximaram de 6,0 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Figura 3C).

Para que haja assimilação de CO₂ atmosférico, a condição *sine qua non* é que a planta esteja com seus estômatos abertos. Neste contexto, para que haja abertura estomática a planta tem que estar hidratada (pressão de turgor positiva), ou seja, o status hídrico ou potencial hídrico (ψ_w) tem que estar dentro das faixas mínimas necessárias (Flexas et al., 2012). No entanto, a assimilação de CO₂ é sempre acompanhada pela perda de água (transpiração E) e as taxas de difusão de ambos os gases aumenta com a condutância estomática (g_s) e, conseqüentemente, o processo fotossintético é influenciado (Lu et al., 2016). Para Devi et al. (2016), a transpiração é a perda natural de água pela planta em consequência da abertura dos estômatos para a difusão do CO₂ para o interior das folhas. Estudos fisiológicos da fotossíntese e da transpiração tiveram importantes avanços, todavia, quando relacionados independentemente à abertura estomática e suas respostas às mudanças climáticas, não há muitas informações.

Pires et al. (2013) avaliaram a resposta fotossintética da macaúba em relação à intensidade de luz, idade da folha/posição, teor de pigmentos da folha e teor de nutrientes. Os autores observaram uma taxa fotossintética líquida (A) crescente durante as primeiras horas da manhã e atingiu o seu pico (16,69 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) antes do meio-dia. Houve correlação linear fraca entre A e g_s (R = 0,45). A g_s foi alta e estável, à exceção durante o amanhecer e o entardecer. Os baixos valores de A observados nestes dois períodos podem ser atribuídos à falta de luz.

A constância de g_s ao meio dia também assegurou a alta taxa de transpiração (E). A curva fotossintética de resposta à luz seguiu o padrão clássico de espécies com o metabolismo C₃. Lavinsky et al. (2014) relataram que a taxa fotossintética líquida aumentou 3,5 vezes das mudas aclimatadas, 25,0 mols fótons m⁻² d⁻¹, em relação às mudas de sub-bosque, 1,3 mol fótons m⁻² d⁻¹ que, no entanto, apresentavam baixa taxa de respiração e rápida resposta de g_s .

As médias da razão da concentração interna para a concentração externa de CO₂ (C_i/C_a) de plantas de *S. schizophylla* em diferentes gradientes de luz também apresentou diferenças estatísticas. Houve valores variando entre 0,55 e 0,70, no ciclo 1 de avaliação, e a maior razão C_i/C_a foi obtida nas plantas do G₂, seguido por G₄ e G₅ (Figura 3D). No entanto, no ciclo 2 de avaliação, houve equiparação da razão C_i/C_a média obtida em G₁, G₂, G₄ e G₅, com valores superiores a 0,65 (Figura 3D). Essa equiparação da razão C_i/C_a média obtidos nas plantas sob os diferentes gradientes de luz, também ocorreu no ciclo 3 de avaliação, cujos valores obtidos mantiveram-se entre 0,70 e 0,80, à exceção de G₄ (Figura 3D). Observou-se que no decorrer do tempo, ciclos de avaliação, a relação C_i/C_a média obtida aumentou significativamente nos diferentes gradientes de luz, e isto pode estar relacionado ao crescimento e desenvolvimentos das plantas e à qualidade da luz, pois as plantas têm a fotossíntese potencializada nas radiações com comprimento de ondas referentes a luz azul (400-500 nm) e vermelha (600-700 nm) (Miao et al., 2016), que favorecem a abertura estomática e, conseqüentemente, as trocas gasosas.

Na Figura 4, pode-se observar a relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (F_v/F_m) e o índice de desempenho fotossintético (PI) de plantas de *S. schizophylla* nos diferentes gradientes de luz. Nesta circunstância, verificou-se que não houve diferenças significativas da relação F_v/F_m entre os tratamentos com diferentes gradientes de luz nos ciclos 1 e 2 (Figura 4A).

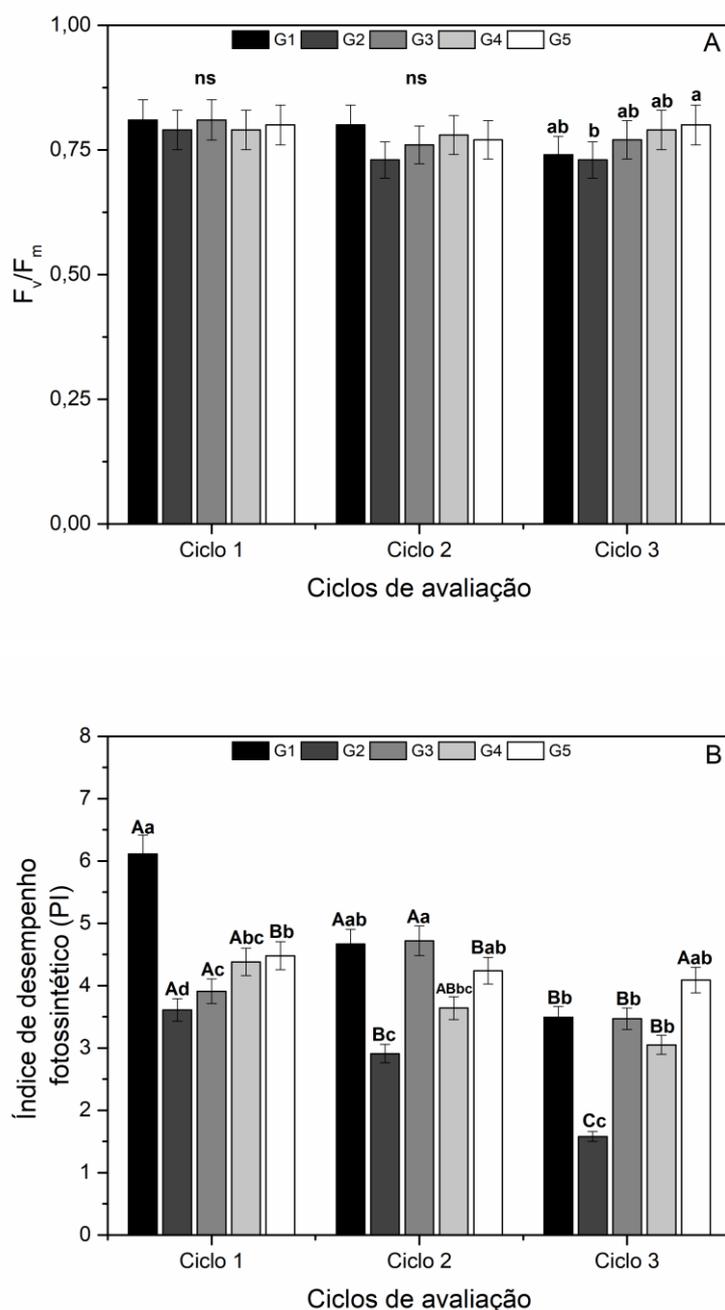


Figura 4. Relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (F_v/F_m) e o índice de desempenho fotossintético (PI) de plantas de *Syragrus schizophylla* em diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) e ciclos de avaliação. Ciclo 1 (tempo zero), ciclo 2 (aos três meses) e ciclo 3 (aos sete meses) de tratamento. Letras maiúsculas comparam ciclos de avaliação; letras minúsculas comparam gradientes de luz, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *ns = não significativo ($p < 0,05$).

No ciclo 3, houve diferenças significativas entre os gradientes de luz G₂ e G₅, cujos valores foram próximos a 0,75 e 0,8; respectivamente (Figura 4A). Em plantas de *E. edulis* aclimatadas em sub-bosque durante seis meses e

transferidas a um gradiente de luz maior, Lavinsky et al. (2014) relataram que na primeira semana após a transferência houve queda severa da relação F_v/F_m , de 0,8 para 0,5. Aos 110 dias após a reaclimação, a relação F_v/F_m obtida foi quase totalmente recuperada (0,7), observando aumentos dessa relação após os 21 dias.

Ainda, fatores não estomáticos podem contribuir na adaptação fisiológica da folha em diferentes intensidades luminosas. Gomes (2008) relatou que em plantas estressadas, o valor F_v/F_m tende a diminuir, dissipando o excesso de energia e evitando danos por fotoinibição. A relação F_v/F_m possibilita identificar alterações na fotossíntese, na eficiência fotoquímica e fotoinibição (Osório et al., 2012).

Considerando o índice de desempenho fotossintético (PI), no ciclo 1 de avaliação, o maior valor do PI obtido foi nas plantas submetidas ao gradiente de luz G_1 , com valor superior a 6, sendo que nos demais gradientes de luz o valor do PI foi inferior a 4,5 (Figura 4B). No ciclo 2 de avaliação, os maiores valores de PI foram obtidos nos gradientes de luz G_1 , G_3 e G_5 , apresentando valores entre 4,5 e 5,0 (Figura 4B). No ciclo de avaliação 3, houve equiparação dos valores médios de PI obtidos nos diferentes gradientes de luz G_1 , G_3 , G_4 e G_5 , com valores variando de 3,5 a 4,5. As plantas expostas ao gradiente de luz G_2 apresentaram o menor valor médio do PI, aproximadamente 1,5 (Figura 4B). Adicionalmente, à exceção do gradiente de luz G_5 , observou-se que houve queda do valor do PI das plantas de *S. schizophylla* no decorrer dos ciclos de avaliação, que pode estar associada à diferentes tipos de estresse relacionados à intensidade luminosa (Gonçalves et al., 2010; Yusuf et al., 2010).

Na Figura 5 estão apresentados os resultados da área foliar (5A), massa seca da parte aérea (5B), massa seca do sistema radicular (5C), massa seca total (5D), índice de qualidade de Dickson (5E), massa da folha por unidade de área (5F), suculência (5G) e densidade (5H) de plantas de *S. schizophylla* nos diferentes gradientes de luz após os sete meses de exposição a diferentes gradientes de luz.

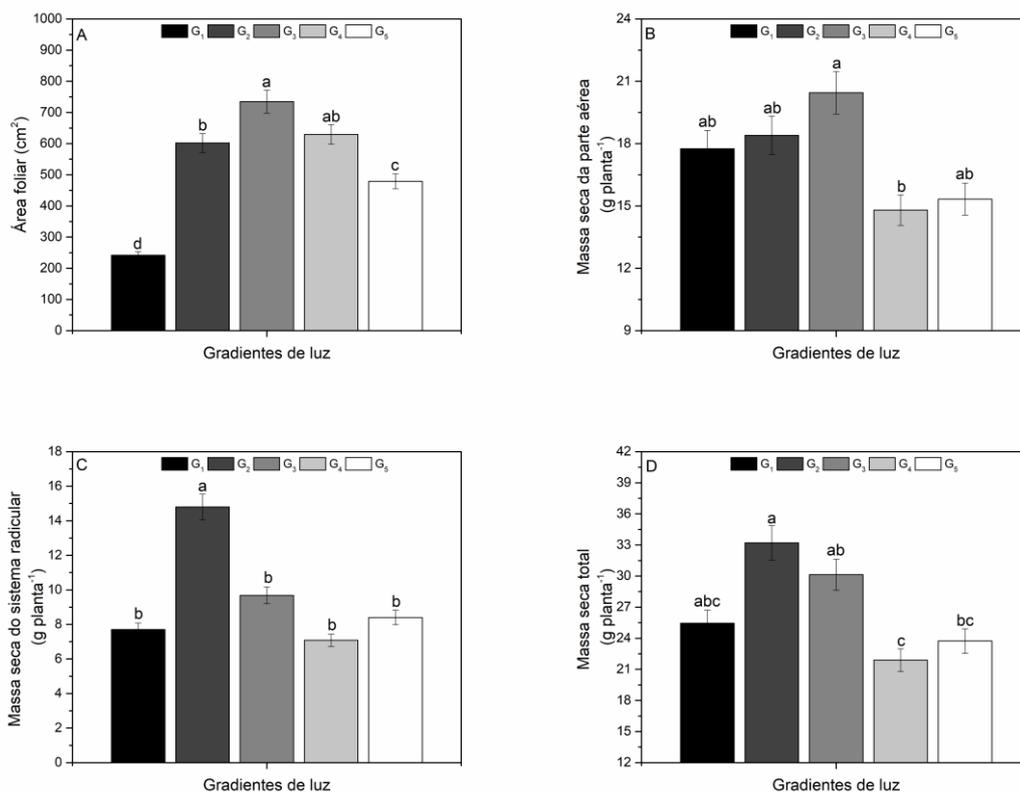


Figura 5. Área foliar (A), massa seca da parte aérea (B), massa seca do sistema radicular (C), massa seca total (D), índice de qualidade de Dickson (E), massa da folha por unidade de área (F), suculência (G) e densidade (H) de plantas de *Syagrus schizophylla* em diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) aos sete meses de tratamento. As barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

*ns = não significativo ($p < 0,05$).

Continua...

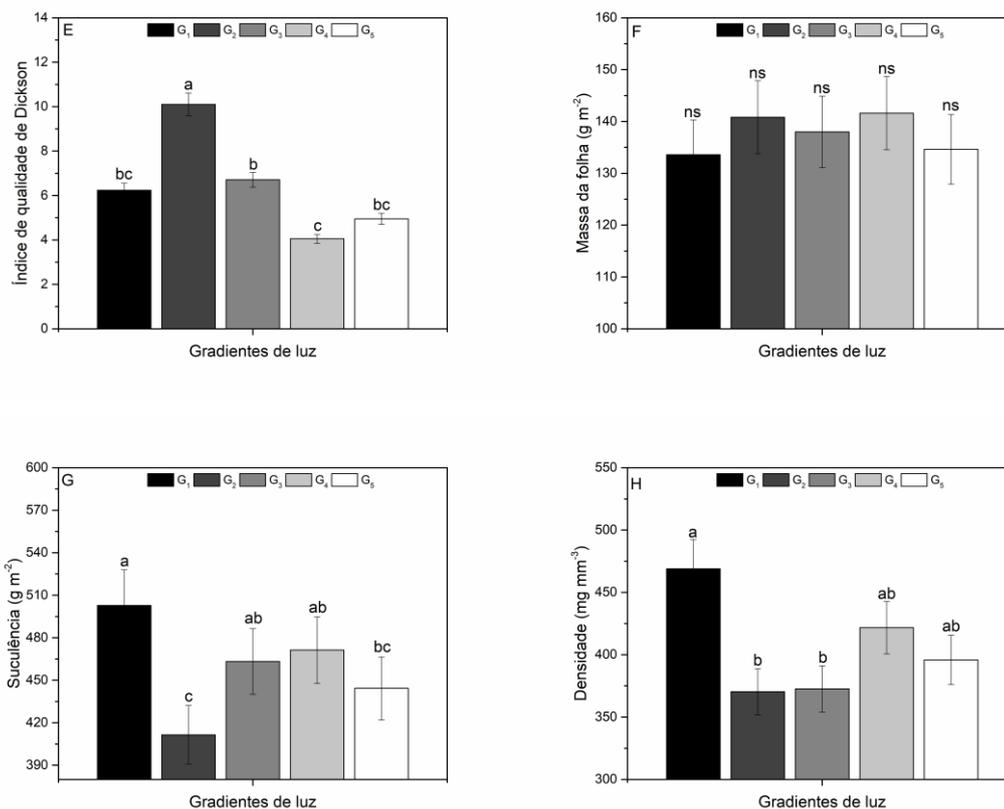


Figura 5, Cont.

Em relação aos dados da área foliar total, os maiores valores foram observados nos gradientes de luz G₂, G₃ e G₄, cujos valores permaneceram entre 600 e 750 cm², seguidos do sombreamento G₅ com aproximadamente 450 cm² e G₁ com 250 cm² de área foliar (Figura 5A). Gatti et al. (2011) observaram inicialmente em plantas de *Euterpe edulis*, à medida em que há o aumento da intensidade luminosa, a tendência é que as plantas apresentem área foliar reduzida.

Os valores médios da massa seca da parte aérea apresentaram certa equiparação, independentemente do gradiente de luz, com valores variando de 15 g planta⁻¹ em G₄ (menor média obtida) a aproximadamente 21 g planta⁻¹, em G₃ (Figura 5B). No entanto, em relação à massa seca do sistema radicular, a maior média foi obtida no gradiente de luz G₂, 14,5 g planta⁻¹, sendo estatisticamente iguais os valores das massas secas do sistema radicular obtidas nos demais gradientes de luz estudados, cujos valores variaram entre 7,0 e 10,0 g planta⁻¹ (Figura 5C). A massa seca total apresentou valores superiores a 33,0 g planta⁻¹

em G₂ (maior média obtida) e aproximadamente 22,5 g planta⁻¹ em G₄ (menor média obtida) (Figura 5D).

O maior valor do índice de qualidade de Dickson (IQD) foi o alcançado no gradiente de luz G₂, superior a 10,0; seguido pelos demais tratamentos (G₃, G₁, G₅ e G₄, nesta ordem), que apresentaram valores entre 4,0 e 7,0 (Figura 5E). Fonseca (2002) sugere o índice de qualidade de Dickson (IQD) como bom indicador da qualidade de mudas em fase de viveiro, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes e que ajudam a estimar o sucesso do desempenho das mudas após o plantio em campo. De oliveira et al. (2011) obtiveram valores de IQD de mudas de *Copernicia hospita* entre 2,29 e 2,77 após três meses de cultivo e valores entre 15,78 e 20,70 após nove meses de cultivo a sol pleno e em diferentes tamanhos de recipientes.

Em relação aos dados de massa da folha (Figuras 5F), os tratamentos não foram significativos, sugerindo equiparação dos valores obtidos dessa variável, entre os diferentes gradientes de luz estudados. Entretanto, os valores de massa da folha variaram entre 135,0 a 142,0 g m⁻². A suculência das folhas das plantas (Figura 5G) variou de 411,5 g m⁻² em G₂ (menor média obtida) a aproximadamente 502,5 g m⁻² em G₁ (maior média obtida), seguido por G₃, G₄ e G₅. Nos gradientes de luz G₃ e G₄, os valores da suculência foliar variaram de 460 a 472 g m⁻². No entanto, para a densidade (Figura 5H), em G₁ o valor da densidade das folhas das plantas foi de 475 mg mm⁻³ (maior média), seguido por G₄ e G₅ com valores entre 375,0 e 425 mg mm⁻³. Nos gradientes de luz, G₂ e G₃, os valores foram inferiores a 375,0 mg mm⁻³, menores médias obtidas. De oliveira et al. (2011) encontraram valor da suculência de plantas de *Copernicia hospita* variando entre 2,48 e 3,95; dependendo do tamanho do recipiente e tempo de cultivo.

Concomitantemente às análises realizadas nos ciclos de avaliação 1; 2 e 3, analisou-se o crescimento e o desenvolvimento das plantas de *S. schizophylla* por meio de parâmetros morfológicos como a altura das plantas, diâmetro do coleto, número de folhas, comprimento do pecíolo, comprimento foliar, largura foliar e a intensidade de verde ou índice SPAD ao longo de todo período experimental, cujos resultados estão apresentados na Figura 6.

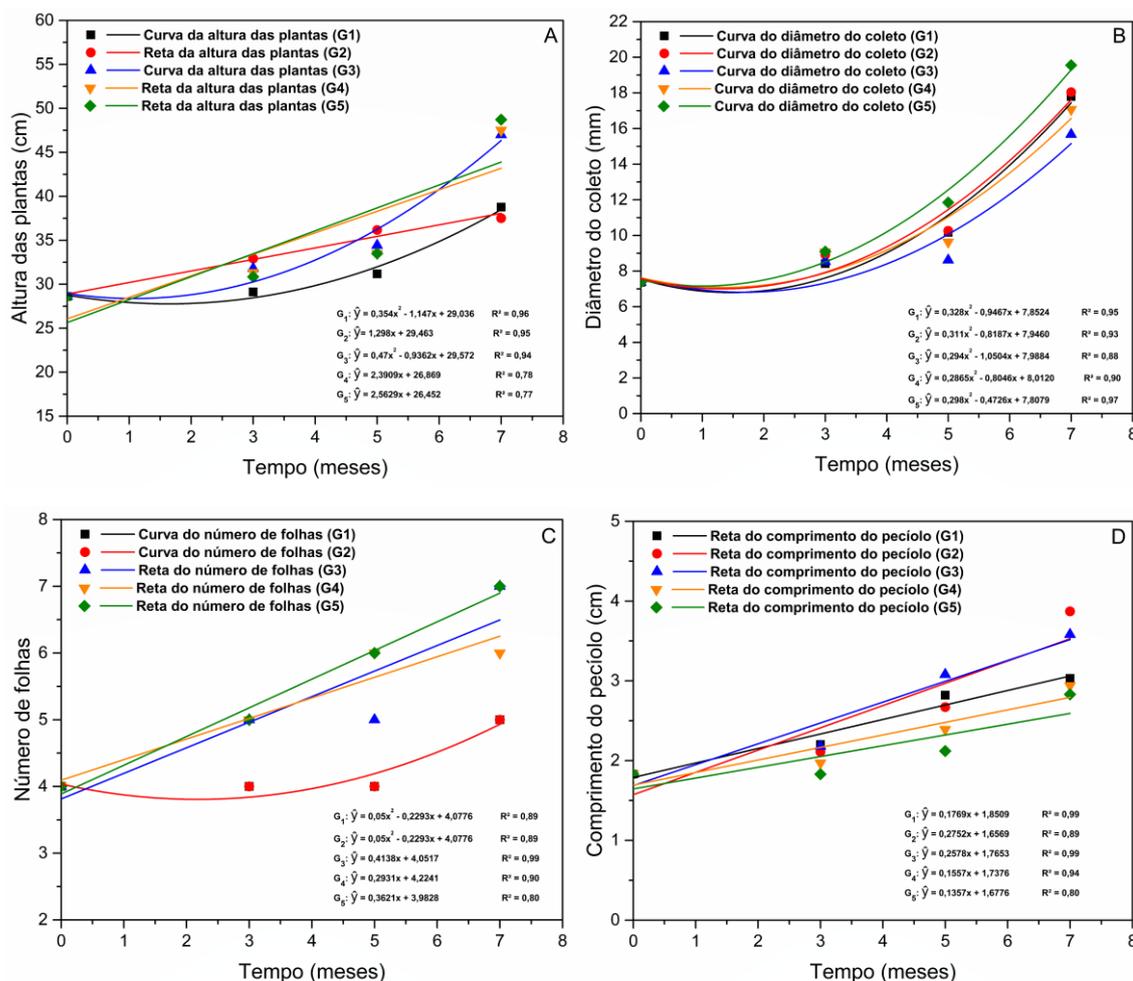


Figura 6. Análise de regressão da altura das plantas (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C), comprimento do pecíolo (D), comprimento foliar (E), largura foliar (F) e índice SPAD de plantas de *Syagrus schizophylla* sob diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) até os sete meses de cultivo (p<0,05).

Continua...

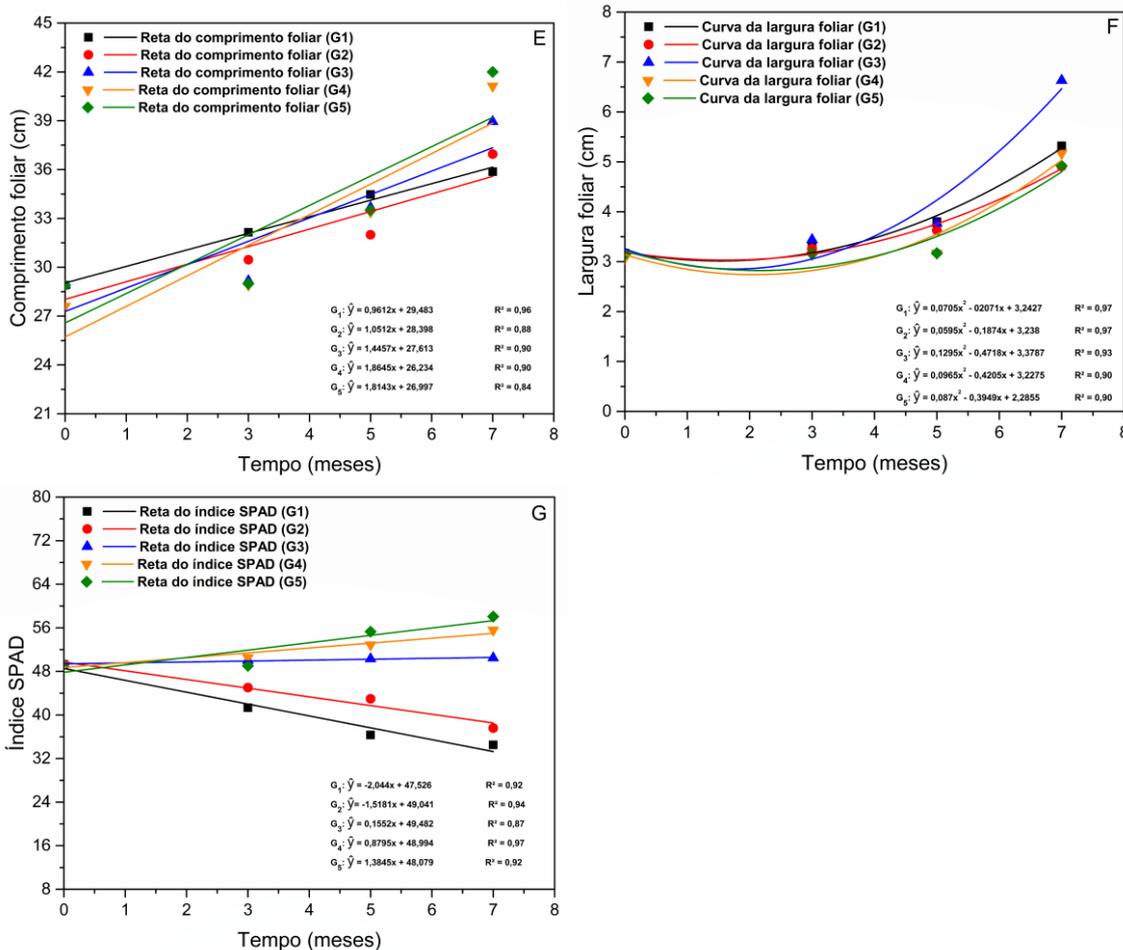


Figura 6, Cont.

Em relação à altura das plantas, observou-se que houve um incremento de altura com o decorrer do tempo, independentemente do tratamento de gradiente de luz (Figura 6A). Entretanto, verificou-se que nas plantas expostas aos gradientes luz G₃, G₄ e G₅, o incremento em altura das plantas foi maior em relação aos gradientes de luz G₁ e G₂. Inicialmente, as plantas apresentavam entre 25 e 30 cm de altura e, ao final de sete meses, atingiram valores superiores a 40 cm de altura (Figura 6A). Adicionalmente, verificou-se o aumento do diâmetro do coleto das plantas com o decorrer do tempo, apresentando comportamento similar no primeiro mês de exposição aos diferentes gradientes de luz (Figura 6B). A partir desse ponto, foi registrado um acréscimo maior do diâmetro do coleto das plantas expostas ao gradiente de luz G₅, passando de 7,0 cm no primeiro mês e alcançando valor próximo a 19,0 cm no sétimo mês de exposição ao referido gradiente de luz (Figura 6B). Nos gradientes de luz G₁, G₂ e G₄ o incremento do diâmetro do coleto das plantas foi semelhante, passando de

7,0 cm no primeiro mês e alcançando valor próximo a 16,0 cm no sétimo mês de exposição aos referidos gradientes de luz. No gradiente de luz G_3 o incremento em diâmetro foi um pouco menor, alcançando valor próximo a 15,0 cm no sétimo mês (Figura 6B).

O número de folhas nos gradientes de luz G_1 e G_2 foram similares no decorrer do tempo, justificando a sobreposição das curvas (Figura 6C). Houve aumento de uma folha, de quatro para cinco, aos sete meses de avaliação. No entanto, nos gradientes de luz G_3 e G_4 , este aumento no número de folhas foi de quatro para seis folhas e, no gradiente de luz G_5 , o incremento foi de quatro para sete folhas (Figura 6C). Gatti et al. (2011), estudando o crescimento e produção de folhas da palmeira *Euterpe edulis* sob diferentes intensidades luminosas, concluíram que à medida em que se aumentava a intensidade de luz, o número de folhas e a sua vida útil diminuía, além de provocar a diminuição do tamanho das folhas e uma alocação de biomassa para as raízes.

O comprimento do pecíolo das plantas apresentou acréscimo linear no decorrer do tempo de exposição aos diferentes gradientes de luz (Figura 6D). Inicialmente, o comprimento do pecíolo era de 1,5 a 2,0 cm. Com o decorrer do tempo, a partir do terceiro mês de exposição aos gradientes de luz, verificou-se que nos gradientes G_2 e G_3 o comprimento do pecíolo aumentou de 2,5 para 3,0 cm no quinto mês, culminando com 3,5 cm, após o sétimo mês, destacando-os em relação aos demais tratamentos (Figura 6D). Após o sétimo mês de exposição aos gradientes de luz, o comprimento do pecíolo das plantas de *S. schiophylla* alcançaram aproximadamente 2,8 cm no gradiente de luz G_1 ; 2,5 cm no G_4 e valor próximo a 2,3 no G_5 (Figura 6D).

Assim como o comprimento do pecíolo, o comprimento foliar também apresentou um crescimento linear ao longo do tempo. Com medidas menores que 30 cm, inicialmente, no entanto, pode-se observar que, a partir do quinto mês, o comprimento das folhas das plantas de *S. schizophylla* expostas aos gradientes de luz G_4 e G_5 apresentavam maior comprimento, aproximadamente 35,0 cm, alcançando um valor estimado de 39,0 cm após sete meses (Figura 6E). Nos gradientes de luz G_1 , G_2 e G_3 , estes valores foram estimados em menores que 33,0 cm, após cinco meses e 36,0 cm após sete meses (Figura 6E). Em relação à largura foliar, as curvas ajustas e disponibilizadas na Figura 6F, sugerem que as folhas expostas ao gradiente de luz G_3 apresentem maior largura em relação aos

demais gradientes de luz estudados, iniciando com 3 cm, dobrando-se este valor após sete meses de exposição. Nos demais tratamentos, os resultados obtidos para a largura foliar foram semelhantes, independentemente do gradiente de luz. No entanto, pode-se estimar a largura das folhas atingindo valores entre 4,5 e 5,0 cm, aos sete meses (Figura 6F).

A qualidade e a intensidade de luz estão relacionadas às alterações morfofisiológicas adaptativas das folhas e à fotossíntese. Dentre as alterações proporcionais de tecidos fotossintetizantes em relação aos não fotossintetizantes, que resultam em modificações na distribuição de biomassa, destacam-se o teor de clorofila, a altura das plantas, número de folhas, comprimento e largura das folhas (Nakazono et al., 2001).

A intensidade de verde ou índice SPAD das plantas de *S. schizophylla* nos diferentes gradientes de luz apresentou comportamento linear decrescente para os gradientes de luz G₁ e G₂ e, comportamento linear crescente para os gradientes de luz G₄ e G₅ (Figura 6G). Nos gradientes de luz G₁ e G₂, o índice SPAD, inicialmente, apresentava valor próximo a 50. Entretanto, no decorrer do tempo de exposição aos referidos gradientes de luz, observou-se que o valor do índice baixou a partir do primeiro mês, atingindo valor estimado em 44 em G₂ e 36 em G₁ no quinto mês. No sétimo mês estes valores foram estimados em 36 em G₂ e 32 em G₁ (Figura 6G).

De outro modo, no gradiente de luz G₃, os valores do índice SPAD se mantiveram praticamente constantes durante todo o período experimental (Figura 6G). Por outro lado, nos gradientes de luz G₄ e G₅, verificou-se o aumento do índice SPAD ainda nos primeiros meses de exposição, no entanto, alcançando valores expressivos em relação aos demais tratamentos a partir do terceiro mês de exposição, atingindo valores estimados em 56 no sétimo mês (Figura 6G). A pigmentação das folhas está diretamente relacionada ao teor de clorofila que, por sua vez, é responsável pela captação de luz. Deste modo, o índice SPAD ou intensidade de verde, pode ser considerado um indicador do estado fisiológico das plantas.

Os parâmetros de trocas gasosas, avaliados conjuntamente com as variáveis morfológicas de crescimento e desenvolvimento das plantas de *S. schizophylla* nos diferentes gradientes de luz, no decorrer do tempo e ciclos de avaliação, geraram valiosas informações que podem contribuir para a formação

de plantas vigorosas e, também, servem como indicadores de sobrevivência das mudas no campo após o transplântio. Ainda, os resultados obtidos neste estudo não só confirmam que a referida espécie é tolerante à diferentes gradientes de luz, mas também sugere que esta palmeira seja capaz de se aclimatar.

CONCLUSÕES

A tela chromatinet® vermelha 50% favorece as trocas gasosas de plantas de *Syagrus schizophylla*.

Há queda significativa do índice de desempenho fotossintético (PI) de plantas de *Syagrus schizophylla* nos diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃ e G₄) após três meses de cultivo.

Há queda da intensidade de verde, índice SPAD, nos gradientes de luz G₁ e G₂.

As plantas de *Syagrus schizophylla* oriundas do gradiente de luz G₂, cobertura com uma tela chromatinet® vermelha 50% e com a incidência de luz média de 913,16 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, apresentam o maior índice de qualidade de Dickson.

REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS

- Aasamaa, K., Aphalo, P.H. (2015) Effect of vegetational shade and its components on stomatal responses to red, blue and green light in two deciduous tree species with different shade tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 121:94-101.
- Andersen, K.M., Corre, M.D., Turner, B.L., Dalling, J.W. (2010) Plant–soil associations in a lower montane tropical forest: physiological acclimation and herbivoremediated responses to nitrogen addition. *Functional ecology*, 24 (6):1171-1180.

- Boccalandro, H.E., Giordano, C.V., Ploschuk, E.L., Piccoli, P.N., Bottini, R., Casal, J.J. (2012) Phototropins but not cryptochromes mediate the blue light-specific promotion of stomatal conductance, while both enhance photosynthesis and transpiration under full sunlight. *Plant Physiology*, 158:1475-1484.
- Devi, M.J., Sinclair, T.R., Taliercio, E. (2016) Silver and zinc inhibitors influence transpiration rate and aquaporin transcript abundance in intact soybean plants. *Environmental and Experimental Botany*, 122:168-175.
- Dickson, A., Leaf, A.L., Hosner, J.F. (1960) Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36:10-13.
- De Oliveira, A.B., Filho, S.M., Bezerra, A.M.E. (2011) Tempo de cultivo e tamanho do recipiente na formação de mudas de *Copernicia hospita*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33 (3):533-538.
- Dumont, J., Spicher, F., Montpied, P., Dizengremel, P., Jolivet, Y., Le Thiec, D. (2013) Effects of ozone on stomatal responses to environmental parameters (blue light red light, CO₂ and vapour pressure deficit) in three *Populus deltoides* x *Populus nigra*. *Pollut. 173*:85-96.
- Eiserhardt, W., Svenning, J.C., Kissling, W.D., Balslev, H. (2011) Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. *Annals of Botany*, 108 (8):1391-1416.
- Flexas, J., Barbour, M.M., Brebdel, O., Cabrera, H.M., Carriqui, M., Diaz-Espejo, A., Douthe, C., Dreyer, E., Ferrio, J.P., Gago, J., Galle, A., Galmes, J., Kodama, N., Medrano, H., Niinemets, U., Peguero-Pina, J.J., Pou, A. (2012) Mesophyll diffusion conductance to CO₂: An unappreciated central player in photosynthesis. *Plant Science*, 194:70-84.
- Fonseca, E.P., Valéri, S.V., Miglioranza, E., Fonseca, N.A.N., Couto, L. (2002) Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, 26:515-523.
- Fromme, P., Grotjoham, I. (2008) Overview of Photosynthesis. Photosynthetic Protein Complexes, *Wiley-VCH Verlag*. Weinheim, Germany.

- Gatti, M.G., Campanello, P.I., Goldstein, G. (2011) Growth and leaf production in the tropical palm *Euterpe edulis*: Light conditions versus developmental constraints. *Flora*, 206:742–748.
- Gomes, F.P., Oliva, M.A., Mielke, M.S., Almeida, A.F., Leite, H.G., Aquino L.A. (2008) Photosynthetic limitations in leaves of Young Brazilian Green Dwarf coconut (*Cocos nucifera* L. 'nana') palm under well-watered conditions or recovering from drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 62:195–204.
- Gonçalves, J.F.C., Silva, C.E., Guimarães, D.G., Bernardes, R.S. (2010) Análise dos transientes da fluorescência da clorofila *a* de plantas jovens de *Carapa guianenses* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. *Acta Amazonica*, 40 (1):89-98.
- Kluge, M., Ting, I. (1978) *Crassulacean Acid Metabolism: Analysis of an Ecological Adaptation*. Springer-Verlag, Berlin.
- Kristiansen, T., Eiserhardt, W.L., Pedersen, D., Brix, H., Kristiansen, S.M., Knadel, M., Balslev, H. (2012) Environment versus dispersal in the assembly of western Amazonian palm communities. *Journal Biogeography*. 39 (7):1318-1332.
- Larcher, W. (2006) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 532p.
- Lavinsky, A.O., Gomes, F.P., Mielke, M.S., França, S. (2014) Photosynthetic acclimation in shade-developed leaves of *Euterpe edulis* Mart (Arecaceae) after long-term exposure to high light. *Photosynthetica*, 52:351-357.
- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015a) *Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB53>>. Acesso em: 12 de novembro 2016.
- Lopes, J.C., Alexandre, R.S. (2010) *Germinação de sementes de espécies florestais*. In: Chichorro, J. F.; Garcia, G. O.; Bauer, M. O.; Caldeira, M. V. W. (Org.). Tópicos em Ciências Florestais. 1. ed. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema, v. 1, p. 21-56.

- Lu, Y., Duursma, R.A., Medlyn, B.E. (2016) Optimal stomatal behaviour under stochastic rainfall. *Journal of Theoretical Biology*, 394:160-171.
- Miao, Y.X., Wang, X.Z., Gao, L.H., Chen, Q.Y., Qu, M. (2016) Blue light is more essential than red light for maintaining the activities of photosystem II and I and photosynthetic electron transport capacity in cucumber leaves. *Journal of Integrative Agriculture*, 15 (1):87-100.
- Nakazono, E.M., Costa, M. C. da., Futatsugi, K., Paulilo, M.T.S. (2001) Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Revista brasileira de Botânica*, 24 (2):173-179.
- Osório, M.L., Osório, J., Gonçalves, S., David, M.M., Correia, M.J., Romano, A. (2012) Carob trees (*Ceratonia siliqua* L.) regenerated in vitro can acclimatize successfully to match the field performance of seed-derived plants. *Trees*, 26:1837-1846.
- Osunkoya, O.O., Ash, J.E., Hopkins, M.S., Grahlan, A. (1994) Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. *Journal of Ecology*, 82:149-163.
- Pires, T.P., Souza, E.S., Kuki, K.N., Motoike, S.Y. (2013) Ecophysiological traits of the macaw palm: A contribution towards the domestication of a novel oil crop. *Industrial Crops and Products*, 44:200-210.
- Prieto, P.V., Messina, T. (2012) *Syagrus schizophylla* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus schizophylla](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus_schizophylla)>. Acesso em: 19 de outubro de 2016.
- R Core Team. (2014) *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 de julho de 2014.
- Rosado, B.H.P., Mattos, E.A. (2007) Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21 (3):741-752.

- Svenning, J.C., Borchsenius, F., Bjorholm, S., Balslev, H. (2008) High tropical net diversification drives the New World latitudinal gradient in palm (Arecaceae) species richness. *Journal of Biogeography*, 35 (3):394-406.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.A., Murphy, A. (2017) *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Arned, 858p.
- Yusuf, M.A., Kumar, D., Rajwanshi, R., Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M. (2010) Govindjee Sarin, N. B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. *Biochimica and Biophysica Acta*, 1797:1428-1438.
- Wang, Y., Li, Y., Xue, H., Pritchard, H.W., Wang, X. (2015) Reactive oxygen species-provoked mitochondria-dependent cell death during ageing of elm (*Ulmus pumila* L.) seeds. *The Plant Journal*, 81:438-452.
- Witkowski, E.T.F., Lamont, B.B. (1991) Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*, 4:486-493.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Um dos grandes entraves para a exploração sustentável e conservação da palmeira *Syagrus schizophylla* é a carência de metodologias validadas para a conservação das sementes, condução da germinação e produção de mudas. Neste contexto, foram desenvolvidos três estudos objetivando gerar informações quanto às características fisiológicas e morfológicas da germinação, do armazenamento das sementes, bem como, do crescimento e do desenvolvimento, e produção de mudas da palmeira.

No primeiro estudo, objetivou-se identificar as fases da absorção de água durante a germinação de sementes sob diferentes tratamentos de escarificação, avaliar a germinação de sementes em diferentes temperaturas, e caracterizar os aspectos morfológicos e biométricos de diásporos e plântulas, durante os estádios do processo de germinação, com base em seus atributos quantitativos e qualitativos externos. Concluiu-se que a embebição de diásporos e sementes com ruptura no tegumento e de sementes intactas aumenta e antecipa a germinação de sementes de *S. schizophylla*. As temperaturas constantes de 25 e 30 °C são as recomendadas para a germinação de sementes e obtenção de plântulas de *S. schizophylla*. A germinação de sementes de *S. schizophylla* é criptocotiledonar, hipógea do tipo remota tubular. Os aspectos morfológicos e biométricos de *S. schizophylla* descritos e ilustrados demonstram-se estáveis e, portanto, confiáveis para a caracterização e identificação da espécie em processo de germinação.

No segundo estudo, objetivou-se analisar a resposta das sementes durante a dessecação e o armazenamento, verificar a viabilidade de sementes armazenadas pelo teste do tetrazólio e avaliar a viabilidade de sementes armazenadas pelo teste de emergência. Concluiu-se que as sementes de *S. schizophylla* apresentam comportamento recalcitrante na dessecação e armazenamento. O teste de tetrazólio, nas concentrações de 0,1 e 0,2% estima a viabilidade e o vigor de sementes de *S. schizophylla* embebidas por 24 horas. Há queda na porcentagem de emergência de plântulas de *Syagrus schizophylla* no decorrer do tempo de armazenamento nas temperaturas de 25, 30 e 25-35 °C.

No terceiro estudo, objetivou-se analisar os aspectos fisiológicos do crescimento e a qualidade de mudas produzidas em diferentes gradientes de luz. Durante os 210 dias do período experimental foram avaliados: a altura das plantas, o diâmetro do coleto, o número de folhas, o comprimento do pecíolo, o comprimento e a largura foliar, as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila *a* e a intensidade de verde da folha, a área foliar, a massa seca da parte aérea e do sistema radicular, a massa seca total, o índice de qualidade de Dickson, a massa da folha por unidade de área, a suculência e a densidade foliares. Concluiu-se que a tela chromatinet® vermelha 50% favorece as trocas gasosas de plantas de *Syagrus schizophylla*. Há queda significativa do índice de desempenho fotossintético (PI) de plantas de *Syagrus schizophylla* nos diferentes gradientes de luz (G₁, G₂, G₃ e G₄) após três meses de cultivo. Há queda da intensidade de verde, índice SPAD, nos gradientes de luz G₁ e G₂. As plantas de *Syagrus schizophylla* oriundas do gradiente de luz G₂, cobertura com uma tela chromatinet® vermelha 50% e com a incidência de luz média de 913,16 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, apresentam o maior índice de qualidade de Dickson.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aasamaa, K., Aphalo, P.H. (2015) Effect of vegetational shade and its components on stomatal responses to red, blue and green light in two deciduous tree species with different shade tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 121:94-101.
- Alves, M.M., Alves, E.U., Santos-Moura, S.S. (2015) physiological quality seeds of *Clitoria fairchildiana* R. A. howard during storage. *Bioscience Journal*, 31 (3):767-774.
- Baker, N.R. (2008) Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Rev. Plant Biol.*, 59:89-113.
- Barbedo, C.J., Centeno, D.C., Figueiredo-Ribeiro, R.C.L. (2013) Do recalcitrant seeds really exist?. *Hoehnea*, 40 (4):583-593.
- Berjak, P., Pammenter, N.W. (2013) Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. *Frontiers in Plant Science*, 4:1–10.
- Bewley, J.D., Hilhorst, H.W., Nonogaki, H. (2013) *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3. ed., Springer, 392p.
- Boccalandro, H.E., Giordano, C.V., Ploschuk, E.L., Piccoli, P.N., Bottini, R., Casal, J.J. (2012) Phototropins but not cryptochromes mediate the blue light-specific promotion of stomatal conductance, while both enhance photosynthesis and transpiration under full sunlight. *Plant Physiology*. 158:1475-1484.

- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2017) *Caatinga 2017*. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/comissao-nacional-de-biodiversidade>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2018.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013) *Instruções para análise de espécies florestais*. Brasília, DF: Agropecuária MAPA/ACS, 98p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) *Regras para análise de sementes*. Brasília, 395p.
- Campbell, M.K., Farrell, S.O. (2006) *Bioquímica*. 5. ed. São Paulo: Thomson, 845p.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 590p.
- Castro, F.A., Campostrini, E., Netto, A.T., Gomes, M.M.A., Ferraz, T.M., Glen, D.M. (2014) Portable chlorophyll meter (PCM-502) values are related to total chlorophyll concentration and photosynthetic capacity in papaya (*Carica papaya* L.). *Theor. Experimental Plant Physiology*, 26:201-210.
- Chatelain, E., Satour, P., Laugier, E., Ly Vu, B., Payet, N., Rey, P., Montrichard, F. (2013) Evidence for participation of the methionine sulfoxide reductase repair system in plant seed longevity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110 (9):3633-3638.
- Chen, D., Li, Y., Fang, T., Shi, X., Chen, X. (2016) Specific roles of tocopherols and tocotrienols in seed longevity and germination tolerance to abiotic stress in transgenic rice. *Plant Science*, 244:31-39.
- Chen, J. W., Zhang, Q.X.; Li, S., Cao, K.F. (2011) Steady and dynamic photosynthetic responses of seedlings from contrasting successional groups under low-light growth conditions. *Physiology Plant*. 141:84-95.
- Delouche, J.C., Baskin, C.C. (1973) Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. *Seed Science and Technology*, 1 (2):427-452.
- Dias, D.C.F.S., Oliveira, G.L., Vallory, G.G., Silva, L.J., Soares, M.M. (2016) Physiological changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage. *Journal of Seed Science*, 38 (1):41-49.

- Dode, J.S., Meneguello, G.E., Timm, F.C., Moraes, D.M., Peske, S.T. (2013) Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. *Ciência Rural*, 43 (2):1-11.
- Dumont, J., Spicher, F., Montpied, P., Dizengremel, P., Jolivet, Y., Le Thiec, D. (2013) Effects of ozone on stomatal responses to environmental parameters (blue light red light, CO₂ and vapour pressure deficit) in three *Populus deltoides* x *Populus nigra* genotypes. *Environ. Pollut.* 173:85-96.
- Erkut, C., Kurzchalia, T.V. (2015) The *C. elegans* dauer larva as a paradigm to study metabolic suppression and desiccation tolerance. *Planta*, 242 (2):389-396.
- Fao. (2015) *Demanda Mundial por Alimentos e o Combate à Fome*. Disponível em:< <https://www.fao.org.br/FAOddma.asp>>. Acesso em: 16 abril de 2016.
- Fao. (2013) *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO. Disponível em:< <https://www.fao.org.br>>. Acesso em: 10 dezembro de 2013.
- Farrant, J.M., Pammenter, N.W., Berjak, P., Walters, P.B. (1997) Subcellular organization and metabolic activity during the development of seeds that attain different levels of desiccation tolerance. *Seed Science Research*, 7:135-144.
- Figueiredo, F.A.M.M., Carneiro, J.G.A., Penchel, R.M., Campostrini, E., Thiebaut, J.T. L., Barroso, D.G. (2014) Trocas gasosas, relações hídricas e eficiência fotoquímica em mudas clonais de eucalipto com permanência prolongada em tubetes. *Scientia Forestalis*, 42 (104):533-542.
- Futouo-M, H., Du Toit, E.S., Robbertse, P.J. (2015) Germination and ultrastructural studies of seeds produced by a fast-growing, drought-resistant tree: implications for its domestication and seed storage. *AoB Plants*, 7:1-12.
- Fromme, P., Grotjoham, I. (2008) Overview of Photosynthesis. Photosynthetic Protein Complexes, *Wiley-VCH Verlag*. Weinheim, Germany.

- Gao, M., Qi, Y., Song, W., Xu, H. (2016) Effects of di-n-butyl phthalate and di (2-ethylhexyl) phthalate on the growth, photosynthesis, and chlorophyll fluorescence of wheat seedlings. *Chemosphere*, 151:76-83.
- Guidi, L., Bruneti, C., Fini, A., Agati, G., Ferrini, F., Gori, A., Tattini, M. (2016) UV radiation promotes flavonoid biosynthesis, while negatively affecting the biosynthesis and the de-epoxidation of xanthophylls: Consequence for photoprotection?. *Environmental and Experimental Botany*, 127:14-25.
- Groot, S.P.C., Groot, L., Kodde, J., Treuren, R.V. (2015) Prolonging the longevity of ex situ conserved seeds by storage under anoxia. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 13 (1):18-26.
- Hogewoning, S., Maljaars, H., Harbinson, J. (2007) The acclimation of photosynthesis in cucumber leaves to different ratios of red and blue light. *Photosynthesis Research*, 91:287-288.
- Hong, T.D., Ellis, R.H. (1996) *A protocol to determine seed storage behaviour*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, n. 1, 62p.
- Hussain, M.I., Reigosa, M. (2011) A chlorophyll fluorescence analysis of photosynthetic efficiency, quantum yield and photon energy dissipation in PSII antennae of *Lactuca sativa* L. leaves exposed to cinnamic acid. *Plant Physiol. Biochem.*, 49:1290-1298.
- Ippc. (2014) *Climate change 2014: mitigation of climate change*. In: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (eds Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlomer, S., Von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J.C). Cambridge University Press, CAMBRIDGE, U. K.
- Ista. (2012) *International rules for seed testing*, 2012 edn. Bassersdorf, Switzerland: The International Seed testing Association (ISTA).
- Larcher, W. (2006) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 532p.

- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015a) *Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB53>>. Acesso em: 12 de novembro 2016.
- Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., Martins, R.C. (2015b) *Syagrus in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15746>>. Acesso em: 12 de novembro de 2016.
- Leprince, O., Buitink, J. (2015) Introduction to desiccation biology: from old borders to new frontiers. *Planta*, 242:369-378.
- Lichtenthaler, H.K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148:350-382.
- Lopes, J.C., Alexandre, R.S. (2010) *Germinação de sementes de espécies florestais*. In: Chichorro, J. F.; Garcia, G. O.; Bauer, M. O.; Caldeira, M. V. W. (Org.). *Tópicos em Ciências Florestais*. 1. ed. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema, v. 1, p. 21-56.
- Maciel, G.M., Carvalho, F.J., Fernandes, M.A.R., Beloti, I. F., Oliveira, C.S. (2015) Genetic, environmental effects and storage period in onion seeds quality. *Bioscience Journal*, 31 (6):1634-1642.
- Masseto, T.E., Scalon, S.P.Q., Brito, J.Q., Moreira, F.H., Ribeiro, D.M., Rezende, R.K. S. (2012) Germinação e armazenamento de sementes de carandá (*Copernicia alba*). *Cerne*, 18 (4):541-546.
- Medeiros, M.J., Oliveira, M.T., Willadio, L., Santos, M.G. (2015) Overcoming seed dormancy using gibberellic acid and the performance of young *Syagrus coronata* plants under severe drought stress and recovery. *Plant Physiology and biochemistry*, 97:278-286.
- Mendes, C.R., Moraes, D.M., Lima, M.G.S., Lopes, N.F. (2009) Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. *Revista Brasileira de Sementes*, 31 (2):171-176.

- Miao, Y.X., Wang, X.Z., Gao, L.H., Chen, Q.Y., Qu, M. (2016) Blue light is more essential than red light for maintaining the activities of photosystem II and I and photosynthetic electron transport capacity in cucumber leaves. *Journal of Integrative Agriculture*, 15 (1):87-100.
- Mira, S., Hill, L.M., González-Benito, M.E., Ibáñez, M.A., Walters, C. (2016) Volatile emission in dry seeds as a way to probe chemical reactions during initial asymptomatic deterioration. *Journal of Experimental Botany*, 67 (6): 1783-1793.
- Murchie, E.H., Niyogi, K.K. (2011) Manipulation of photoprotection to improve plant photosynthesis. *Plant Physiology*, 155:86-92.
- Nagel, M., Kodde, J., Pistrick, S., Mascher, M., Borner, A., Groot, S.P.C. (2016) Barley Seed Aging: Genetics behind the Dry Elevated Pressure of Oxygen Aging and Moist Controlled Deterioration. *Front. Plant Sci.*, 7:1-11.
- Nascimento, W.M.O., Cicero, S.M., Novembre, A.D.L.C. (2010) Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (1):24-33.
- Nascimento, W.M.O., Moraes, M.H.D. (2011) Fungos associados a sementes de açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 33 (3):415-425.
- Neto, N.M., Barbedo, C.J. (2015) Viability of Brazilwood seeds (*Caesalpinia echinata* Lam.) stored at room temperature in controlled atmospheres. *Journal of Seed Science*, 37 (2):093-101.
- Nguyen, T.P., Keizer, P., Van Eeuwijk, F., Smeekens, S., Bentsink, L. (2012) Natural variation for seed longevity and seed dormancy are negatively correlated in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 160:2083-2092.
- Oliveira, T.G.S., José, A.C., Ribeiro, L.M., Faria, J.M.R. (2015) Longevity and germination of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) seeds and its ecological implications. *Revista Biologia Tropical*, 63:333-340.
- Oliver, M.J., Guo, L., Alexander, D.C., Ryals, J.A., Wone, B.W.M., Cushman, J.C. (2011) A sister group contrast using untargeted global metabolomic analysis

- delineates the biochemical regulation underlying desiccation tolerance in *Sporobolus stapfianus*. *Plant. Cell.*, 23:1231-1248.
- Osunkoya, O.O., Ash, J.E., Hopkins, M.S., Grahan, A. (1994) Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. *Journal of Ecology*, 82:149-163.
- Padilha, M.R.F., Shinohara, N.K.S., Macêdo, I.M.E., Bernardino, A.V.S., Rocha, N.S., Machado, J. (2017) *Syagrus schizophylla*: Unconventional Food Plant of the Caatinga Biome with a high caloric value. *Gema*. v. 2, p. 53-57.
- Plue, J., De Frenne, P., Acharya, K., Brunet, J., Chabrierie, O., Decocq, G., Diekmann, M., Graae, B.J., Heinken, T., Hermy, M., Kolb, A., Lemke, I., Liira, J., Naaf, T., Shevtsova, A., Verheyen, K., Wulf, M., Cousins, S.A.O. (2013) Climatic control of forest herb seed banks along a latitudinal gradient. *Global Ecology and Biogeography*, 22 (10):1106-1117.
- Powell, A.A., Matthews, S. (2012) Seed aging/repair hypothesis leads to new testing methods. *Seed Technology*, 34:15-25.
- Prieto, P.V., Messina, T. (2012) *Syagrus schizophylla* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus schizophylla](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus_schizophylla)>. Acesso em: 19 de outubro de 2016.
- Radwan, A., Hara, M., Kleinwachter, M., Selmar, D. (2014) Dehydrin expression in seeds and maturation drying: a paradigm change. *Plant Biology*, 16:853-855.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., Job, D. (2012) Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63:507-533.
- Ribeiro, M.S., Steffens, C.A., Amarante, C.V.T., Pikart, T.G., Oliveira, L.M. (2010) Armazenamento de sementes de palmitero sob atmosfera modificada. *Bragantia*, 69 (4):989-994.
- Roberts, E.H. (1973) Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1:499-514.

- Sanjeevani, B.L.G., Jayasuriya, K.M.G.G., Fernando, M.T.R., Damunupola, J.W. (2013) Storage and germination treatments for seeds of an ornamentally important palm, *Livistona rotundifolia* (Lam.) Mart. *J. Natn. Sci.Foundation Sri Lanka*, 41 (4):273-277.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.A., Murphy, A. (2017) *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Arned, 858p.
- Toledo, F.F.; Marcos-Filho, J. (1977) *Manual de sementes: tecnologia e produção*. São Paulo: Agronômica Ceres, 224p.
- Van Wittenberghe, S., Alonso, L., Verrelst, J., Hermans, I., Valcke, R., Veroustraete, F., Moreno, J., Samson, R. (2014) A field study on solar-induced chlorophyll fluorescence and pigment parameters along a vertical canopy gradient of four tree species in an urban environment. *Science of the Total Environment*, 467:185-19.
- Vass, I. (2012) Molecular mechanisms of photodamage in the photosystem II complex. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1817:209-217.
- Veselova, T.V., Veselovsky, V.A., Obroucheva, N.V. (2015) Deterioration mechanisms in air-dry pea seeds during early aging. *Plant Physiology and Biochemistry*, 87:133-139.
- Vidigal, D.S., Willems, L., Arkel, J.V., Dekkers, B.J.W., Hilhorst, W.M., Bentsink, L. (2016) Galactinol as marker for seed longevity. *Plant Science*, 246:112-118.
- Vieira, D.A.P., Portes, T.A., Stacciarini-Seraphin, E., Teixeira, J.B. (2010) Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32 (2):360-368.
- Xia, K., Hill, L.M., Li, D.Z. Walters, C. (2014) Factors affecting stress tolerance in recalcitrant embryonic axes from seeds of four *Quercus* (Fagaceae) species native to the USA or China. *Annals of Botany*, 114:1747-1759.
- Walters, C., Ballesteros, D., Vertucci, V.A. (2010) Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. *Plant Science*, 179 (6):565-573.

- Walters, C. (2015) Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss. *Planta*, 242 (2):397-406.
- Wang, Y., Li, Y., Xue, H., Pritchard, H.W., Wang, X. (2015) Reactive oxygen species-provoked mitochondria-dependent cell death during ageing of elm (*Ulmus pumila* L.) seeds. *The Plant Journal*, 81:438-452.
- Wargente, J.J., Jordan, B.R. (2013) From ozone depletion to agriculture: understanding the role of UV radiation in sustainable crop production. *New Phytologist*, 197:1058-1076.
- Waterworth, W.M., Bray, C.M., West, C.E. (2015) The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. *Journal of Experimental Botany*, 66 (12):3549-3558.
- Way, D.A., Pearcy, R.W. (2012) Sunflecks in trees and forests: from photosynthetic physiology to global change biology. *Tree Physiology*, 32:1066-1081.
- Williamson, C.E., Zepp, R.G., Lucas, R.M., Madronich, S., Austin, A.T., Ballaré, C.L., Norval, M., Sulzberg, B., Bais, A.F., Mckenzie, R.L., Robinson, S.A., Hader, D.P., Paul, N.D., Bornman, J.F. (2014) Solar ultraviolet radiation in a changing climate. *Nature Climate Change*, 4:434-441.
- Wong, S.L., Chen, C.W., Huang, H.W., Weng, J.H. (2012) Using combined measurements for comparison of light induction of stomatal conductance, electron transport rate and CO₂ fixation in woody and fern species adapted to different light regimes. *Tree Physiology*, 32:535-544.