

<http://dx.doi.org/10.21707/ga.v11.n01a10>

TEMPERATURA E SUBSTRATO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *SAPINDUS SAPONARIA* (SAPINDACEAE)

ADEMIR KLEBER MORBECK OLIVEIRA^{1*}, JULIANA SANTOS SOUZA², JÚNIOR MANOEL BRAGA CARVALHO, PAULA THÁIS ALVES OJEDA²

¹Docente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade Anhanguera-Uniderp

²Discentes Ciências Biológicas, Universidade Anhanguera-Uniderp

*Autor para correspondência: akmorbeckoliveira@gmail.com

Recebido em 22 de abril de 2016. Aceito em 17 de outubro de 2016. Publicado em 31 de março de 2017.

RESUMO - *Sapindus saponaria* é uma árvore da família Sapindaceae com madeira moderadamente pesada, dura, de baixa durabilidade natural, utilizada na construção civil e fabricação de caixotaria, além de possuir uso medicinal. Ocorre no Brasil desde o Pará até o Rio Grande do Sul, em florestas pluviais e semidecíduais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação das sementes e crescimento de plântulas em diferentes temperaturas e substratos, com frutos e sementes coletados no Pantanal de Miranda, Mato Grosso do Sul. As sementes foram submetidas às temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35°C e alternadas de 20-30 e 25-35°C (substrato papel) e posteriormente, nas mesmas temperaturas, substratos areia, vermiculita e rolo de papel, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento em câmara de germinação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. A análise conjunta dos dados indicou que ocorreu interação (F significativo) entre os tratamentos (substratos x temperatura) para as diferentes variáveis (germinação, IVG e TMG). Em relação ao crescimento das plântulas, os valores de F também indicaram que ocorreu efeito significativo nas interações entre tratamentos. Levando-se em consideração a percentagem de germinação, IVG, TMG, tamanho e normalidade das plântulas, o tratamento entre papel a 30°C foi o que proporcionou melhor resultado.

PALAVRAS-CHAVE: SEMENTES FLORESTAIS; PANTANAL; SABONETEIRA.

TEMPERATURE AND SUBSTRATE INFLUENCE IN SEEDS GERMINATION AND SEEDLING FORMATION OF *SAPINDUS SAPONARIA* (SAPINDACEAE).

ABSTRACT - *Sapindus saponaria* is a tree belonging to the Sapindaceae family and the wood of this tree is moderately heavy, hard and with low natural durability, and it is used to building and manufacture of crates, besides possessing medicinal use. It occurs in Brazil from Pará to Rio Grande do Sul, in rainforests and semideciduous forests. The aim of this work was to evaluate seed germination and the initial growth of seedlings in *S. saponaria* at different temperatures and substrates using fruits and seeds collected in the Pantanal de Miranda, Mato Grosso do Sul state, Brazil. The seeds were subjected to constant temperatures of 20, 25, 30 and 35°C and alternating temperatures of 20–30 and 25–35°C (paper substrate) and subsequently, at the same temperatures, substrates sand, vermiculite and paper roll, with four replications of 25 seeds per treatment in a germination chamber. The experiment had a randomized design. The F values obtained for germination indicates that there was significant effect of substrate and temperatures over the different variables (germination, AGT and GSI). In relation to seedling growth, the F values also indicated that there was significant effect on the interactions between treatments. Taking in consideration the germination, AGT, GSI, size and normality of seedlings, the treatment between paper, 30°C was what provided better development.

KEYWORDS: *FOREST SEEDS; PANTANAL; SABONETEIRA.*

TEMPERATURA Y SUSTRATO SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y EL CRECIMIENTO INICIAL DE LAS PLÁNTULAS DE *SAPINDUS SAPONARIA* (SAPINDACEAE)

RESUMEN - *Sapindus saponaria* es un árbol de la familia Sapindaceae con madera moderadamente pesada, dura, de baja durabilidad natural, utilizado en la construcción civil y la producción de cajas, así como tener uso medicinal. Ocurre en Brasil desde el Paraal Rio Grande do Sul, en los bosques tropicales y semicaducifolios. El objetivo de este estudio fue evaluar la germinación y crecimiento de las plántulas a diferentes temperaturas y sustratos, con frutas y semillas recogidas en el Pantanal de Miranda, Mato Grosso del Sur. Las semillas fueron sometidos a temperaturas constantes de 20, 25, 30 y 35°C y alternando 20-30 y 25-35°C (sustrato de papel) y posteriormente, mismas temperaturas, sustratos de arena, vermiculita y un rollo de papel, con cuatro réplicas de 25 semillas por tratamiento en cámara de germinación. El diseño experimental fue completamente aleatorizado. El análisis conjunto de los datos indicó que existía interacción (F significativa) entre los tratamientos (temperaturax sustratos para diferentes variables (germinación, IVG y TMG). En relación al crecimiento de las plántulas, los valores de F indicaron que había un efecto significativo sobre las interacciones entre los tratamientos. Teniendo en cuenta el porcentaje de germinación, IVG, TMG, tamaño y plántulas normales, el tratamiento entre el papel a 30°C fue lo que proporciona mejores resultados.

PALABRAS CLAVE: *SEMILLAS FORESTALES; PANTANAL; JABONERA.*

INTRODUÇÃO

A espécie *Sapindus saponaria* L., Sapindaceae, conhecida popularmente como saboneteira e sabão-de-macaco, por exemplo, pode atingir até 16 metros de altura, sendo comumente encontrada da região amazônica, nordeste, centro-oeste e sudeste, na floresta pluvial e semidecídua, entre outras formações. É uma espécie secundária inicial ou clímax, sendo comum em formações secundárias (Carvalho 2014).

Possui madeira moderadamente pesada e dura, porém de baixa durabilidade natural, que é empregada na construção civil e fabricação de cabo para ferramentas, entre outros usos. É considerada uma árvore ornamental, principalmente por possuir folhas perenifólias, sendo utilizada no paisagismo, além de ser indicada para áreas de reflorestamento homogêneo e utilizada na medicina popular, para problemas de pele, por exemplo (Lorenzi 2008; Carvalho 2014). Suas sementes, globulosas, pretas e duras, possuem dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento e ainda não foram definidas as condições ideais para o teste de germinação (Oliveira et al. 2012), embora alguns autores considerem desnecessário tratamentos pré-germinativos (Carvalho 2014).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), o processo de germinação é considerado como a retomada das atividades metabólicas da semente, influenciada por fatores ambientais como a temperatura, que age sobre a velocidade de absorção de água e as reações bioquímicas; quando a temperatura ideal de germinação é encontrada, pode resultar em maiores taxas, velocidade e uniformidade de germinação, resultando em plântulas mais homogêneas e na redução de gastos de produção.

Porém não existe temperatura padrão para todas as espécies, com as plantas nativas brasileiras germinando em uma ampla faixa, dependendo do bioma e da região (Brancalion et al. 2010). De acordo com Larcher (2003) e Brancalion et al. (2010), a maioria das espécies apresenta bom desempenho germinativo na faixa de 20 a 35 °C.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012) e Bewley et al. (2013), quando as sementes são colocadas em temperaturas inadequadas (mínima ou máxima), o processo de germinação pode não ocorrer, existindo

uma faixa de temperatura adequada para o processo, localizada entre a faixa infra-ótima, na qual a velocidade aumenta com a temperatura e a faixa supra-ótima, onde a velocidade diminui com a temperatura.

Outro fator que interfere na germinação é o tipo de substrato; as diferentes classes utilizadas para a germinação e posterior desenvolvimento das plântulas influenciam na capacidade de retenção de água, aeração e grau de infestação de patógenos. O substrato deve permanecer uniformemente úmido, para suprir às sementes a quantidade de água adequada para os processos metabólicos e o excesso pode acelerar a deterioração, propiciando condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos (Brasil 2009; Carvalho e Nakagawa 2012).

Levando-se em consideração o potencial de utilização da espécie *Sapindus saponaria* e a falta de informações existentes a respeito de sua germinação com sementes coletadas em áreas de Mato Grosso do Sul, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e crescimento de plântulas em diferentes temperaturas e substratos.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes utilizadas foram obtidas durante os meses de setembro a outubro de 2011, de 13 matrizes localizadas em áreas do Pantanal de Miranda, município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Os frutos foram coletados no chão, armazenados em sacos de papel e levados para o Laboratório de Pesquisa em Sistemas Ambientais e Biodiversidade - LabPSAB, Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, MS, sendo o experimento dividido em duas partes. Para ambos foi determinado o teor de água das sementes segundo o método de estufa a 105 °C (Brasil 2009), com a utilização de quatro repetições, com 25 sementes.

Experimento 1

As sementes foram retiradas manualmente dos envoltórios rígidos (frutíolo ou arilo) e realizada a determinação do teor de água. Para o processo de superação da dormência, as sementes foram imersas por 60 min em ácido sulfúrico (Oliveira et al. 2012) sendo, em seguida, lavadas em água corrente por dois minutos.

Para a avaliação do efeito da temperatura sobre a germinação, utilizaram-se as temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35 °C e alternadas de 20-30 e 25-35 °C, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento, colocadas em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3,5 cm) sobre duas folhas de papel Germitest® tipo CEL-065 previamente umedecidos com o fungicida Rovral SC® a 0,1% (m/v), com volume da solução equivalente a 2,5 vezes a massa seca do substrato e fotoperíodo de 12 h de luz branca (± 660 lux), em câmara de germinação (Oliveira e Barbosa 2014).

A avaliação da germinação foi diária (27 dias), sendo as sementes consideradas germinadas utilizando-se como critério a emergência da raiz primária com, no mínimo, 2 mm de comprimento (critério fisiológico de germinação) (Labouriau 1983).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dados tabulados e submetidos à análise de variância e quando ocorreu significância, realizou-se a comparação das médias, utilizando-se o teste de Tukey a 5%.

Foram avaliadas a porcentagem de germinação, de acordo com a fórmula $\%G = (\sum ni.N-1).100$ (Borghetti e Ferreira 2004) e o vigor, medido indiretamente pelo tempo médio de germinação em dias (TMG), quantificando a germinação sob o ponto de vista cinético, $t = \sum ni.ti/Sni$ (Labouriau e Agudo 1987) e pelo índice de velocidade de

germinação ($IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$) (Maguire 1962). Não houve necessidade de transformações dos dados de germinação, IVG e TMG, de acordo com os testes de normalidade e homogeneidade de variâncias.

Experimento 2

As sementes, seguindo os procedimentos anteriores, foram semeadas em caixas plásticas transparentes, com sementes colocadas sobre areia esterilizada, sobre vermiculita e em rolo de papel Germitest, nas temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35 °C e alternadas de 20-30 e 25-35 °C, mantidas em câmara de germinação, com fotoperíodo de 12 h de luz branca (± 660 lux) (Oliveira e Barbosa 2014) e substratos previamente umedecidos com o fungicida Rovral SC® a 0,1% (m/v) e posteriormente, com água destilada, em esquema fatorial 3 x 6 (substratos x temperaturas), com quatro repetições, considerando-se como unidade experimental cada grupo de 25 sementes.

A avaliação da germinação foi diária, com observação por sete dias, sendo as sementes consideradas germinadas utilizando-se como critério a emergência da raiz primária. Os dados acumulados (germinação cumulativa) foram obtidos por meio da soma das sementes germinadas diariamente. Após o término do experimento, as sementes não germinadas foram submetidas ao teste de viabilidade de tetrazólio a 1% em solução aquosa (Brasil 2009), retirando-se o tegumento e as sementes colocadas em caixas plásticas escurecidas, entre duas folhas de papel toalha, mantidas no escuro à temperatura de 25 °C, por 12:00 horas, após o qual foram seccionadas e avaliadas através de observação em estereomicroscópio.

A formação de plântulas foi avaliada seguindo os critérios das Regras para Análise de Sementes (Brasil 2009).

Foram analisadas a percentagem de germinação e o vigor das sementes, através do tempo médio de germinação em dias (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG); não ocorreu necessidade de transformações dos dados de germinação, IVG e TMG, de acordo com os testes de normalidade e homogeneidade de variâncias. Também foram avaliados o tamanho total das plântulas, sendo medidos todos os indivíduos provenientes dos testes de germinação, em milímetros, através de paquímetro digital.

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e quando ocorreu significância, realizou-se a comparação das médias, utilizando-se o teste de Tukey a 5%. As análises estatísticas foram processadas com o uso do programa estatístico Assisat 7.7 beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao teor de água, as sementes apresentaram 4,9% para o experimento 1 e, 4,7%, experimento 2, indicando que não ocorreu variação significativa, em relação a este parâmetro. Estes valores são similares aos citados por Santos et al. (2012), 5,67%, com sementes da mesma espécie coletadas em áreas de Sergipe e armazenadas por 12 meses em câmara fria.

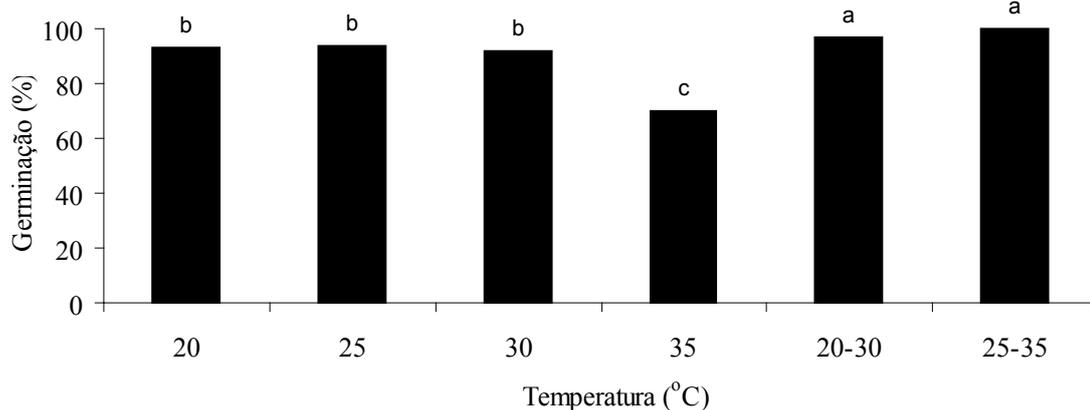
Em trabalhos com sementes de diferentes gêneros da família Sapindaceae, Salomão et al. (2003) verificaram diferenças entre as espécies estudadas, como por exemplo, *Dilodendron bipinnatum* Radlk. e *Magonia pubescens* A.St.-Hil. apresentando 6% de água nas sementes; por outro lado, para *Matayba guianensis* Aubl. foram encontrados 53% e *Talisia esculenta* (A.St.-Hil.) Radlk., 41%.

Estes dados indicam uma grande variação entre as espécies, em relação ao teor de água, para a família, com um grupo possuindo valores entre os citados para a maioria das espécies vegetais, entre 5 e 20% (Bewley et al. 2013) e outro, com valores bastante elevados, indicando um padrão de espécies recalcitrantes. Os valores encontrados para *Sapindus saponaria* indicam um padrão de sementes ortodoxas, com o baixo teor de água encontrado não interferindo negativamente na percentagem final de germinação, nos dois experimentos, nas melhores temperaturas e substratos.

Experimento 1

Avaliando-se o comportamento da germinação, o resultado obtido indica que o maior percentual ocorreu nas temperaturas alternadas de 20-30 e 25-35 °C, estatisticamente superiores às demais (< 0.01 , $F = 199.3750$) (Figura 1).

Figura 1 - Germinação (%) de sementes de *Sapindus saponaria* em quatro temperaturas constantes e duas temperaturas alternadas, em câmara de germinação. As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.



O início do processo germinativo, considerando-se a protrusão da raiz primária, começou no sexto dia após a instalação do experimento na temperatura de 30 °C, oitavo dia, 25, 35 e 25-35 °C, nono dia, 20-30 °C e, 18º dia, para a temperatura de 20 °C.

Em relação à emergência da espécie, Lorenzi (2008) descreve que ocorre, em substrato organo-arenoso, entre 20 e 40 dias, com baixa taxa de germinação. Levando-se em consideração as diferentes condições testadas, em laboratório a germinação de *Sapindus saponaria* ocorreu em menor espaço de tempo e em maior percentagem. Salomão et al. (2003) citam o período de 7-20 dias para a germinação, similar ao encontrado por este trabalho, porém com valores entre 30-70%, abaixo do obtido por este experimento. Já Santos et al. (2012), em teste de viabilidade utilizando câmara de germinação (25 °C) e substrato areia, durante 45 dias, encontraram 62% de germinação, também valor abaixo dos resultados obtidos por este trabalho.

Os diferentes resultados podem indicar comportamento germinativo relacionado à procedência da semente, tal como citado por Rodrigues et al. (2007), que verificaram comportamento germinativo diferente entre sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan procedentes de locais distintos, com resultados devido a diferenças adaptativas da espécie, contribuindo para seu sucesso reprodutivo. Já Oliveira et al. (2008) trabalhando

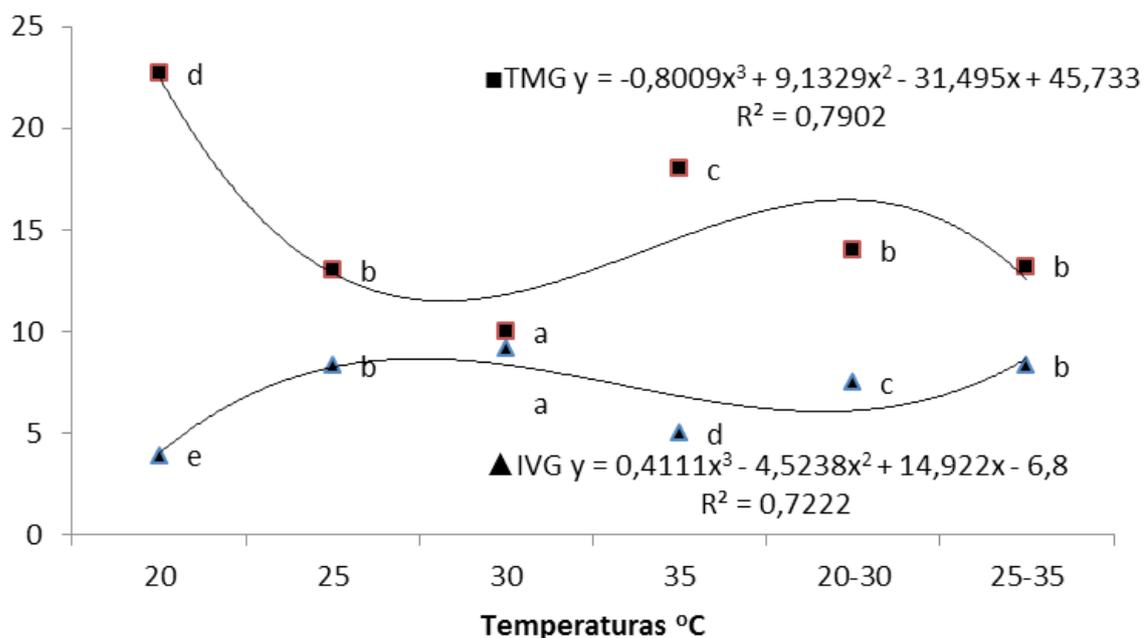
com *Dimorphandra mollis* Benth., descrevem que também podem estar envolvidas diferenças genéticas entre espécies de diferentes áreas.

As sementes de *Sapindus saponaria* apresentaram alta taxa de germinação, com exceção da temperatura de 35 °C (70%), que poderia ser considerada a menos adequada, comparando-se com os valores obtidos pelos demais tratamentos, acima de 92%. De acordo com relatos de Albuquerque et al. (2009) e Akman (2009), esta menor germinabilidade na maior temperatura provavelmente poderia ser causada pelo impedimento do desenvolvimento do embrião, devido a possíveis alterações enzimáticas, modificando a velocidade de reações, desnaturando proteínas ou aumentando o consumo das reservas, por exemplo.

Os valores de germinação encontrados foram diferentes dos relatados por Oliveira et al. (2012), em três substratos (areia, vermiculita e pó-de-coco), em quatro temperaturas (25, 30, 35 °C e 20-30 °C), em que a maior taxa não ultrapassou 73% (35 °C, areia, melhor desempenho), embora o modo de utilização dos substratos não sejam iguais (as sementes foram colocadas a uma profundidade de 2 cm), o que pode ter influenciado nos resultados.

O maior IVG e menor TMG (Figura 2) obtidos, comparando-se todas as temperaturas testadas, foram alcançados na temperatura de 30 °C, estatisticamente superior aos demais (< 0.05 , $F=30.21068$, IVG e, < 0.05 , $F=32.7068$, TMG), seguidos pelas temperaturas de 25 e 25-35 °C. Já 20 °C afetou negativamente o vigor das sementes, que demoraram um período maior de tempo para emitir a raiz primária. A temperatura, quando abaixo do ponto ótimo de germinação, provoca atraso no processo devido principalmente à redução da atividade das enzimas relacionadas à respiração e no metabolismo celular, o que provavelmente ocorreu em 20 °C.

Figura 2 - Índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação em dias (TMG) das sementes da espécie *Sapindus saponaria*, submetidas a diferentes temperaturas. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p>0,05$).



O maior IVG e menor TMG (30 °C) indicam que nesta faixa ocorreu a maior percentagem de germinação no menor tempo, resultado distinto do recomendado por Salomão et al. (2003), que coloca a germinação na temperatura de 25 °C, em rolo de papel, como a mais adequada, embora com menos de 70% de germinação.

Resultados apresentados por Oliveira et al. (2012) indicaram pequeno IVG, com maior valor (1,8) em substrato areia e 35 °C, resultados inferiores aos encontrados por este trabalho, em que as sementes apresentaram maior vigor, com IVG acima de 3,9.

O alto TMG encontrado para a maior parte das temperaturas testadas (acima de 13 dias) pode indicar que em condições naturais este período possa ser ainda maior, já que em laboratório as condições seriam próximas ao ideal, demonstrando distribuição temporal da germinação.

Este fator talvez favoreça a sobrevivência da plântula em ambientes que periodicamente apresentem modificações nas condições ambientais, com períodos favoráveis e desfavoráveis ao seu estabelecimento, uma estratégia usada por algumas espécies, que permite que as sementes encontrem em algum momento condições adequadas para seu estabelecimento (Brancalion e Marcos Filho 2008). Na região de ocorrência da espécie, Pantanal, ocorre uma forte sazonalidade climática, com períodos de estresse hídrico (Pott et al. 2011); desta maneira, a distribuição da germinação por um período longo de tempo pode permitir que algumas plântulas, em determinado momento se estabeleçam.

Porém, em laboratório ou casa de vegetação não é adequado que a germinação ocorra por um tempo prolongado, pois as sementes que demoram muito para germinar podem ser atacadas por fungos, por exemplo, durante o processo de embebição, levando à morte das mesmas.

Larcher (2003) informa que a faixa ótima de temperatura para espécies de regiões tropicais está entre 20 e 35 °C, embora os limites de germinação sejam diferentes, na dependência da origem das espécies. Para a espécie estudada, *Sapindus saponaria*, foi observado que o intervalo considerado ótimo é amplo, demonstrando que a espécie possui sementes com característica euritérmica.

Bewley et al. (2013) também afirmam que espécies que possuem taxas significativas de germinação em temperaturas alternadas possuem mecanismos enzimáticos específicos que funcionam em diferentes temperaturas, resultado de adaptações ecológicas ao ambiente. Larcher (2003) descreve que pode ser ampla a faixa de temperatura para a germinação de sementes de espécies com grande distribuição geográfica e/ou adaptadas às flutuações de temperaturas em seu hábitat, o que parece ser a situação da espécie estudada.

Este é o caso para algumas espécies também encontradas no Pantanal, que germinam em amplas faixas de temperatura, embora possuam faixa ótima similar ao descrito para *Sapindus saponaria*, tais como *Cedrela fissilis* Vell., com faixa ótima de germinação de 20 a 25 °C e alternadas de 20-30 °C (Oliveira e Barbosa 2014) e *Casearia gossypiosperma* Briq., 25 e 30 °C (Oliveira et al. 2015). Também Vieira et al. (2008), trabalhando com uma espécie recalcitrante da mesma família, *Cupania vernalis* Cambess, encontraram taxas de germinação, nas melhores condições, de 95%, na temperatura de 30 °C, indicando que este valor é adequado para determinadas espécies desta família.

Experimento 2

O experimento foi avaliado por 7 dias, sendo que a protrusão da raiz primária começou a ocorrer entre o 2º e 5º dia após a instalação, na dependência da temperatura e substrato.

Em comparação com o experimento 1, o processo de protrusão da raiz no experimento 2 foi mais rápido, iniciando entre o segundo e quinto dia, para a maior parte das temperaturas e substratos testados (exceção a temperatura de 20 °C) e encerrando-se, para os melhores tratamentos (25 °C, rolo de papel e, 30 °C, vermiculita

e rolo de papel), no sétimo dia.

As sementes não germinadas, nas temperaturas de 20 e 20-30 °C, em sua maior parte, não estavam mortas, com o teste do tetrazólio demonstrando que as mesmas estavam viáveis e o tempo do experimento (sete dias) não sendo o mínimo necessário para a protrusão da raiz primária; a temperatura de 20 °C, mesmo por 12 h, retardou o processo de germinação. O teste também indicou que o maior número de sementes mortas estava na temperatura de 35 °C, o que já tinha sido observado no experimento 1, onde a menor taxa de germinação ocorreu na temperatura citada.

A temperatura alternada de 25-35 °C também apresentou um alto número de embriões mortos, embora a mesma temperatura, no experimento 1, tenha sido uma das melhores, com 100% de germinação. Provavelmente a mudança de substratos propiciou um efeito negativo, onde areia, vermiculita e rolo de papel, nesta temperatura, propiciaram algum tipo de interação negativa para as sementes, seja ele, uma menor umidade na superfície do substrato (areia e vermiculita) ou um processo de maior aquecimento das sementes, no caso do rolo de papel, devido à presença do plástico que pode ter ajudado a reter uma maior quantidade de calor.

Os diferentes tipos de substratos e temperatura levaram a uma modificação no processo de germinação, com as sementes germinando em maior quantidade, em menor tempo, para os melhores tratamentos, com os dados obtidos não corroborando as informações citadas anteriormente, por Salomão et al. (2003), Lorenzi (2008) e Oliveira et al. (2012) sobre o tempo e taxas de germinação.

Porém, como mencionado antes, os autores citados não citam a percentagem de água nas sementes, o que pode ter interferido nos resultados de germinação, pois este experimento, com 4,7% de água nas sementes demonstrou que esta percentagem talvez reflita a maior maturidade fisiológica das sementes, onde ocorreria a maior germinação. Também a utilização de diferentes temperaturas e substratos pode ter alterado positivamente a velocidade do processo.

De acordo com Brasil (2009), o tipo de substrato pode apresentar características distintas, sendo considerado ideal aquele com ausência de patógenos e pH tendendo a neutralidade, por exemplo, boa textura e estrutura, além de manter uma proporção adequada entre a disponibilidade de água e aeração, aumentando a velocidade e a uniformidade da germinação, o que foi obtido para o substrato rolo de papel e vermiculita.

Em trabalhos com espécies encontradas no Pantanal, as sementes, na dependência do substrato, apresentam resultados distintos, como exemplificado por Bocchese et al. (2008), trabalhando com *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo em diferentes substratos, onde o solo argiloso foi mais eficaz na germinação que o arenoso. De maneira semelhante, Oliveira e Farias (2009), testando sementes de *Terminalia argentea* Mart. em cinco substratos, concluíram que o solo argiloso e arenoso eram os melhores, em relação ao papel de filtro, vermiculita ou areia.

Já Lopes et al. (2007), trabalhando com *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (Sapindaceae) em dois tipos de substrato, terra preta e areia, em condições de casa de vegetação, encontram melhores resultados para areia (84,8% de germinação).

O valor de F obtido indica que, quando avaliado isoladamente, ocorreu efeito significativo dos substratos na percentagem final de germinação (<0.01 , $F=32.7727$), IVG (<0.01 , $F=40.1872$) e TMG (<0.01 , $F=38.2204$), com a vermiculita sendo o substrato mais eficaz para germinação, IVG e TMG, substrato areia, TMG e, substrato rolo de papel, IVG.

Também a temperatura, isoladamente, afetou a percentagem final de germinação (<0.01 , $F=32.7727$), IVG (<0.01 , $F=1160.2215$) e TMG (<0.01 , $F=1215.6733$), com a temperatura de 30 °C sendo a mais eficaz para

germinação e IVG, e 20-30 °C, TMG.

Ocorreu interação significativa entre substrato e temperatura (<0.01 , $F=94.1364$) para a percentagem de germinação (Tabela 1), com a temperatura de 25 °C, substrato rolo de papel e 30 °C, areia e rolo de papel sendo os tratamentos que obtiveram maiores percentagens de germinação.

Tabela 1 - Germinação (%) das sementes de *Sapindus saponaria*, submetidas a diferentes temperaturas e substratos

Interação	Temperaturas (°C)					
	20	25	30	35	20-30	25-35
Substratos						
Areia	0 aE	75 bB	95 aA	70 aB	40 aD	55 bC
Vermiculita	0 aD	55 cB	55 cB	70 aA	40 aC	55 aB
Rolo de papel	0 aD	90 aA	90 aA	20 bC	20 bC	65 aB
dms		coluna 1,63			linha 1,99	

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

Em relação ao IVG, ocorreu interação significativa entre substrato e temperatura (<0.01 , $F=249.6411$) (Tabela 2), com a temperatura de 30 °C, substrato areia e rolo de papel proporcionando o maior valor, seguida pela temperatura de 35 °C, areia e vermiculita. O TMG também apresentou interação significativa (<0.01 , $F=10.5569$) (Tabela 3), com a temperatura de 30 °C, substrato rolo de papel produzindo o menor tempo de germinação, seguido pelos substratos vermiculita e areia.

Souza Filho et al. (2012), avaliando diferentes condições de fotoperíodo e luz, na germinação de sementes de *Magonia pubescens* St. Hil. – Sapindaceae, temperatura de 30 °C e substrato areia, encontraram taxas de germinação de até 90% e IVG de 0,81, também demonstrando que 30 °C é adequada para a germinação. Porém o IVG indicou baixo vigor, em comparação com este estudo, em que diferentes substratos foram mais eficazes para a obtenção de maiores valores.

Tabela 2 - Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação em dias (TMG) das sementes de *Sapindus saponaria*, submetidas a diferentes temperaturas e substratos

Interação	IVG	Temperaturas (°C)				
		20	25	30	35	20-30
Substratos						
Vermiculita	0 aE	13,3 bB	21 bA	19,9 aA	7 aD	11,2 aC
Areia	0 aD	10 cC	12,9 cB	19,8 aA	7 aD	11,2 aC
Rolo de papel	0 aD	19,6 aB	30 aA	4 bD	4 bD	11,7 aC
dms		coluna 1,29			linha 1,57	
Interação	TMG	Temperaturas (°C)				
		20	25	30	35	20-30
Substratos						
Vermiculita	0 aD	5,7 bB	4,9 bA	5,6 bB	6 bC	5,3 aB
Areia	0 aD	5,8 bC	4,8 bA	5,7 bBC	6 bC	5,3 aB
Rolo de papel	0 aD	5 aB	3,6 aA	4,9 aB	5,2 aB	5,8 bC
dms		coluna 0,37			linha 0,46	

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

Levando-se em consideração o vigor das sementes (IVG e TMG), o melhor resultado obtido foi a temperatura de 30 °C, substrato rolo de papel, seguido pelo substrato vermiculita. A análise conjunta dos três parâmetros (germinação, IVG e TMG) também indica que a temperatura de 30 °C, substratos rolo de papel e

vermiculita, é a mais adequada para produzir o maior número de sementes germinadas no menor período de tempo.

Em relação ao crescimento das plântulas (Tabela 3), isoladamente o substrato vermiculita e a temperatura de 30 °C foram os mais adequados para o desenvolvimento, estatisticamente superiores e diferentes dos demais (<0.01, F=3076.6309, substrato; <0.01, F=2698.8980, temperatura).

Já os valores de F indicaram que ocorreu efeito significativo nas interações entre tratamentos, com o melhor desenvolvimento ocorrendo no substrato vermiculita, temperatura de 30 °C; o segundo melhor crescimento foi atingido nas temperaturas de 25, 35 e 25-35 °C, vermiculita e, 30 °C, areia, que produziram plântulas com mais de 20 mm de comprimento (Tabela 3).

Tabela 3 - Tamanho médio de plântulas (mm) da espécie *Sapindus saponaria*, submetidas a diferentes temperaturas e substratos

Interação	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	20-30 °C	25-35 °C
Vermiculita	0 aF	24,2 aC	61,1 aA	21,1 aD	14 aE	26,1 aB
Areia	0 aE	8,9 cD	23,2 bA	10,6 bC	13,9 aB	15,2 aB
Entre papel	0 aE	12,2 bB	17,3 cA	8,0 cC	5,9 bD	8,9 bC
Dms		p/ linhas	1.2466		p/columnas	1.5269

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

Porém considerando-se a formação de plântulas normais (raiz e parte aérea), temperaturas e substratos interferem na formação destas, com o tratamento 30 °C, rolo de papel, produzindo 70% de plântulas normais, seguido por vermiculita e areia, com 42%. A temperatura de 25 °C, vermiculita e rolo de papel, com 35% e 37%, respectivamente, também apresentaram resultados superiores aos demais tratamentos. Todos os demais produziram valores inferiores aos encontrados por estas duas temperaturas.

Levando-se em consideração o número de plântulas normais e o tamanho das mesmas, o maior tamanho não significou formação normal de todas as plântulas. Desta maneira, a temperatura de 30 °C, rolo de papel, apesar do menor tamanho das plântulas, seria a mais adequada, pois produziu um maior número de plântulas normais. Santos et al. (2012) encontraram um valor superior (86%), na temperatura de 25 °C. Porém seu experimento teve uma duração maior, 45 dias, o que talvez tenha propiciado uma melhor condição para as plântulas produzirem todas as suas estruturas.

De acordo com Lorenzi (2008), o desenvolvimento de mudas de *Sapindus saponaria* é “moderada”, em condições de canteiro; porém em condições de laboratório, a formação de plântulas não apresentou dificuldades, nas melhores condições testadas, demonstrando que é possível produzir um grande número de plântulas em pequeno espaço de tempo. Já Carvalho (2014) cita emergência de 45 a 68%, entre 10 e 90 dias após a sementeira, resultados também inferiores aos encontrados por este trabalho.

Oliveira et al. (2012), trabalhando com plântulas de 25 dias crescidas em diferentes substratos e temperaturas, indicou que as temperaturas de 30 e 20-30 °C, substrato vermiculita, como as mais adequadas para o crescimento, resultados parcialmente similares aos encontrados por este trabalho, em relação a temperatura. Porém o maior tempo de permanência das plântulas nos substratos, além da diferença na utilização de bandejas, não permite comparar adequadamente os dois trabalhos.

Em outras pesquisas, como por exemplo, Pacheco et al. (2006), trabalhando com outra espécie da mesma

ordem Sapindales, *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., avaliaram que no crescimento das plântulas em diferentes substratos e temperaturas, apenas em 25, 27, 35 e 20-35 °C foram observadas combinações satisfatórias de crescimento, resultados parcialmente similares aos encontrados para este trabalho, com sementes de *Sapindus saponaria*.

Lopes et al. (2007), trabalhando com *Pseudima frutescens* (Sapindaceae), em dois tipos de substrato, terra preta e areia, em condições de casa de vegetação, encontram melhores resultados para o crescimento das plântula em terra preta (+ 90 mm em 24 dias), o que seria esperado, pois esta substrato é mais adequado para o crescimento devido suas características estruturais e nutricionais. Porém o crescimento de *Sapindus saponaria* é mais intenso, atingindo até 60 mm em apenas 7 dias, nas melhores condições testadas.

O crescimento das plântulas de *Sapindus saponaria* ocorreu de maneira mais adequada na temperatura de 30 °C, considerada ótima para a divisão celular e igual a melhor temperatura encontrada para os parâmetros avaliados em *S. saponaria*, embora Brancalion et al. (2010) tenham descrito 25 °C como a melhor para a maior parte das espécies do bioma Cerrado, indicando uma adaptação desta espécie as condições ambientais do local de origem, o Pantanal.

CONCLUSÃO

Levando-se em consideração a interação dos parâmetros avaliados, a temperatura de 30 °C, substrato rolo de papel, foi à condição mais adequada para produzir o maior percentual de germinação no menor tempo, com o maior número de plântulas normais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Anhanguera-Uniderp, pelo financiamento do projeto GIP (Grupo Interdisciplinar de Pesquisa) e pela bolsa concedida de iniciação científica (PIC), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de iniciação científica (PIBIC) e bolsa de produtividade (PQ2), concedidas.

REFERÊNCIAS

- Akman Z. 2009. Comparison of high temperature tolerance in maize, rice and sorghum seeds by plant growth regulators. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, 8(2): 358-361.
- Albuquerque KS, Guimarães RM, Almeida IF e Clemente ACS. 2009. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bondichia virgilioides* Kunth.). **Revista Brasileira de Sementes**, 31(1): 12-19.
- Bewley JD, Bradford K, Hilhorst H e Nonogaki H. 2013. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd. New York: Springer. 392 p.

Bocchese RA, Oliveira AKM, Melotto AM, Fernandes V e Laura VA. 2008. Efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de *Tabebuia heptaphylla*, em casa telada. **Cerne**, 14(1): 62-67.

Borghetti F e Ferreira AG. 2004. Interpretação de resultados de germinação. In: Ferreira AG e Borghetti F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed. p. 209-222.

Brançalion PHS e Marcos Filho J. 2008. Distribuição da germinação no tempo: causas e importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais. **Informativo ABRATES**, 18(1,2,3): 11-17.

Brançalion PHS, Novembre ADLC e Rodrigues RR. 2010. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, 32(4): 15-21.

Brasil. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Mapa/ACS. 395 p.

Carvalho PER. 2014. **Espécies arbóreas brasileiras**. Vol. 5. Brasília: Embrapa. 634 p.

Carvalho NM e Nakagawa J. 2012. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5ed. Jaboticabal: FUNEP. 590p.

Labouriau LG. 1983. **Germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos. 174 p.

Labouriau LG e Agudo M. 1987. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I - Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 59(1): 37-50.

Larcher W. 2003. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Berlin: Springer. 533 p.

Lopes ILM, Jardim MAG e Medeiros TDS. 2007. Germinação de sementes e desenvolvimento morfológico de plantas oleaginosas: *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira Farmácia**, 88(3): 132-134.

Lorenzi H. 2008. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol. 1. 5ed. Nova Odessa: Plantarum. 384 p.

Maguire JD. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigor. **Crop Science**, 2(2): 176-177.

Oliveira AKM e Farias GC. 2009. Efeito de diferentes substratos na germinação de sementes de *Terminalia argentea* (Combretaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, 7(3): 320-323.

Oliveira DA, Nunes YRF, Rocha EA, Braga RF, Pimenta MAS e Veloso MDM. 2008. Potencial germinativo de sementes de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth. - Fabaceae: Mimosoideae) sob diferentes procedências, datas de coleta e tratamentos de escarificação. **Revista Árvore**, 32(6): 1001-1009.

Oliveira LM, Bruno RLA, Silva KRG, Silva VDM, Ferarri CS e Silva GZ. 2012. Germinação e vigor de sementes de *Sapindus saponaria* L. submetidas a tratamentos pré-germinativos, temperaturas e substratos. **Ciência Rural**,

42(4): 638-644.

Oliveira AKM e Barbosa LA. 2014. Efeitos da temperatura na germinação e na formação de plântulas de *Cedrela fissilis*. **Floresta**, 44(3): 441-450.

Oliveira AKM, Souza JS, Carvalho JMB e Souza SA. 2015. Germinação de sementes de pau-de-espeto (*Casearia gossypiosperma*) em diferentes temperaturas. **Floresta**, 45(1): 97-106.

Pacheco MV, Matos VP, Ferreira RLC, Feliciano ALP e Pinto KMS. 2006. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, 30(3): 359-367.

Pott A, Oliveira AKM, Damasceno Junior GA e Silva JSV. 2011. Plant diversity of the Pantanal wetland. **Brazilian Journal of Biology**, 71(1): 265-273.

Rodrigues ACC, Osuna JTA, Queiroz SROD e Rios APS. 2007. Efeito do substrato e luminosidade na germinação de *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae, Mimosoideae). **Revista Árvore**, 31(2): 187-193.

Salomão AN, Silva JCS, Davide AC, Gonzales S, Torres RAA, Wetzel MMVS, Firetti F e Caldas LS. 2003. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília: Rede de sementes do Cerrado. 96 p.

Santos PL, Ferreira RA, Aragão AG, Amaral LA e Oliveira AS. 2012. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, 36(2): 237-245.

Souza Filho JC, Coelho MFB, Azevedo RAB e Albuquerque MCF. 2012. Germinação de sementes de *Magonia pubescens* St. Hil. - Sapindaceae em diferentes condições de luz e fotoperíodo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 12(2): 14-19.

Vieira CV, Alvarenga AA, Castro EM, Nery FC e Santos MO. 2008. Germinação e armazenamento de sementes de camboatã (*Cupania vernalis* Cambess.) Sapindaceae. **Ciência e Agrotecnologia**, 32(2): 444-449.