



ARTIGO

Germinação e mobilização de reservas em sementes de amendoim-bravo (*Pterogyne nitens*) sob estresse térmico

Marcone Moreira Santos^{1*}, Ingrid Rosado Doriguetto², Eduardo Euclides de Lima e Borges³ e Glauciana da Mata Andrade⁴

Recebido: 20 de agosto de 2018 Recebido após revisão: 21 de maio de 2019 Aceito: 21 de maio de 2019

Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/4151>

RESUMO: (Germinação e mobilização de reservas em sementes de amendoim-bravo sob estresse térmico). O aumento da temperatura global tem sido identificado como consequência das mudanças climáticas. Os valores tendem a se elevar, o que compromete a sobrevivência ou a diversidade de espécies nos diversos biomas brasileiros. As sementes são o principal meio de propagação da maioria das espécies nativas, cuja germinação é influenciada pela temperatura. Diante do exposto, o trabalho teve por objetivos avaliar o efeito de diferentes temperaturas na germinação e na mobilização de reservas em sementes de *P. nitens*. As sementes foram colocadas para germinar nas temperaturas constantes de 10, 25, 40 e 45 °C. Amostras independentes foram mantidas nas temperaturas de 10, 40 e 45 °C por intervalos de 24, 48, 72 h e posteriormente transferidas para a temperatura de 25 °C, na tentativa de identificar a resistência das sementes ao estresse térmico. Foram avaliados os teores de proteínas, carboidratos e lipídeos em sementes sem e durante a embebição. O maior valor de germinação ocorreu em 25 °C. Não foi observada germinação em 10 e 45 °C. Os teores de proteínas totais, açúcares totais e lipídeos tiveram poucas alterações em 10 °C. Em 40 e em 45 °C ocorreram os maiores consumo de reservas. De modo geral, o estresse térmico prejudicou a germinação das sementes e alterou a dinâmica da mobilização de reservas em sementes de *P. nitens*.

Palavras-chave: sementes florestais, temperatura, metabolismo

ABSTRACT: (Germination and mobilization of reserves of groundnut (*Pterogyne nitens*) seeds under thermal stress). The increase in global temperature has been identified as a consequence of climate change. The values tend to increase, which compromises the survival or diversity of species in the different Brazilian biomes. Seeds are the main means of propagation of most native species, whose germination is influenced by temperature. The objective of this work was to evaluate germination, germination speed index (GSI) and mobilization of reserves in *P. nitens* seeds under thermal stress. The seeds were germinated at constant 10, 25, 40 and 45 °C. Independent samples were placed to germinate at temperatures of 10, 40 and 45 °C, at intervals of 24, 48, 72 h and then transferred to the temperature of 25 °C, in an attempt to identify seed resistance to thermal stress. The contents of proteins, carbohydrates and lipids were evaluated in seeds embedded at 10, 25, 40 and 45 °C for 0, 12, 24, 36 and 48 hours. The highest germination value occurred at 25 °C. No germination was observed at 10 °C and no germination occurred at 45 °C. The total protein, total sugars and lipid contents had little change at 10 °C. Greater consumption of reserves occurred at 40 and 45 °C. In general, thermal stress impaired seed germination and altered the dynamics of the reserve mobilization in *P. nitens* seeds.

Key words: forest seeds, temperature, metabolism.

INTRODUÇÃO

A ideia do agravamento do efeito estufa e consequentemente do aquecimento global encontra-se atualmente estabelecida, sendo evidente o aumento da temperatura global tanto em nível continental, como nos oceanos, nos últimos anos (Gabriel *et al.* 2014). No entanto, pouco se sabe das consequências futuras desse aquecimento sobre a biodiversidade dos ecossistemas e do comportamento das espécies que os compõem.

Pterogyne nitens, conhecida popularmente como amendoim-do-campo ou amendoim-bravo é uma espécie arbórea nativa da Mata Atlântica. Sua madeira pode ser utilizada para a construção de moveis finos e vem sendo amplamente estudada no âmbito da biomedicina

(Lorenzi 2008). Nesse sentido, estudos referentes à germinação e à fisiologia das sementes são as bases para o processo de produção de mudas para fins produtivos e conservacionistas.

O processo de germinação depende de diversos fatores ambientais como água, luz, temperatura, substrato e oxigênio. Dentre esses fatores, a temperatura exerce influência na porcentagem de germinação agindo na absorção de água e em diversas reações bioquímicas reguladoras de todos os processos metabólicos (Bewley *et al.* 2013). Porém, não foram detectadas variações significativas na germinação de sementes de *P. nitens* sob temperaturas mínima (10 °C), ótima (27 °C) ou supra ótima (35 °C) (Tonin *et al.* 2005). Tais resultados discordam dos obtidos

1. Doutor em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV). Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

2. Graduanda em Engenharia Florestal, UFV. Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

3. Professor do Departamento de Engenharia Florestal, UFV. Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

4. Professora do Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del Rei. Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

*Autor para contato. E-mail: marconemoreirasantos@hotmail.com

por Santos *et al.* (2008) que indicam as temperaturas ótimas na faixa de 25 a 35 °C e que foram significativamente superiores a 20 °C e a 20-30 °C para *P. nitens*. As diferenças encontradas podem ser devido aos diferentes locais de ocorrência da espécie e/ou ano de produção.

Outro fator importante para a germinação eficiente e estabelecimento de uma plântula está relacionado com a composição química e mobilização das reservas das sementes. Cada espécie apresenta diferenças na mobilização de determinadas reservas para a formação de estruturas físicas na plântula ou no metabolismo, sintetizando intermediários metabólicos com finalidades diversas (Corte *et al.* 2006). Entretanto, nesse aspecto, as pesquisas com sementes de espécies florestais nativas não tem tido maior atenção. Nas poucas espécies estudadas, percebe-se grandes variações entre elas na mobilização das principais reservas. Nas sementes de *Apuleia leiocarpa* houve aumento significativo das reservas de amido, ácido esteárico e proteínas nos cotilédones durante o processo de embebição. No embrião, o aumento foi significativo para os teores de manose. Ainda nesse compartimento, as reservas dos ácidos graxos mirístico, palmítico, esteárico, oléico e linoléico decresceram significativamente. Com exceção do ácido láurico, todos os demais não foram detectados após 48 horas de embebição (Pontes *et al.* 2002).

Em sementes de *Caesalpinia peltophoroides*, os lipídios constituem-se no principal composto de reserva dos cotilédones. A contribuição de cada grande reserva é constituída por cerca de 50% de lipídios, 32% de carboidratos solúveis, 7,7% de proteínas solúveis e o amido com 6,8% de massa seca dos cotilédones. Durante o processo germinativo, os lipídios decresceram entre 5 e 10 dias após a sementeira e carboidratos e proteínas solúveis exibiram tendência gradativa de queda. A mobilização de amido não teve variações (Corte *et al.* 2006).

O ácido oléico predominou tanto nos cotilédones, quanto no eixo embrionário de sementes de *Schizolobium parahyba*. Os teores de amido e de carboidratos solúveis totais decresceram ao longo do período de embebição nos dois compartimentos. Os teores de proteínas variaram no eixo embrionário e nos cotilédones em tempos diferentes da hidratação, (Magalhães *et al.* 2010). Ocorreram reduções nos teores de lipídios, de açúcares solúveis e de proteínas durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* sob diferentes temperaturas, variando esses decréscimos de acordo com a temperatura (Ataíde *et al.* 2017).

Não se encontrou registro de análise da composição química ou mobilização de reservas em sementes de *P. nitens* durante a germinação em qualquer temperatura. Percebe-se que há variações na utilização de grandes reservas em diferentes temperaturas para outras espécies, justificando estudos nessa área para melhor compreensão dos processos que ocorrem durante a germinação. Diante do exposto, o trabalho teve por objetivos avaliar o efeito de diferentes temperaturas na germinação e na mobilização de reservas em sementes de *P. nitens*. Por-

tanto esse trabalho gerou informações relevantes sobre as alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de *P. nitens* durante a germinação em diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *P. nitens* foram colhidas de cinco árvores no município de Visconde do Rio Branco (MG), latitude 21°01'14"S e longitude 42° 50' 27"O, em maio de 2015. As sementes de cada árvore foram misturadas, formando um único lote. As amostras da pesquisa foram dali retiradas, beneficiadas e armazenadas em câmara fria (5 °C/60% umidade relativa-UR) por 3 meses.

O teor de água (%) foi determinado pelo método de estufa a 105± 2 °C por 24 h, utilizando-se três repetições com 1 g de semente cada (Brasil 2009).

As sementes foram imersas por 10 minutos em ácido sulfúrico (concentração P.A). Posteriormente, foram lavadas e tratadas com solução de fungicida Captan a 0,5% e colocadas sobre duas folhas de papel germiteste umedecidas com 4,5 ml de água destilada e acondicionadas em câmaras de germinação do tipo B.O.D, sob luz constante providas por quatro lâmpadas fluorescentes de 20W de potência, tipo luz do dia, durante quatro dias.

Os tratamentos constituíram-se das temperaturas constante de 10, 25, 40 e 45 °C (T1, T2, T3 e T4 respectivamente) até o fim da germinação. Com o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica e o tempo de resistência das sementes ao estresse térmico, amostras independentes foram colocadas para germinar nas temperaturas de 10, 40 e 45 °C, nas mesmas condições descritas anteriormente por intervalos de 24, 48, 72 h e, em seguida, transferidas para a temperatura de 25 °C (10 °C/24 h: T5; 10 °C/48 h: T6; 10 °C/72 h: T7; 40 °C/24 h: T8; 40 °C/48 h: T9; 40 °C/72 h: T10; 45 °C/24 h: T11; 45 °C/48h: T12; 45 °C/72h: T13). Para cada tratamento foram utilizadas 100 sementes, dispostas em cinco repetições de 20 sementes cada.

Foram consideradas germinadas aquelas sementes que emitiram radícula. Foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962).

Foram avaliados os teores de proteínas, carboidratos e lipídeos em sementes embebidas a 10, 25 e 40 e 45 °C no tempo 0 e em 12, 24, 36 e 48 h do início do experimento. As sementes foram secas em estufa por 24 h e trituradas em moinho e, posteriormente, armazenadas em dessecadores.

A quantificação de proteínas totais foi realizada pelo método de Kjeldahl, utilizando procedimentos descritos no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da EMBRAPA (1997). Amostras de 100 mg do material desengordurado foram colocadas em tubo de ensaio juntamente com 5,0 mL de solução digestora. A digestão da amostra foi realizada em bloco digestor a 350°C até o material apresentar-se incolor. Em seguida, realizou-se a destilação adicionando-se 15 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 40% após mistura da amostra em 20 mL de água destilada. O destilado foi coletado em béquer contendo 10 mL de ácido bórico (H₃BO₃) solução

receptora. A destilação se completou quando o volume do béquer chegou a 60 mL de uma solução com coloração verde menta, indicando a presença de nitrogênio na amostra. A titulação foi realizada utilizando ácido sulfúrico a 0,01 N. O teor de proteínas totais foi estimado utilizando o fator de correção 5,71 (Ezeagu *et al.* 2002).

A determinação do teor de lipídios foi obtida a partir da extração a frio das sementes, realizada em aparelho Soxhlet, segundo procedimentos descritos por Silva (1990). Amostras de cotilédones foram trituradas e três repetições de 1,0 g colocadas em cartuchos de papel-filtro, pesadas e transferidas para o aparelho, sendo mantidas em refluxo, com éter de petróleo, durante 24 horas. Após, foram secas a 45 °C por 18 horas e pesadas novamente, sendo o resultado expresso em percentagem de lipídios extraídos.

Para a determinação dos açúcares solúveis e amido foram utilizadas amostras de 300 mg de cotilédones do material do qual foram extraídos os lipídios. Estas foram mantidas em álcool 80% em banho-maria a 75 °C durante 30 minutos e, posteriormente, centrifugadas a 16000 g durante 10 minutos para a coleta do sobrenadante, sendo este processo repetido por mais três vezes. Os sobrenadantes das quatro extrações foram reunidos e secos a 45 °C por 24 horas. Após, as amostras foram ressuspensas em 1,0 mL de água destilada, sendo a quantificação realizada pelo método colorimétrico (DuBois *et al.* 1956).

Os experimentos foram conduzidos em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e os dados foram analisados no programa STATISTICA 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água inicial de 8,13% das sementes de *P. nitens* foi semelhante ao encontrado para a mesma espécie por Pellizzaro *et al.* (2011).

A germinação ocorreu a partir do segundo dia de avaliação na temperatura de 25 e 40 °C. Houve diferença

significativa ($p < 0,05$) para os valores de germinação e IVG em função das diferentes condições de temperatura (Fig. 1A). O maior valor de germinação ocorreu em 25 °C (T2), que diferiu significativamente dos tratamentos T1, T3, T4, T7, T12 e T13. A embebição nas temperaturas de 10 °C por até 48 h, 40 °C por até 72 h e 45 °C por até 24h com posterior transferência para 25 °C não acarretou danos significativos. Não foi observada germinação em 10 °C e não ocorreu germinação a 45 °C. O maior valor de IVG foi observado em 25 °C constante que não diferiu estatisticamente dos tratamentos T8 e T9.

A temperatura de 25 °C resultou na maior porcentagem de germinação, dentro da faixa determinada por Nassif e Perez (2000). Esses autores testaram as temperaturas de 9 °C até 45 °C, com intervalos regulares de 3 °C e obtiveram maiores valores entre 12 a 36 °C para sementes de *P. nitens*. Estudos indicam que temperaturas entre 20 e 35 °C são favoráveis à germinação de sementes florestais tropicais (Lima *et al.* 2016; Ursulino *et al.* 2016; Silva *et al.* 2017).

A embebição das sementes em 40 °C por até 48 h com posterior transferência para 25 °C aumentou a velocidade de germinação, embora a porcentagem final não tenha diferenciado significativamente da observada a 25 °C. Como em qualquer sistema biológico, o aumento da temperatura resulta no aumento da velocidade das reações, tendo limites específicos para a progressão. Isso ocorre porque em temperaturas mais altas, a absorção de água e reações bioquímicas ocorrem mais rapidamente. Assim como ocorreu no presente trabalho, mesmo não sendo um comportamento generalizado entre diferentes espécies, a temperatura ótima de germinação é diferente da temperatura ótima para a velocidade de germinação (Carvalho e Nakagawa 2000; Oliveira *et al.* 2014; Azevedo *et al.* 2015).

Não foi observada germinação em 10 °C e não ocorreu germinação em 45 °C, ao final do teste, indicando as temperaturas mínima e máxima para a espécie. Em

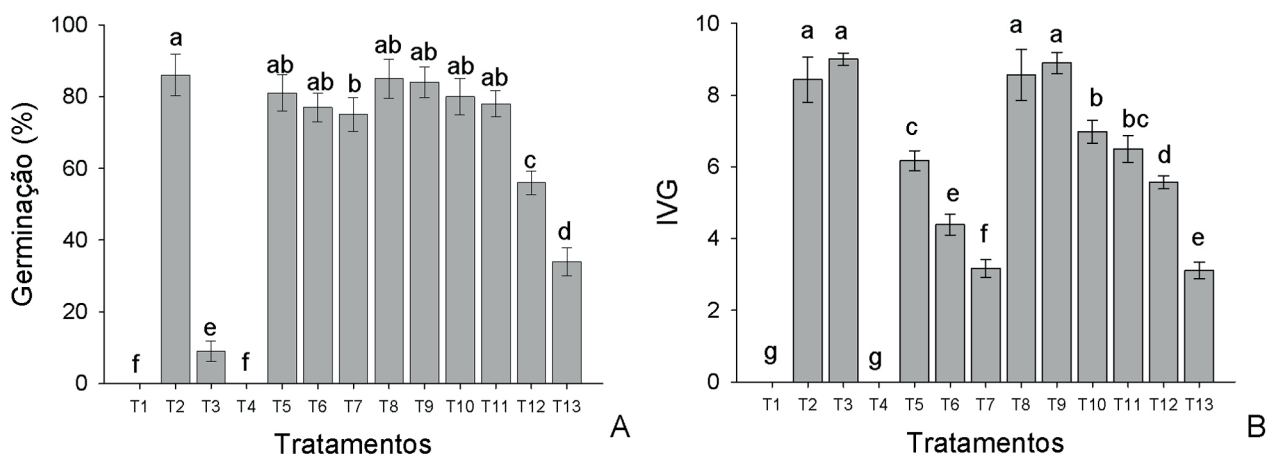


Figura 1. Valores médios de germinação (A) e IVG (B) em função dos diferentes tratamentos de temperatura (10 °C: T1; 25 °C: T2; 40,0 °C: T3; 45 °C: T4; 10 °C/24 h: T5; 10 °C/48 h: T6; 10 °C/72 h: T7; 40 °C/24 h: T8; 40 °C/48 h: T9; 40 °C/72 h: T10; 45 °C/24 h: T11; 45 °C/48h: T12; 45 °C/72h: T13) durante a germinação. As barras verticais indicam o desvio padrão da média (n=5). Médias seguidas da mesma letra minúscula indicam que não há diferença significativa de acordo com teste de Tukey (5%).

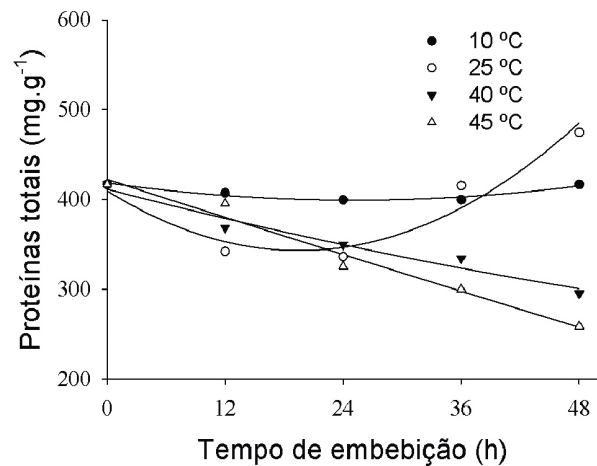
40 °C, a germinação foi de apenas 9%. Resultados semelhantes foram encontrados por Matos *et al.* (2015), que com sementes de *Dalbergia nigra* em temperaturas variando de 5 até 45 °C. De modo geral, as temperaturas 10, 40 e 45 °C comprometeram de alguma forma o desenvolvimento do processo germinativo de *P. nitens*. Em revisão das publicações das temperaturas de germinação de espécies arbóreas brasileiras, Bracalioni *et al.* (2010) verificaram que as temperaturas de 25 °C e 30 °C foram as mais adequadas para a germinação da maioria das espécies. Foram recomendadas a temperatura de 25 °C para as espécies que ocorrem no Cerrado e Mata Atlântica e 30 °C para as do bioma Amazônico. Percebe-se que o intervalo de temperatura da *P. nitens* não diferencia do padrão de outras no mesmo bioma.

A baixa temperatura prejudica a germinação das sementes devido a mudança do estado da membrana (causando danos ao sistema de membranas), redução da taxa metabólica, inativação de enzimas e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs). Nesse sentido, baixas temperaturas comprometem vias essenciais para a germinação (Flores 2014). Por sua vez, altas temperaturas como 40 e 45 °C resultam na desnaturação de enzimas importantes no processo metabólico ou na produção de EROs conforme verificado por Matos *et al.* (2015) em sementes de *Dalbergia nigra*, em que a produção de EROs aumentou nas temperaturas mais elevadas. Em sementes de *Melanoxylon brauna* há aumento das atividades das enzimas antioxidantes em condições de temperaturas supra ótimas, indicando acúmulo de EROs (Flores *et al.* 2014, Ataíde *et al.* 2016).

O grau de dano pode variar de acordo com a severidade do estresse, que compreende o tempo de exposição ao estresse, à temperatura, à fase da germinação e aos mecanismos de defesa. Tal fato explica a capacidade de recuperação do metabolismo das sementes de *P. nitens* quando a temperatura retornou a 25 °C. Assim é possível inferir que as temperaturas de 10 e 40 °C, apesar de proporcionarem menores porcentagens de germinação (0 e 9%) em sementes de *brauna*, não causaram terminação do processo germinativo quando mantidas por até 72 h. Por outro lado, as sementes embebidas em 45 °C por mais de 24 h tiveram seu potencial germinativo afetado negativamente.

De acordo com a análise de regressão, a temperatura influenciou significativamente na mobilização de proteínas. Em 10 °C houve menor mobilização, sendo o teor de proteínas total pouco alterado durante a embebição. Em 25 °C houve maior consumo nas primeiras 24 h, com posterior aumento, alcançando valores maiores que os demais. Em 35 e 45 °C houve decréscimos contínuos nos teores de proteínas até o final das 48 h de embebição (Fig. 2).

As sementes apresentaram maior porcentagem de proteínas totais, caracterizando-as como proteicas. Houve pouca alteração no teor desse metabólito em 10 °C, indicando baixa mobilização desta reserva. Em 25 °C ocorreu o consumo de proteínas nas primeiras 24 h de embebição.



$$10\text{ °C: } y = 0,003x^2 - 0,1514x + 41,86 \quad (R^2 = 0,92)$$

$$25\text{ °C: } y = 0,0175x^2 - 0,6822x + 40,99 \quad (R^2 = 0,92)$$

$$40\text{ °C: } y = 0,2306x + 40,851 \quad (R^2 = 0,96)$$

$$45\text{ °C: } y = 0,3428x + 42,193 \quad (R^2 = 0,97)$$

Figura 2. Mobilização de proteínas totais em sementes de *P. nitens* nas temperaturas de 10, 25, 40 e 45 °C.

O aumento do teor de proteínas após 24 h indica síntese proteica, provavelmente para formação das estruturas da plântula. A síntese de novas proteínas durante o processo de germinação depende do fornecimento de aminoácidos apropriados derivados da decomposição de proteínas previamente formadas durante o desenvolvimento e armazenamento (Bewley *et al.* 2013).

Em 40 e 45 °C, ocorreu intensa mobilização de proteínas durante a embebição, causada pelo possível aumento do metabolismo, ou mesmo perda por possível aumento na permeabilidade da membrana plasmática. A degradação de proteínas foi observada em sementes de *Araucaria bidwillii* desde o início da embebição, sendo as de proteínas solúveis mais lenta do que as proteínas insolúveis (Capocchi *et al.* 2011). Em sementes de *Prosopis juliflora*, os níveis de proteínas diminuíram durante as primeiras 48 h de embebição (Gallão *et al.* 2007).

Houve diferença significativa na mobilização de açúcares totais nas diferentes temperaturas. De modo geral, houve pouca mobilização em 10 °C. Em 25 °C houve decréscimo nas primeiras 12 h, continuando até 36 h, com aumento em 48 h. A 40 °C foi observada pequena variação nos teores durante as 48 h de embebição. Em 45 °C houve maior redução nos teores de carboidratos durante a embebição (Fig. 3).

A utilização de açúcares acompanhou a temperatura com mais nitidez em relação às demais reservas analisadas. Embora haja a possibilidade de utilização dos açúcares na respiração, como foi observado na germinação de *Schizolobium parahyba* (Magalhães *et al.* 2010) e em sementes de *Dalbergia nigra* (Ataíde *et al.* 2013), é possível que esses tenham vazado para o ambiente, considerando que a membrana plasmática das sementes sofre desestruturação com temperaturas acima da ótima (Santos *et al.* 2017).

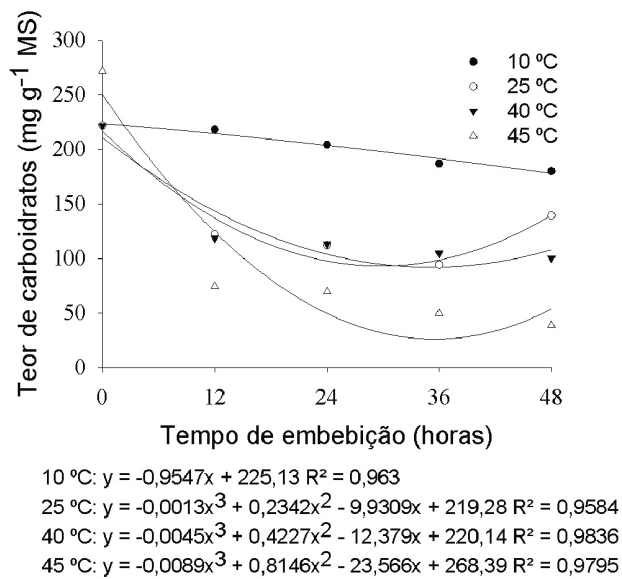


Figura 3. Mobilização de carboidratos em sementes de *P. nitens* nas temperaturas de 10, 25, 40 e 45 °C.

Houve diferença significativa na mobilização de lipídeos nas diferentes temperaturas. Entre 36 e 48 h de embebição, ocorreu pequeno aumento no teor de lipídeos em 25 °C (Fig. 4).

As reduções nos teores de lipídeos foram similares entre as diferentes temperaturas, sendo contínua em 40 e 45 °C e ocorrendo pequeno aumento em 25 °C em 48 h. Corte *et al.* (2006) verificaram a redução do conteúdo de lipídeos em sementes de *Caesalpinia peltophoroides* durante a germinação. Em sementes de *Acrocomia aculeata*, a mobilização das reservas de ácidos graxos ocorre no início da hidratação das sementes (Bicalho *et al.* 2016).

Os resultados obtidos evidenciam a importância da temperatura e mobilização das reservas pré-formadas de proteínas, carboidratos e lipídeos para o sucesso germinativo das sementes de *P. nitens*. A influência significativa da temperatura no metabolismo dos componentes de reservas está relacionada com a taxa metabólica das sementes, sobretudo devido à atividade das enzimas hidrolases ou hidrolíticas (proteases, amilases, lipases e ribonucleases). As enzimas hidrolíticas ativadas ou sintetizadas atuam sobre a reserva e controlam alterações da parede celular, mecanismos indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento do embrião durante a germinação (Borges *et al.* 2015).

As atividades das enzimas citadas acima são reguladas pela temperatura. Para cada tipo de enzima existe uma temperatura ótima, na qual a velocidade da reação é máxima, permitindo o maior número possível de colisões moleculares sem desnaturar a enzima. Durante a hidratação em 10 °C, as sementes provavelmente tiveram baixa atividade de enzimas como as amilases, lipases, proteases, mananases, peptidases, dentre outras hidrolases, que provocaram clivagens nas moléculas do tecido de reserva. Com a redução da atividade enzimática, as reservas não são transferidas até os pontos de crescimento

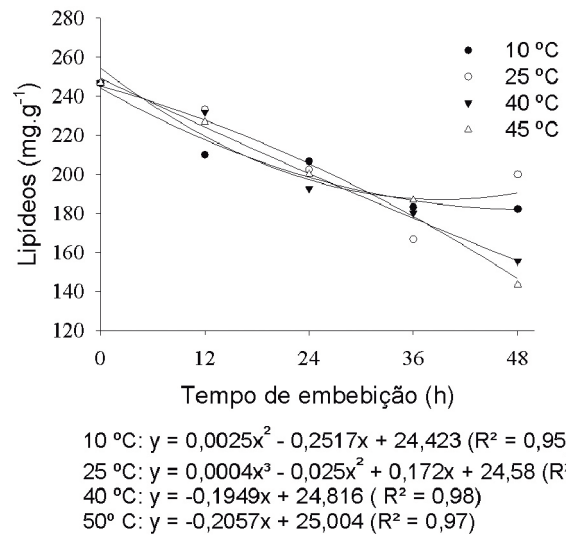


Figura 4. Mobilização de lipídeos durante a germinação de sementes de *P. nitens* nas temperaturas de 10, 25, 40 e 45 °C.

do embrião, explicando o baixo consumo de reservas e ausência da germinação.

O aumento da temperatura resulta em maior atividade das enzimas hidrolases, a partir da qual começa a ocorrer redução até a perda da atividade, devido a desnaturação das enzimas (Borges *et al.* 2015; Ataíde *et al.* 2016). Tal fato explica o maior consumo das substâncias de reserva durante a embebição em 40 e 45 °C, que embora fosse inadequada para estimular a germinação, teve efeito contrário no metabolismo, sendo um independente do outro.

CONCLUSÕES

De modo geral, o estresse térmico prejudicou a mobilização de reservas verificadas em 10 °C, impossibilitando a germinação, uma vez que a quebra, transporte e assimilação das reservas é fundamental para o processo. Embora temperaturas de 40 e 45 °C tenham acelerado a mobilização de reservas durante a embebição, como proteínas, carboidratos e lipídeos, o estresse térmico, de alguma forma, comprometeu a qualidade das sementes, prejudicando a germinação. Finalmente, a temperatura de 25 °C foi considerada ótima para a germinação de sementes de *P. nitens*, pois resultou na maior porcentagem de germinação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, à CAPES, e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1995. *Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists*. 16. ed. Washington.
- ATAÍDE, G. M., BORGES, E. E. L. B. GONÇALVES, J. F. C., GUIMARÃES, V. M., FLORES, A. V. & MONTEZI, E. 2013. Alterations in seed reserves of *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr All. ex Benth.) during hydration. *Journal of Seed Science*, 35: 56-63.

- ATAÍDE, G. M., BORGES, E. E. L. B. GONÇALVES, J. F. C., GUIMARÃES, V. M. & FLORES, A. V. 2016. Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). *Ciência Florestal*, 26: 615-625.
- ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; PICOLI, E.A.T.; LEITE FILHO, A.T.; FLORES, A.V. 2017. Alterações nas reservas de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott. (Fabaceae Caesalpinoideae) durante a germinação em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13(13): 372-379.
- AZEVEDO, M.I.R.; PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. 2015. Efeitos de substratos, luz e temperatura na germinação de sementes da espécie *Buchenavia tomentosa* Eichler (merindiba) em condição de viveiro. *Agric-Environmental Science*, 1(1): 11-22.
- BEWLEY, J. D., BRADFORD, K. J., HILHORST, H. W. M. & NONOGAKI, H. 2013. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*, 3rd ed. New York: Springer. 392 p.
- BICALHO, E. M., MOTOYKE, S. Y., BORGES, E. E. L., ATAÍDE, G.M. & GUIMARÃES, V. M. 2016. Enzyme activity and reserve mobilization during Macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seed germination. *Acta Bot. Bras.*, 30: 438-444.
- BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, D.L.C.; RODRIGUES, R.R. 2010. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4): 15-21.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Mapa/ACS. 2009. 399 p.
- BORGES, E. E. L., ATAÍDE, G. M. & MATOS, A. C. B. 2015. Micropilar and embryonic events during hydration of *Melanoxylon brauna* Schott seeds. *Journal of seeds Science*, 37: 192-201.
- CAPOCCHI, A. MUCCILLI, V., CASANI, S., FOTI, S., GALLESCHI, L. & FONTANINI, D. 2011. Proteolytic enzymes in storage protein mobilization and cell death of the megagametophyte of *Araucaria bidwillii* Hook. post-germinated seeds. *Planta*, 233: 817-830.
- CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588 p.
- CORTE, V. B., BORGES, E. E. L., PONTES, C.A., LEITE, I. T. A., VENTRELLA, M. C. & MATHIAS, A. A. 2006. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinoideae). *Revista Árvore*, 30: 941-949.
- DUBOIS, M., K. A. GILLES, J. K. HAMILTON, P. A., REBERS. & F. SMITH. 1956. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem*, 28: 350-356.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212 p.
- EZEAGU, I. E., PETZKE, J. K., METGES, C. C., AKINSOYINU, A. O. & OLOGHOBO, A. D. 2002. Seed protein contents and nitrogen-to-protein conversion factors for some uncultivated tropical plant seeds. *Food Chemistry*, 78: 105109.
- FLORES, A. V., BORGES, E. E. L., GUIMARÃES, M. V., ATAÍDE, G. M. & CASTRO, R. V. O. 2014. Germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* schott em diferentes temperaturas. *Revista Árvore*, 38: 1147-1154.
- GABRIEL, L. F., STRECK, N. A., UHLMANN, L. O., SILVA, M. R & SILVA, S. D. 2014. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18: 90-98.
- GALLÃO, M. I., VIEIRA, I. G. P., MENDES, F. N. O., SOUZA, A. S. N. & BRITO, E. S. 2007. Reserve mobilization in mesquite (*Prosopis juliflora*) seed (Leguminosae). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2012-2018.
- LIMA, J. D., ALMEIDA, C. C., DANTAS, V. A. V., SILVA, B. M. S. & MORAES, W. S. 2016. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). *Revista Árvore*, 30: 513-518.
- LORENZI, H. 2008. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 368 p.
- MAGALHÃES, S.R., BORGES, E.E.L. & BERGER, A.P.A. 2010. Mobilização de reservas no eixo embrionário e nos cotilédones de sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake durante a germinação. *Ciência Florestal*, 20: 589-595.
- MAGUIRE, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- MATOS, A. C. B., BORGES, E. E. L. & SILVA, L. J. 2015. Fisiologia da germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. *Revista Árvore*, 39: 115-125.
- NASSIF, S. M. L. & PEREZ, S. C. J. G. A. 2000. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*, 22: 1-6.
- OLIVEIRA, A.K.M.; BARBOSA, L.A. 2014. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e na formação de plântulas de *Cedrela fissilis*. *Revista Floresta*, 44(3): 441-450.
- PELLIZZARO, K.; JESUS, V.A.M.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; VIGANO, J. 2011. Superação da dormência e influência do condicionamento osmótico em sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae). *Revista Caatinga*, 24(3): 1-9.
- PONTES, C.A.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; SOARES, C.P.B. 2002. Mobilização de reservas em sementes *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (garapa) durante a embebição. *Revista Árvore*, 26(5): 593-601.
- SANTOS, M.J.; NASCIMENTO, A.V.S.; MAURO, R.A. Germinação do amendoim bravo (*Pterogyne nitens* Tul) para utilização na recuperação de áreas degradadas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3:31-34.
- SANTOS, M. M., BORGES, E. E. L., ATAÍDE, G. M. & SOUZA, G. A. 2017. Germination of Seeds of *Melanoxylon brauna* Schott. under Heat Stress: Production of Reactive Oxygen Species and Antioxidant Activity.. *Forests*, 8(45): 1-13.
- SILVA, D. J. 1990. *Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 165 p.
- SILVA, R. B., MATOS, V. P., FARIAS, S. G. G., SENA, L. H. M., SILVA, D. Y. B.O. 2017. Germinação e vigor de plântulas de *Parkia platycephala* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. *Revista Ciência Agrônômica*, 48: 142-150.
- TONIN, G.A.; GATTI, A.B.; CARELLI, B.P.; PERES, S.C.J.G.A. 2005. Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. *Revista Brasileira de Sementes*, 27(2): 35-43.
- URSULINO, M., COSTA, M., J., MEDEIROS, E. A. & P. ARAÚJO, R. B. 2016. Germinação e vigor de sementes de *Dimorphandra gardneriana* submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. *Ciência Rural*, 46: 2090-2095.