

## REQUERIMENTOS TÉRMICO E FOTOPERIÓDICO DAS ESPÉCIES NATIVAS *Ceiba speciosa* (A ST.-Hil.) Ravena E *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith

Maria Tereza A. M. de Faria<sup>1</sup> (IC), Fabrina B. Martins (PQ)<sup>1</sup>, Mábele de C. Ferreira (PG)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Filocrono. Graus-dia. Temperatura do ar.

### Introdução

Os estudos sobre a fenologia das plantas investigam os eventos biológicos recorrentes ao longo do seu ciclo de vida, como germinação, desenvolvimento vegetativo, florescimento e frutificação (MARTINS *et al.*, 2024). A análise dos fatores bióticos, abióticos, endógenos e filogenéticos, com ênfase na temperatura do ar e fotoperíodo é fundamental, devido sua influência direta no metabolismo das plantas.

Neste âmbito, o conceito de graus-dia ou soma térmica pode ser definido como energia disponível diariamente à planta, dentro de certos limiares, os quais ativam processos fisiológicos. Tais limiares são denominadas temperaturas cardinais, sendo que acima e abaixo desses limites as atividades fisiológicas são interrompidas (FERREIRA *et al.*, 2019; FREITAS; MARTINS, 2019; MARTINS *et al.*, 2023). Assim como a temperatura, o fotoperíodo também é um fator importante na regulação das funções fisiológicas e metabólicas das plantas. Juntas ambas variáveis influenciam a fotossíntese, fotorrespiração, transporte de solutos e atuam no equilíbrio entre transpiração e consumo de água (MAURYA; BHALERAO, 2017).

Dessa maneira, o presente estudo objetiva avaliar seis métodos de cálculo de graus-dia e a resposta do desenvolvimento ao fotoperíodo das espécies florestais nativas brasileiras *Ceiba speciosa* e *Tabebuia roseoalba*.

### Metodologia

Foi conduzido um experimento a campo na Universidade Federal de Itajubá (22°24'46.43" S 45°26'48.94" O, 1.050m de altitude), em Itajubá-MG. O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 14, com as 2 espécies arbóreas (*C. speciosa* e *T. roseoalba*) e 14 datas de semeadura (DS), com 8 repetições (unidades experimentais; U.E) por tratamento. Cada DS foi instalada em intervalo de aproximadamente 30 dias, permitindo que as plantas

fossem expostas a variadas condições meteorológicas (FAGUNDES *et al.*, 2024).

A semeadura foi feita pelo método direto e as UEs foram compostas por vasos de polietileno branco de 8L preenchidos com o horizonte "A" moderado de um Latossolo Vermelho distrófico típico, de textura argilosa, coletado em Itajubá, MG. Com base nas análises químicas desse solo, foram realizadas as correções de acidez e fertilidade conforme recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), Evaristo *et al.* (2020) e Freitas *et al.* (2017).

O desenvolvimento vegetativo foi quantificado pela contagem semanal do número de folhas emitidas na haste principal (NF), desde a data da emergência até a data em que as plantas atingiram a média de 10 folhas acumuladas na haste principal (NF) (FAGUNDES *et al.*, 2024; Martins *et al.*, 2023).

Os dados de temperatura do ar durante a condução do experimento foram obtidos de uma estação meteorológica automática localizada na área experimental.

Para o cálculo dos graus-dia (GDd, °C dia<sup>-1</sup>), foram utilizados seis métodos (MARTINS *et al.*, 2023):

**Método 1:**  $GDd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ , se  $T_{med} < T_b$ , então  $T_{med} = T_b$ . (1)

**Método 2:**  $GDd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ , se  $T_{min} < T_b$ , então  $T_{min} = T_b$ . (2)

**Método 3:**  $GDd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ , se  $T_{med} < T_b$ , então  $T_{med} = T_b$ ; se  $T_{med} > T_{tot}$ , então  $T_{med} = T_{tot}$ . (3)

**Método 4:**  $GDd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ , se  $T_{min} < T_b$ , então  $T_{min} = T_b$  e, se  $T_{max} > T_{tot}$ , então  $T_{max} = T_{tot}$ . (4)

**Método 5:**  $GDd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ , quando  $T_b < T_{med} < T_{tot}$  e  $GDd = \{(T_{tot} - T_b) \cdot [(T_b - T_{med}) / (T_b - T_{tot})]\} \cdot 1 \text{ dia}$ , quando  $T_{tot} < T_{med} < T_b$ ; se  $T_{med} < T_b$ , então  $T_{med} = T_b$ ; se  $T_{med} > T_b$ , então  $T_{med} = T_b$ . (5)

**Método 6:**  $Gd = (T_{med} - T_b) \cdot 1$  dia, quando  $T_b < T_{med} < T_{ot}$  e  $Gd = \{(T_{ot} - T_b) \cdot [(T_b - T_{med}) / (T_b - T_{ot})]\}$ . 1 dia, quando  $T_{ot} < T_{med} < T_b$ ; se  $T_{min} < T_b$ , então  $T_{min} = T_b$ ; se  $T_{max} > T_b$ , então  $T_{max} = T_b$ . (6)

em que:  $Gd$  = graus-dia diário ( $^{\circ}C$  dia),  $T_{med}$  = temperatura média do ar, obtida pela média aritmética das temperaturas do ar da estação meteorológica automática ( $^{\circ}C$ ),  $T_b$  = temperatura basal inferior ( $^{\circ}C$ ),  $T_{ot}$  = temperatura ótima ( $^{\circ}C$ ) e  $T_b$  = temperatura basal superior ( $^{\circ}C$ ) de desenvolvimento foliar de cada espécie. Para os cálculos foram considerados os valores de  $T_b$ ,  $T_{ot}$  e  $T_b$  para *C. speciosa* (12 $^{\circ}C$ ; 21 $^{\circ}C$ ; 42,8 $^{\circ}C$ ) e *T. rosealba* (12,2 $^{\circ}C$ ; 21,2 $^{\circ}C$ ; 43,4 $^{\circ}C$ ), respectivamente.

A escolha do melhor método de graus-dia foi baseada na análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Para os testes foi utilizada a variável filocrono, calculada para cada DS e método de graus-dia. Os métodos com menor valor de filocrono foram considerados os mais adequados para as espécies e condições deste estudo. O filocrono foi obtido seguindo as recomendações de Martins *et al.*, (2023) e Fagundes *et al.*, (2024).

Para verificar a influência do fotoperíodo no filocrono das duas espécies, foi utilizada a metodologia descrita por Freitas e Martins (2019). Foram ajustadas regressões lineares entre o filocrono médio (média aritmética das 8 U.E.) e o fotoperíodo médio ( $F_{med}$ ) para cada DS e espécie. O  $F_{med}$  foi calculado utilizando a média aritmética do fotoperíodo diário ( $F$ ) calculado desde a data de emergência até o final da fase de muda. O  $F$  é dado por (KEISLING, 1982):

$$F = (2/15) \cdot \arccos[\cos \alpha \cdot \sec \phi \cdot \sec \delta - \tan \phi \cdot \tan \delta] \quad (10)$$

$$\alpha = 90 + B \quad (11)$$

$$\delta = \arcsen(0,39779) \cdot \sen \lambda \quad (12)$$

$$\lambda = M + 1,916 - \sen M + 0,020 \cdot \sen 2M + 282,565 \quad (13)$$

$$M = 0,985600 \cdot NDA - 3,251 \quad (14)$$

em que  $F$  = Fotoperíodo diário (horas),  $\alpha$  = ângulo zenital (graus),  $\phi$  = latitude (graus),  $\delta$  = declinação solar (graus e décimos),  $0,39779$  = seno de  $23^{\circ}27'$ ;  $M$  = anomalia média solar (graus),  $NDA$  = número do dia do ano (dia juliano),  $B$  = ângulo abaixo do plano do horizonte ( $6^{\circ}$ ).

Inclinações positivas e significativas na regressão linear ( $F < 0,05$ ) indicam respostas fotoperiódicas típicas de plantas de dia curto, enquanto

inclinações negativas e significativas indicam respostas fotoperiódicas características de plantas de dia longo (FREITAS; MARTINS, 2019; MARTINS *et al.*, 2023).

## Resultados e discussão

O cultivo em campo empregando diferentes DS, permitiu que as plantas se desenvolvessem sob variadas condições meteorológicas ao longo da fase de muda. Tais variações foram cruciais para avaliar as exigências térmicas e fotoperiódicas de *C. speciosa* e *T. rosealba*.

As diferentes condições às quais as espécies foram submetidas permitiu entender as variações na arquitetura de plantas, além de permitir a caracterização do desenvolvimento vegetativo das duas espécies.

Nota-se que a maior diferença na duração entre as DS foi de 71 dias para *T. rosealba* (DS8 e DS4) e de 105 dias para *C. speciosa* (DS8 e DS14). Valores diários de temperatura do ar próximos a  $T_b$  foram percebidos na DS8 ( $T_b = 13,6$  para a *T. rosealba*), que também apresentou a maior duração entre todas as DS (199 dias para a *T. rosealba* e 232 dias para a *C. speciosa*), o que corrobora com a ideia de que esses valores medidos, ao se aproximarem do limiar térmico, influenciaram significativamente a extensão do período de desenvolvimento vegetativo das plantas nessa DS (MARTINS *et al.*, 2023).

Além disso, verifica-se que nenhuma DS registrou temperaturas iguais ou superiores às  $T_b$ s das duas espécies, indicando que esse aspecto não teve impacto no desenvolvimento das mudas, já que, acima desta, o desenvolvimento vegetal cessa (FAGUNDES *et al.*, 2024; FERREIRA *et al.*, 2019).

Já as temperaturas diárias do ar próximas a  $T_{ot}$  foram registradas principalmente na DS4 ( $T_{med} = 21,9$  para ambas as espécies) e DS14 para a *C. speciosa* ( $T_{med} = 22,6$ ). Essas DS apresentaram uma duração menor em comparação com as demais, indicando que a temperatura do ar é a principal variável que influencia o desenvolvimento foliar (Fagundes *et al.*, 2024; FERREIRA *et al.*, 2019; FREITAS; MARTINS, 2019).

Em relação ao graus-dia, as regressões lineares ajustadas entre o NF e GD, calculados pelos seis métodos, apresentaram coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{adj}$ ) superior a 0,837, o que indica uma relação linear entre o número de folhas emitidas e os GD, apontando que a estimativa do filocrono dessa maneira é válida (FREITAS; MARTINS, 2019; MARTINS *et al.*, 2023).

Além disso, os coeficientes angulares das regressões foram significativos ( $Pr < 0,05$ ). Os valores de filocrono variaram entre os seis métodos de GD e

entre as duas espécies, apresentando valores médios entre 153,7 e 223,9 °C dia folha<sup>-1</sup> para a *T. roseoalba* e entre 130,0 e 188,3 °C dia folha<sup>-1</sup> para a *C. speciosa*. Esses resultados indicam uma variabilidade considerável nas exigências térmicas para o desenvolvimento foliar entre os diferentes métodos e espécies, refletindo a complexidade das respostas fenológicas ao ambiente.

Nas duas espécies, o filocrono foi maior com o método 2 (188,3 para a *C. speciosa* e 223,9 para a *T. roseoalba*), enquanto o menor valor foi obtido no método 4 (130,0 para a *C. speciosa* e 153,7 para a *T. roseoalba*).

De acordo com Freitas e Martins (2019), a redução dos valores do filocrono nos métodos 3 e 4, quando foram inseridos as Tot de cada espécie, assim como nos métodos 5 e 6, quando foram inseridos a Tot e a TB, ocorreu devido à diminuição nos valores de GD.

Em praticamente todas as DS esse aspecto foi levado em consideração, especialmente nos períodos mais quentes do ano. Com isso, após a realização do teste de comparação de médias para escolha do melhor método de soma térmica, observou-se que, para as duas espécies, os métodos 3, 4, 5 e 6 não diferiram estatisticamente, ou seja, não há diferença significativa entre os valores médios do filocrono. Isso significa, portanto, que a escolha do melhor método de graus-dia pode ser feita entre esses quatro métodos (3, 4, 5 e 6).

Dessa maneira, optou-se pela escolha do método 5, que considera as temperaturas basais (Tb e TB) e ótima da espécie (Tot). Assim, após selecionar o melhor método de graus-dia, foi determinado o filocrono das espécies nas 14 datas de semeadura, o qual será utilizado em análises posteriores.

Subsequentemente, a variável filocrono foi submetida ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $\alpha=0,05$ ), que revelou que os dados não atenderam ao pressuposto de normalidade, sendo, portanto, transformados pelo logaritmo natural (Ln(x)).

Dessa forma, quanto aos menores valores de filocrono para a *C. speciosa*, esses foram registrados na DS7, enquanto para a *T. roseoalba*, a DS com menor valor foi a DS3. Contudo, em ambos os casos, o menor valor de filocrono não correspondeu a uma menor duração dessas DS no campo, evidenciando que o filocrono é um indicador mais preciso do desenvolvimento das espécies do que dias do calendário civil ou dias após a semeadura (TAZZO *et al.*, 2015).

Por fim, a *T. roseoalba* exibiu o maior valor médio de filocrono (168,49 °C dia.folha<sup>-1</sup>), uma diferença visível em campo, onde sua taxa de emissão era menor.

Em relação ao fotoperíodo, viu-se que ambas as

espécies tiveram duração, em dias, diferentes ao longo dos períodos de semeadura. O mesmo ocorreu para as médias do filocrono, fato que indica influência do fotoperíodo nessas variáveis (MARTINS *et al.*, 2023). Ao realizar o ajuste do filocrono médio em relação ao fotoperíodo médio para *C. speciosa* e *T. roseoalba* (Figura 1 A,B), o resultado revelou que as duas espécies exibem comportamento típico de plantas de dia longo, em que os coeficientes angulares foram negativos (com inclinação negativa) e estatisticamente significativos.

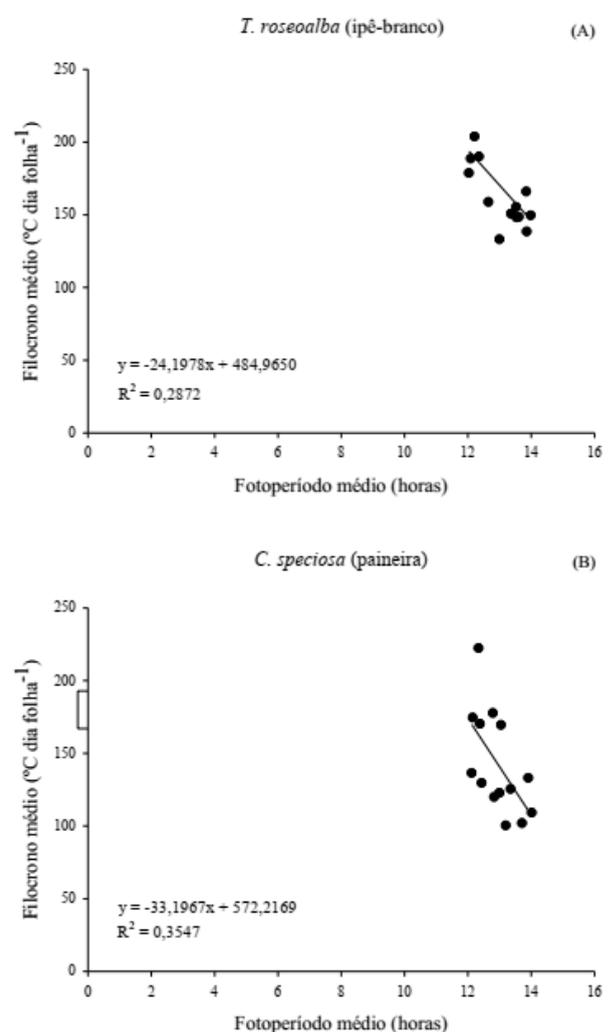


Figura 1 - Relação entre o filocrono médio e fotoperíodo médio em mudas de *C. speciosa* (A) e *T. roseoalba* (B) nas quatorze datas

Assim, este estudo indica que, na região de Itajubá ou em locais de latitudes semelhantes, o desenvolvimento vegetativo da *C. speciosa* e da *T. roseoalba* é mais intenso entre os meses de outubro a

março. Isso porque, durante esse período, que corresponde ao verão na região, o comprimento do dia ultrapassa 12 horas e as temperaturas do ar são mais elevadas. Apesar disso, vale ressaltar que, a sensibilidade ao fotoperíodo parece ocorrer de maneira relativamente independente em diferentes fases de desenvolvimento, e cada genótipo responde de forma distinta ao comprimento do dia.

Por fim, é certo que essas informações são essenciais para aprimorar as técnicas de cultivo e manejo das mudas, pois determinam o período do ano mais propício e as condições ideais de temperatura e luminosidade para o cultivo dessas espécies, garantindo o melhor desenvolvimento das plantas no campo (FREITAS; MARTINS, 2019; MARTINS et al., 2023).

### Conclusões

Os valores de filocrono de *T. roseoalba* e *C. speciosa* são influenciados pelo método de cálculo de GD, sendo o método 5 o mais adequado para descrevê-los, pois considera as três temperaturas cardinais e as compara com a temperatura média do ar.

Além disso, o filocrono médio variou entre as duas espécies e as diferentes DS.

As duas espécies apresentaram desenvolvimento distinto em função das DS, indicando a influência da temperatura do ar e do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo, e demonstraram comportamentos típicos de plantas de dia longo.

### Agradecimentos

À UNIFEI, pelo incentivo, pela concessão da bolsa e pelo financiamento do projeto.

À minha orientadora, Professora Fabrina, pela dedicação, pela confiança e pela atenção.

À Mábele, por toda parceria, ajuda e paciência.

### Referências

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.289-302.

EVARISTO, A.D.P.; DO CARMO, C.C.A.; SANTANA, F.A.; ARÊDES, L.C.; DIAS, J.R.M. NPK, limestone and agricultural gypsum in the production of seedlings of *Ochroma pyramidale*. **Advances in Forestry Science**, v.7, n.4, p.1189-1195, 2020.

FAGUNDES, F. F. A. *et al.* Predicting temperature ranges for the initial development of two native Brazilian tree species using multiple sowing dates. **Forest Ecology and Management**, v. 562, 121912 97, 2024.

FERREIRA, M. C. *et al.*; Cardinal temperatures and thermal requirements for the initial development of two Brazilian native species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00525, 2019.

FREITAS, C. H. de; MARTINS, F. B. Thermal requirements and photoperiod influence in the leaf development of two forest species. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, p. 1–9, 2019.

FREITAS, E.C.S. de; PAIVA, H.N. de; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, S.N. de. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta a adubação fosfatada calagem. **Ciência Florestal**, v.27, n.2, p.509-519, 2017.

KEISLING, T. C. Calculation of the Length of Day 1. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 4, p. 758– 33 759, 1982.

MARTINS F. B. *et al.* Phenological description and thermal time requirements for the seedling phase of three Brazilian native forest species. **Annals of Applied Biology**, v. 184, n.2, 2p. 59–274, 2024.

MARTINS, F. B. *et al.* Thermal and photoperiodic requirements of the seedling stage of three tropical forest species. **Journal of Forestry Research**, v. 34, n. 1, p. 209-220, 2023.

MAURYA, J. P.; BHALERAO, R. P. Photoperiod - and temperature - mediated control of growth cessation and dormancy in trees: a molecular perspective. **Annals of Botany**, v. 120, n. 3, p. 351–360, 2017.

TAZZO, I. F. *et al.* Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira De Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550–558, 2015.