



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE DUAS
ESPÉCIES FLORESTAIS NA FASE DE MUDA**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Larissa Vieira da Silva

Itajubá, MG, Brasil

2018

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS NA FASE DE MUDA

por

Larissa Vieira da Silva

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de
Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal
Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau
de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientador: Fabrina Bolzan Martins

**Itajubá, MG, Brasil
2018**

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

**ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS**

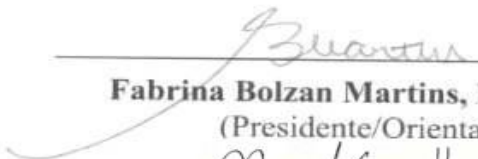
elaborada por

Larissa Vieira da Silva

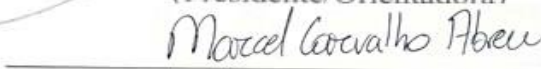
Como requisito parcial para a obtenção do grau de

Bacharel em Ciências Atmosféricas

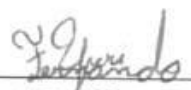
Comissão Examinadora:



Fabrina Bolzan Martins, Dr. (UNIFEI)
(Presidente/Orientadora)



Marcel Carvalho Abreu, Dr. (UFRRJ)



Fernando Yuri da Silva Reis, Bel Gest. Amb. (UNIFEI)

Itajubá, 22 de novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jeová, por me manter sempre no caminho, com fé e determinação. Agradeço a minha orientadora Fabrina pelo aprendizado durante esses anos. Agradeço ao Fernando Yuri, pela dedicação, pelo trabalho árduo e pelo companheirismo durante a condução deste trabalho. Agradeço minha avó Célia, pelas conversas e pelos abraços carinhosos todas as semanas. Agradeço a minha irmã de pais diferentes, Samantha, pela amizade linda que temos, pelo carinho, pelas conversas, pelos livros e amores em comum, por ser alguém que eu admiro, pela empatia, pela sinceridade e acima de tudo pelo cuidado com as pessoas que ama. Agradeço a minha república, Repatroa e todas as meninas, cada uma delas, Michelle, Lia, Lettícia, Larissa e Lara, vocês foram minha segunda família, onde conheci pessoas incríveis, fiz boas amizades, aprendi a tomar café e comer bolo no café da tarde, obrigada pela companhia, pelas risadas, pelo suporte quando precisei.

Agradeço também a minha irmã Alana, por ser a pessoa mais sincera desse universo, por fazer eu questionar e ver muitas coisas além do que eu acredito, por ser a irmã mais chata, mas que eu amo sem medidas. Agradeço também ao amor que meus amigos de patas Cookie, Brasileiro, April e Jimine me proporcionam, o amor de um animalzinho é o amor mais puro que podemos receber, trás felicidade e nos torna pessoas melhores a cada dia. Agradeço ao meu parceiro de todas as horas Fernando, por todo seu apoio e ajuda sempre, por ouvir minhas reclamações, por me incentivar, por fazer eu continuar acreditando e correndo atrás dos meus sonhos sempre, por me acalmar em momentos difíceis, por ser uma das pessoas mais gentis que conheci, por me dar doces e livros e por preparar o melhor café do mundo, por ser meu parceiro, por ser meu amigo, por me fazer feliz todos os dias. Mas principalmente, agradeço aos meus pais, Saulo e Mariceli, pois sem eles, nada, absolutamente nada disso estaria acontecendo, eles são meu exemplo, meus amigos, meu suporte, meu tudo, todas as minhas conquistas eu dedico a eles, obrigada pelo apoio sempre, amo muito vocês.

DEDICO ESTE TRABALHO AOS MEUS PAIS.

“COMPREENDES MEJOR EL SENTIMIENTO CUANDO ESTAS
EN SINTONIA COM LA NATURALEZA.
¡LA RESPIRAS EM TODOS LOS SENTIDOS!”
(JULIO VERNE)

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS

AUTORA: LARISSA VIEIRA DA SILVA
ORIENTADORA: FABRINA BOLZAN MARTINS
Local e Data da Defesa: Itajubá, 22 de novembro de 2018.

A temperatura do ar, juntamente com o fotoperíodo são as variáveis meteorológicas que mais afetam o desenvolvimento de espécies vegetais, atuando principalmente na taxa de emissão de folhas. Este trabalho final de graduação está dividido em dois capítulos, sendo o primeiro com o objetivo de estimar as temperaturas cardinais (T_b , T_{ot} , T_B) para o desenvolvimento vegetativo das duas espécies florestais *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. Var. *leiostachya* Benth (pau-ferro) e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (angico-vermelho), e o segundo com o objetivo de avaliar a resposta de seis métodos de cálculo dos graus-dia e a influência do fotoperíodo na variável filocrono nas mesmas espécies florestais. Instalou-se um experimento a campo, na Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, sob delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×12 , sendo duas espécies florestais e doze épocas de semeadura, com cinco repetições por tratamento. No primeiro capítulo, os valores das temperaturas cardinais para *Caesalpinia ferrea* foram $12,8^{\circ}\text{C}$, $20,7^{\circ}\text{C}$ e $46,3^{\circ}\text{C}$ e para *Anadenanthera macrocarpa* foram $10,3^{\circ}\text{C}$, 23°C e $45,5^{\circ}\text{C}$, o filocrono médio foi de $56,86^{\circ}\text{C.dia.folha}^{-1}$ para a *Caesalpinia ferrea* e de $163^{\circ}\text{C.dia.folha}^{-1}$ para *Anadenanthera macrocarpa*, mostrando que a espécie *Anadenanthera macrocarpa* necessita de maior acúmulo de energia para emitir uma folha na haste principal. No segundo capítulo, verificou-se se o filocrono das respectivas espécies é influenciado pelos métodos de cálculo do graus-dia, sendo o melhor método, aquele que considera as três temperaturas cardinais. Foi verificada também a influência do fotoperíodo nos valores de filocrono, em que os menores valores para as duas espécies concentraram-se em épocas de temperaturas mais elevadas.

Palavras-chave: Espécies Florestais. Fotoperíodo. Temperaturas Cardinais.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- FIGURA 1.1 - Quadrado Médio do Erro (QME) da regressão linear simples entre o número de folhas acumuladas na haste principal e os graus-dia acumulado utilizando vários valores de temperaturas base para o pau-ferro (A) e angico-vermelho(B). Itajubá, MG, 2017/2018.....10
- FIGURA 1.2 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e os graus-dia (GD) acumulado a partir da data de emergência utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de pau-ferro, ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8, ES9, ES10, ES11, ES12. Os dados são de repetições representativas de épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2017/2018.....12
- FIGURA 1.3 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e os graus-dia (GD) acumulado a partir da data de emergência utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de angico-vermelho, ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8, ES9, ES10, ES11, ES12. Os dados são de repetições representativas de épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2017/2018.....13

CAPÍTULO II

- FIGURA 2.1 – Média (coluna) e desvio padrão (linhas, $\pm$) do filocrono ($^{\circ}\text{C dia. folha}^{-1}$) para o pau-ferro (A) e angico-vermelho (B) considerando os seis métodos (M1 a M6) de graus-dia (Gdi, $^{\circ}\text{C dia}$). Itajubá, MG, 2017/2018.....27
- FIGURA 2.2 - Número de folhas na haste principal (NF) e graus-dia acumulados (GD) obtidos com o método 5, utilizado na estimativa do filocrono para o pau-ferro (A) e angico-vermelho (B), em quatro épocas de semeadura (1=ES3; 2=ES6; 3=ES9; 4=ES12). Os painéis são representativos de quatro unidades experimentais em quatro épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2017/2018.....28
- FIGURA 2.3- Relação entre Filocrono médio e fotoperíodo médio para mudas de pau-ferro (A) e angico-vermelho (B) nas doze épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2017/2018.....31

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1.1 - Datas de semeadura, emergência e duração da fase de muda** para cada época para as espécies pau-ferro e angico-vermelho. Itajubá (MG), 2017/2018.....	6
TABELA 1.2 - Duração da fase de muda e caracterização da temperatura do ar durante a condução do experimento para o pau-ferro e angico-vermelho. Itajubá, MG, 2017/2018.....	9
TABELA 1.3 - Médias do filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) para o pau ferro e angico-vermelho nas doze épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2017/2018.....	14

CAPÍTULO II

TABELA 2.1- Caracterização da temperatura do ar e fotoperíodo durante a condução do experimento para o pau-ferro e angico-vermelho e duração de cada época. Itajubá, MG, 2017/2018.....	25
TABELA 2.2 - Médias do filocrono ($^{\circ}\text{C.dia.folha}^{-1}$), calculado pelo método cinco (M5) de graus-dia para o pau-ferro e angico-vermelho na doze épocas semeadura, 2017/2018.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

ANOVA – análise de variância

cv. – cultivar

DV – Desenvolvimento relativo

DFM – Duração da fase de muda

ES1 – época de semeadura 1

ES2 – época de semeadura 2

ES3 – época de semeadura 3

ES4 – época de semeadura 4

ES5 – época de semeadura 5

ES6 – época de semeadura 6

ES7 – época de semeadura 7

ES8 – época de semeadura 8

ES9 – época de semeadura 9

ES10 – época de semeadura 10

ES11 – época de semeadura 11

ES12 – época de semeadura 12

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ES – Época de semeadura

GDi – graus-dia

GD – graus-dia acumulado

N - fotoperíodo

NF – número de folhas emitidas

QME – quadrado médio do erro

R² - Coeficiente de determinação

Syx – Erro padrão de estimativa

Tb – Temperatura basal Inferior

TB – Temperatura basal Superior

Tmax – Temperatura máxima média do ar

Tmed – Temperatura média diária do ar

Tmin – Temperatura mínima média do ar

Tot – Temperatura ótima de desenvolvimento

U.E – Unidade experimental

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1 Descrição do protocolo experimental.....	5
2.2 Estimativa da temperatura basal inferior (Tb).....	7
2.3 Estimativa da temperatura ótima (Tot).....	7
2.4 Estimativa da temperatura basal superior (TB).....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4. CONCLUSÕES.....	15
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO II	
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1 Protocolo experimental.....	23
2.2 Métodos de cálculo de graus-dia e estimativa do filocrono.....	23
2.3 Influência do fotoperíodo.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
3.1 Métodos de graus-dia e filocrono.....	26
3.2 Influência do fotoperíodo.....	30
4. CONCLUSÕES.....	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
REFERÊNCIAS GERAIS.....	34

INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento de espécies florestais varia em função de sua sensibilidade a condições ambientais, dentre os quais, os fatores que mais influenciam são temperatura do ar (FREITAS et al., 2017) e o fotoperíodo (MARCON et al., 2015). Estudos que avaliam esses fatores no desenvolvimento vegetativo de espécies florestais contribuem de diversas formas para melhoria na produção de mudas, no estabelecimento das mudas no campo (MARTINS et al., 2007), na escolha de espécies mais adaptadas às condições climáticas do local de cultivo, que por sua vez garantem a otimização de estratégias de manejo (FORTUNATO e QUIRINO, 2016) e a viabilização de projetos florestais (BALDIN et al., 2015).

Segundo Abreu et al. (2015), há um aumento na procura por mudas de espécies arbóreas, devido a crescente preocupação com a qualidade ambiental, com a conservação dos recursos, como também o avanço de projetos de arborização urbana (NASCIMENTO et al., 2012) e aumento das exigências legais (CHAVES et al., 2015).

Espécies como o pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. Var. *leiostachya* Benth) e angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) são descritas na literatura como potencialmente promissoras, visto que se destacam por apresentar alta durabilidade natural, boa regeneração em florestas, ampla dispersão e rápido crescimento (ROSSA et al., 2015; BIRUEL; PAULA; AGUIAR, 2010; BALDIN et al., 2015).

A *Caesalpinia ferrea* é uma espécie arbórea, nativa da Mata Atlântica (CAVALHEIRO et al., 2009), de ampla dispersão e baixa densidade populacional (LORENZI, 2002). Seus troncos são lisos e escuros, podendo atingir até 30 metros de altura, com elevada densidade e durabilidade natural, o que a torna uma espécie atrativa para arborização de parques e praças, para o mercado madeireiro, como também para reflorestamentos destinados a recuperação de áreas degradadas (BIRUEL; PAULA; AGUIAR, 2010). Os frutos são leguminosos, de coloração preto-avermelhados, muito utilizados na medicina popular, como analgésicos, anti-inflamatórios, cicatrizantes e antimicrobianos (LENHARD et al., 2013; PEREIRA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2010). Além disso, na região nordeste do Brasil, a espécie é utilizada como forrageira durante os períodos de seca (NASCIMENTO et al., 2002).

Já o angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) é descrito como a espécie arbórea de maior abrangência geográfica, ocorrendo desde o norte da Argentina até o nordeste do Brasil e sul da Bolívia (DIAS et al., 2012). Apresenta crescimento de moderado a rápido, indiferentemente em solos secos ou úmidos, sendo tolerante a variação de textura. Possui madeira robusta, de alta densidade e durabilidade natural, podendo atingir até 20 m de

altura, o que torna espécie interessante para aproveitamento em recuperação de áreas degradadas, produção de carvão, lenha de alta qualidade e construção civil (DIAS et al., 2012). A espécie também é amplamente utilizada em tratos medicinais, principalmente em afecções respiratórias e inflamações, além de possuir significativa atividade antioxidante (DIAS, 2011).

Apesar da importância, são escassas informações a respeito da fenologia de espécies florestais, em razão da ampla diversidade de espécies existentes (TURCHETTO et al., 2016) e da dificuldade em realizar estes estudos em espécies perenes, como as deste estudo. Diante deste contexto, este trabalho final de graduação (TFG) teve como objetivo geral avaliar o desenvolvimento vegetativo de duas espécies florestais, com ênfase nas variáveis ambientais temperatura do ar e fotoperíodo. O TFG está dividido em dois capítulos: o capítulo I teve como objetivo estimar as temperaturas cardinais, para o desenvolvimento vegetativo das duas espécies florestais pau-ferro e do angico-vermelho; capítulo II teve como objetivo avaliar a resposta de seis métodos de cálculo dos graus-dia e identificar a influência do fotoperíodo na variável filocrono.

Capítulo I - Estimativa das temperaturas cardinais para o desenvolvimento vegetativo de duas espécies florestais

1. INTRODUÇÃO

Os processos metabólicos das espécies florestais são altamente dependentes da temperatura do ar, uma vez que é reguladora das reações fotoquímicas e bioquímicas da fotossíntese (TAIZ et al., 2018), influenciando também o transporte e translocação de solutos e o balanço entre a transpiração e o consumo de água no solo (CALLEJAS et al., 2014; FREITAS et al., 2017). Por sua vez, estes processos refletem no desenvolvimento vegetativo (DV), como a germinação (CARVALHO e CHRISTOFFOLETI, 2007) e a taxa de emissão de folhas (ERPEN et al., 2013; SOUZA e MARTINS, 2014), e no desenvolvimento reprodutivo (DR), como florescimento, frutificação e maturação influenciando no rendimento e na produtividade (FAGUNDES et al., 2010). Aliado a isso, sabe-se que a temperatura do ar possui grande variabilidade espacial e temporal, especialmente em Minas Gerais (GARCIA et al., 2018; REBOITA et al., 2015). A região sul de Minas Gerais é caracterizada pelas maiores amplitudes entre a temperatura máxima e mínima do estado, sendo a principal responsável pela variação nos processos desencadeados por ela, sendo fundamental a realização de estudos nessa região.

A metodologia mais usual para descrever o efeito da temperatura do ar sobre o DV e DR é através da variável graus-dia ($^{\circ}\text{C}$ dia) (LAGO et al., 2009; MARCON et al., 2015), que representa o acúmulo diário de energia, dentro dos quais há o desenvolvimento das plantas (FREITAS et al., 2017). Estes são delimitados pelas temperaturas cardinais denominadas temperatura basal inferior (T_b), ótima (T_{ot}) e basal superior (T_B) (SOUZA e MARTINS, 2014; MAIA et al., 2017), as quais variam entre espécies, cultivares e variedades (LAGO et al., 2009) e também variam em função do subperíodo de desenvolvimento (STRECK et al., 2007).

As T_b e T_B representam, respectivamente, as temperaturas abaixo e acima das quais os processos metabólicos da planta são paralisados, limiar em que o desenvolvimento é nulo ou desprezível para fins de cálculo (SOUZA e MARTINS, 2014). Enquanto a T_{ot} representa a temperatura em que ocorre o máximo desenvolvimento. As plantas tendem a se adaptar a mudanças no ambiente, regulando seu crescimento e desenvolvimento (MIZUTANI e KANAOKA, 2018). Nesse sentido, as plantas desenvolveram diversos mecanismos de proteção que permitem sobreviver em condições ambientais desfavoráveis, em que sob condições de estresse, como sob condições severas de luz e temperatura, o conteúdo de antioxidantes de baixo peso molecular, tende a diminuir. Já para maior exposição a condições desfavoráveis de

luz e temperatura, o conteúdo de antioxidantes aumenta gradualmente como resultado da aclimação (SZYMAŃSKA et al., 2017)

Em geral, as temperaturas cardinais são determinadas por métodos estatísticos com base em observações fenológicas e da temperatura média do ar (LAGO et al., 2009; SOUZA e MARTINS, 2014). Para a estimativa T_b há uma variedade de metodologias, sendo uma das mais utilizadas a do menor valor do quadrado médio do erro (QME) pela sua praticidade e simplicidade (SINCLAIR et al., 2004; DE PAULA e STRECK, 2008; FREITAS et al., 2017), sendo necessário que as plantas sejam expostas a condições de temperaturas amenas, as quais ocorrem durante o outono/inverno (GARCIA et al., 2018). Para a T_{ot} , as plantas devem ser submetidas às condições ideais de desenvolvimento, que geralmente são obtidas somente em câmaras de crescimento (SOLTANI e SINCLAIR, 2012), dificultando a praticidade da estimativa da T_{ot} . Dessa forma, têm-se utilizado para esse fim a metodologia proposta por Lisboa et al., (2012). Quanto a T_b , geralmente seus valores são elevados e não são atingidos durante o desenvolvimento no campo. Ainda assim, para a sua estimativa é necessário que as plantas sejam expostas a temperaturas mais elevadas em que ocorra menor DV e DR (FREITAS et al., 2017).

O conhecimento das temperaturas cardinais é fundamental para o sucesso dos programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, pois permite a escolha de espécies mais adaptadas às condições climáticas do local de cultivo, a produção de mudas de melhor qualidade, garantindo o estabelecimento das mesmas no campo (FERREIRA et al., 2018). Além disso, são valores utilizados em modelos de DV e DR, e em modelos de simulação dos impactos das mudanças climáticas (STRECK et al., 2013)

Encontram-se na literatura diversos estudos dessa natureza para culturas de interesse agrícolas como manga (CALLEJAS, 2014), milho (STRECK et al., 2009), cana de açúcar (SINCLAIR et al., 2004), champignon (FIGUEREDO e DIAS, 2014), melancia (LUCAS et al., 2012), café (LIMA e SILVA, 2008), caju (MATOS et al., 2014), batata doce (ERPEN et al., 2013) e plantas daninhas como papuã e corriola (PAULA e STRECK, 2008). Entretanto, há poucos estudos para culturas perenes e os poucos existentes são para espécies de alto valor comercial como o eucalipto (FREITAS et al., 2017; MARTINS et al., 2007) e oliveira (MARTINS et al., 2012; SOUZA e MARTINS, 2014). Nesse sentido, espécies florestais nativas como o pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. Var. *leiostachya* Benth) e angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) apresentam alta potencialidade, visto que se destacam pela durabilidade natural, ampla dispersão, boa regeneração, elevada adaptabilidade, rápido crescimento além de multiplicidade de uso (ROSSA et al., 2015;

BIRUEL; PAULA; AGUIAR, 2010 ;BALDIN et al., 2015; DIAS et al.,2012). Por esses motivos, justifica a realização de estudos desta natureza para ambas as espécies.

Portanto, o primeiro capítulo deste TFG teve como objetivo estimar as temperaturas cardinais (Tb, Tot e TB) para o desenvolvimento vegetativo das espécies *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. Var. *leiostachya* Benth e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan durante a fase de muda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este experimento, foram utilizadas sementes de diversas matrizes no Horto Florestal Anhumas, localizado no município de Itajubá (MG). A coleta e armazenamento seguiram as recomendações de EMBRAPA (2001), a fim de garantir maior tempo de conservação e viabilidade.

Previamente à instalação do experimento, foram realizados testes de quebra de dormência visando acelerar o tempo de emergência das sementes. Para o pau-ferro foram testadas como quebra de dormência a escarificação química e escarificação mecânica, e para o angico-vermelho foram testadas a escarificação mecânica (com lixa); escarificação mecânica e imersão em água por 24 horas; imersão em água por 24 horas; imersão em água a 70°C e controle natural (não aplicação de métodos de quebra de dormência). Os dois substratos utilizados foram areia e o condicionador de solo Bioplant®.

Para o pau-ferro a maior velocidade de emergência ocorreu pela escarificação mecânica com lixa no substrato areia, enquanto que para o angico-vermelho ocorreu sem a quebra de dormência e no substrato Bioplant®.

2.1 Descrição do protocolo experimental

O experimento foi conduzido a campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá (latitude: 22°24'46.43" S; longitude: 45°26'48.94" O; 850 m de altitude), em Itajubá (MG), durante os anos agrícolas de 2017 e 2018. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Cwa, tropical de altitude, caracterizado verões quentes e chuvosos, e invernos secos (REBOITA et al., 2015).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial (2 x 12), sendo duas espécies florestais: pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) e angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), doze épocas de semeadura, com cinco repetições por tratamento, totalizado 120 unidades experimentais (UE).

As épocas de semeadura (ES) foram instaladas de 30 em 30 dias, a fim de que as plantas fossem expostas a diferentes condições meteorológicas durante seu desenvolvimento (SOUZA e MARTINS, 2014; FREITAS et al., 2017). A semeadura foi realizada através do método direto e após as UE atingirem 50% de emergência (Tabela 1.1), realizou-se o raleio conforme recomendações de Souza e Martins (2014) e Freitas, Martins e Abreu (2017).

Tabela 1.1 - Datas de semeadura, emergência e duração da fase de muda** para cada época para as espécies pau-ferro e angico-vermelho. Itajubá (MG), 2017/2018.

Épocas de Semeadura	Datas de Semeadura	pau-ferro	angico-vermelho
		Emergência	Emergência
ES1	20/01/2017	10/02/2017	10/02/2017
ES2	20/02/2017	03/03/2017	03/03/2017
ES3	20/03/2017	31/03/2017	31/03/2017
ES4	20/04/2017	05/05/2017	28/04/2017
ES5	19/05/2017	02/06/2017	02/06/2017
ES6	20/06/2017	14/07/2017	07/07/2017
ES7	20/07/2017	18/08/2017	04/08/2017
ES8	21/08/2017	15/09/2017	01/09/2017
ES9	20/09/2017	13/10/2017	06/10/2017
ES10	20/10/2017	10/11/2017	03/11/2017
ES11	20/11/2017	08/12/2017	15/12/2017
ES12	20/12/2017	19/01/2018	19/01/2018

*Emergência foi considerada o dia em que se contabiliza 50% de germinação, que delimita o início (i) de cada época de semeadura.

Cada UE foi composta por vaso de polietileno de 8 litros (23 cm de altura, 24 cm de diâmetro superior e 20 diâmetro inferior), com as paredes externas e internas pintadas de branco, para evitar o aumento da temperatura do substrato pela absorção de radiação solar.

Os vasos foram preenchidos com o horizonte A moderado de um Latossolo Vermelho distrófico típico, coletado em Itajubá, MG, que após análises laboratoriais verificou-se que possuía acidez elevada (pH em H₂O = 5), baixa quantidade de cálcio e magnésio tarocáveis (respectivamente 0,16 e 0 cmol_c/dm³), baixos teores de fosforo, potássio, cálcio e magnésio, enquanto os teores de cobre, ferro, manganês e zinco foram considerados altos. Para correção da acidez e diminuição do teor de Al³⁺ foram adicionadas em cada U.E 17,63 gramas de carbonato de cálcio e 5,88 gramas de carbonato de magnésio. As deficiências nutricionais relacionadas aos macronutrientes foram corrigidas pela adição de superfosfato simples (8,86 gramas 18%), cloreto de potássio (1,52 gramas 60%) e sulfato de amônia (2,28 gramas). As considerações e os cálculos para a correção do solo seguiram a recomendação proposta pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

O DV foi quantificado através do número de folhas emitidas na haste principal (NF) durante a fase de muda (DFM). Para a definição da DFM para o pau-ferro, seguiu a metodologia de Martins et al., (2007) e Abreu et al., (2015), contabilizando desde a emergência até, em média, 20 NF. No entanto, para o angico-vermelho, foi utilizado o patamar de 12 NF, o qual é o ideal para a comercialização de mudas desta espécie (MACEDO, 1993) e reflete, em média, 40 cm de altura.

Os dados de temperatura do ar foram obtidos através da estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá, localizada na área experimental.

Pela recomendação de Freitas et al., (2017) foram utilizadas para a estimativa da Tb as ES que possuem os menores valores de temperatura do ar e ao mesmo tempo maior DFM, para a TB foram utilizadas as duas ES com maiores valores de Tmed e ao mesmo tempo maior DFM. Já para a estimativa da Tot foram utilizadas as doze ES.

2.2. Estimativa da Temperatura basal inferior (Tb)

Para a estimativa da Tb utilizou a metodologia do QME (SINCLAIR et al., 2004). Para cada espécie e quatro ES foram ajustadas regressões lineares simples entre o NF e o graus-dia acumulados (GD, °C. dia), dado por:

$$GD = \sum_{i=1}^n (T_{med} - T_b), T_{med} \leq T_b, \text{ então } T_{med} = T_b \quad (1)$$

Em que: T_{med} = temperatura média diária do ar, obtida pela média aritmética das temperaturas horárias da estação meteorológica automática (°C); T_b = temperatura basal inferior (°C); i = data de emergência (Tabela 1.1); e n é a data do término da fase de muda (Tabela 1.1). Para o cálculo do GD, utilizou-se uma série de T_b 's que variavam de 0 a 20°C, a intervalos de 0,5°C (LUCAS et al., 2012; SINCLAIR et al., 2004).

O valor da T_b , para cada época, foi aquele que apresentou o menor valor de QME das regressões lineares, enquanto o valor da T_b , para cada espécie, foi obtido pela média aritmética dos valores de T_b encontrados nas diferentes épocas (FREITAS et al., 2017).

2.3. Estimativa da temperatura ótima (Tot)

Para a estimativa da Tot utilizou o método proposto por Lisboa et al.,(2012), baseado na média da temperatura do ar daquelas ES que apresentam maior DV. Para isso, primeiramente determinou-se, para cada espécie, ES e U.E, o inverso do coeficiente angular (α), denominado

filocrono, da regressão linear entre o NF e o GD a partir da data de emergência (PAULA e STRECK, 2008; FREITAS et al., 2017) (equação 2). No cálculo do GD foi considerado o valor de Tb estimado pelo QME.

$$NF = a \cdot GD + b \quad (2)$$

Posteriormente, foi realizada a verificação de normalidade dos dados de filocrono através do teste de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0,05$). Os dados que não seguiram a normalidade foram transformados em $\ln(x)$ (FREITAS et al., 2017). Os valores do filocrono foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para avaliar o efeito das fontes de variação (espécies e ES) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). Com esses passos é possível detectar a ES que apresenta menor filocrono e indica o maior DV (MARTINS; SILVA; STRECK, 2007; ROSA et al., 2009; LISBOA et al., 2012; FREITAS et al., 2017). Todos os testes foram realizados no software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

2.4. Estimativa da temperatura basal superior (TB)

Para a estimativa da TB foi utilizada a metodologia proposta por Ometto (1981), modificada por Lima e Silva (2008) e utilizada por Freitas et al., (2017). Neste método o valor de TB é fornecido indiretamente através de dois casos (I e II):

Caso I: $TB > T_{med} > T_b$

$$A = N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - N_2 \cdot TM_2 \cdot T_{m1} \quad (3)$$

$$B = -N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot TM_1 \cdot T_{m2} \quad (4)$$

$$C = (-TM_1 + T_{m1}) \cdot (-TM_2 + T_{m2}) \quad (5)$$

$$D = N_1 \cdot T_{m2}^2 \cdot N_2 - 2 \cdot T_{m2} \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot T_b - T_{m2} \cdot T_{m2} \cdot N_1^2 \quad (6)$$

$$E = -T_{m2} \cdot TM_1 \cdot N_1^2 + N_2^2 \cdot TM_1 \cdot T_{m2} - T_{m1} \cdot N_2^2 \cdot T_{m2} + 2 \cdot T_{m2} \cdot N_1^2 \cdot T_b \quad (7)$$

$$F = T_{m1} \cdot N_1^2 \cdot TM_2 - 2 \cdot N_2^2 \cdot TM_1 \cdot T_b - 2 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 \cdot T_b \quad (8)$$

$$G = TM_1 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 + TM_1^2 \cdot N_2 \cdot N_1 - 2 \cdot T_{m1} \cdot N_2 \cdot N_1 \cdot T_b \quad (9)$$

$$H = 2 \cdot T_{m1} \cdot N_2^2 \cdot T_b + 2 \cdot N_1 \cdot TM_2 \cdot N_2 \cdot T_b + 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot N_1 \cdot T_b \quad (10)$$

$$I = -2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot N_1 \cdot TM_2 + N_2^2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - T_{m1} \cdot N_2^2 \cdot TM_2 \quad (11)$$

$$J = -N_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot T_{m2} + N_2 \cdot TM_1 - N_2 \cdot T_{m1} \quad (12)$$

$$TB = \frac{A + B \pm \sqrt{C \cdot (D + E + F + G + H + I)}}{J} \quad (13)$$

Em que: N_1 e N_2 = número de dias de duração da fase de muda; TM_1 e TM_2 = temperaturas máximas do ar (°C); Tm_1 e Tm_2 = temperaturas mínimas do ar (°C); 1 e 2 = épocas de semeadura com maiores valores de temperatura média do ar.

Caso II: $TB > Tb > Tmed$

$$A = -N_1 \cdot Tb \cdot TM_2 + N_1 \cdot Tb \cdot Tm_2 + N_2 \cdot TM_1 \cdot Tb \quad (14)$$

$$B = -N_2 \cdot Tm_1 \cdot Tb - 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + 2 \cdot N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 \quad (15)$$

$$C = 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 \quad (16)$$

$$D = N_1 \cdot TM_2 - N_1 \cdot Tm_2 - N_2 \cdot TM_1 + N_2 \cdot Tm_1 \quad (17)$$

$$TB = \frac{(A + B + C)}{D} \quad (18)$$

Em que: N_1 e N_2 são as durações de cada época de semeadura; TM_1 e TM_2 são as temperaturas máximas das duas épocas e Tm_1 e Tm_2 , as temperaturas mínimas das épocas de semeadura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento as duas espécies foram submetidas a significativas variações de temperatura (Tabela 1.2). Os valores oscilaram entre 34,6°C, máximo absoluto (observados durante ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8), e 3,6°C, mínimo absoluto (observado nas ES2, ES3, ES4, ES5, ES6), o que é necessário neste tipo de estudo. Tais variações permitem que a planta se desenvolva de forma diferenciada, permitindo maior confiabilidade na estimativa das temperaturas cardinais (SOUZA e MARTINS, 2014; ROSA et al., 2009; FERREIRA et al., 2018).

Adicionalmente, os valores de $Tmed$ obtido entre as ES (17,9°C – 23,5°C) estão em acordo com a climatologia da região sul de MG (entre $\approx 17^\circ\text{C}$ e $\approx 24^\circ\text{C}$), assim como a média de $Tmax$ (entre $\approx 25^\circ\text{C}$ e $\approx 30^\circ\text{C}$) e média de $Tmin$ (entre $\approx 10^\circ\text{C}$ e $\approx 15^\circ\text{C}$) (Tabela 1.2) (GARCIA et al., 2018; REBOITA et al., 2015).

Tabela 1.2 – Duração da fase de muda e caracterização da temperatura do ar durante a condução do experimento para o pau-ferro e angico-vermelho. Itajubá, MG, 2017/2018.

Épocas	pau-ferro				angico-vermelho			
	Duração*	Temperatura (°C)**			Duração*	Temperatura (°C)**		
		Tmed	Tmax	Tmin		Tmed	Tmax	Tmin
ES1	119	21,1 (±2,67)	27,6 (±3,03)	15,6 (±2,51)	84	21,9 (±2,35)	28,3 (±2,70)	16,3 (±2,16)
ES2	168	18,2 (±2,85)	25,5 (±2,87)	12,5 (±3,64)	245	19,0 (±2,89)	26,5 (±3,30)	12,8 (±3,50)
ES3	231	18,7 (±2,81)	26,3 (±3,28)	12,6 (±3,37)	266	19,2 (±2,95)	26,6 (±3,27)	13,2 (±3,62)
ES4	168	17,9 (±2,78)	26,0 (±3,55)	11,4 (±2,98)	259	19,3 (±3,08)	26,6 (±3,39)	13,4 (±3,83)
ES5	154	18,3 (±3,10)	26,4 (±3,61)	11,6 (±3,46)	252	19,9 (±3,30)	27,3 (±3,50)	13,9 (±4,16)
ES6	154	19,9 (±2,93)	27,6 (±3,34)	13,6 (±3,75)	238	20,8 (±3,01)	28,1 (±3,38)	14,9 (±3,99)
ES7	105	20,8 (±2,08)	28,3 (±3,13)	14,4 (±3,07)	196	21,4 (±2,31)	28,6 (±3,14)	15,6 (±3,41)
ES8	112	21,9 (±1,60)	28,9 (±2,82)	16,0 (±2,59)	112	21,6 (±1,75)	28,8 (±2,76)	15,4 (±2,88)
ES9	161	22,7 (±1,43)	29,5 (±2,86)	17,8 (±1,83)	84	22,3 (±1,43)	28,8 (±2,75)	17,0 (±1,84)
ES10	70	22,4 (±1,44)	28,6 (±2,59)	17,4 (±2,02)	105	22,5 (±1,41)	29,0 (±2,74)	17,7 (±1,94)
ES11	77	22,9 (±1,29)	29,7 (±2,59)	18,1 (±1,66)	84	23,0 (±1,33)	29,9 (±2,80)	18,3 (±1,56)
ES12	77	23,3 (±1,15)	31,0 (±2,22)	18,4 (±1,33)	63	23,5 (±1,04)	31,0 (±2,43)	18,6 (±1,26)

*Período correspondente a duração, em dias do calendário civil, desde a data de emergência quando houve a germinação de 50% das sementes, e término da fase de muda, considerando o dia em que cada época atingiu, em média, 20 folhas acumuladas na haste principal para o pau-ferro e 12 folhas para o angico-vermelho. **Valores obtidos pelas médias da temperatura média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) do ar e $\pm$ desvio padrão.

A exposição a diferentes condições meteorológicas durante as ES influenciou a DFM, onde se observou uma relação inversa entre temperatura do ar e DFM, mesma tendência constatada em estudos com espécies perenes, como Souza e Martins (2014) para as cv. de oliveira Grappolo e MGS Mariense, Ferreira et al., (2018) para o pau viola (*Citharexylum myrianthum* Cham.) e urucum (*Bixa orellana* L.), e Freitas et al., (2017), para duas espécies de eucalipto.

Para o pau ferro, as ES2, ES3, ES4 e ES5 apresentaram maior DFM e menores valores de temperaturas do ar, sendo as épocas escolhidas para estimativa da Tb. Já para o angico-vermelho, além das ES2, ES3, ES4 e ES5, considerou-se também a ES6, uma vez que apresentou grande DFM (238 dias). Por outro lado, as épocas ES8 e ES9, para o pau-ferro, e ES7 e ES8 para o angico-vermelho apresentaram elevada DFM e ocorreu em condições de alta

temperatura média do ar, sendo as duas ES escolhidas para a estimativa da TB, seguindo as recomendações de FREITAS et al., (2017) e FERREIRA et al., (2018).

Na estimativa da Tb, todas as regressões entre o NF e GD para ambas as espécies tiveram valores de coeficiente de ajuste (R^2) elevados ($\geq 0,9623$ para o pau ferro e $\geq 0,9618$ para o angico-vermelho), QME baixos, (menores que 0,9785 para o pau-ferro e 0,3992 para o angico-vermelho) (Figura 1.1) e α significativos ($p \leq 0,05$), sendo características desejáveis à estimativa da Tb (MARTINS et al., 2012; FREITAS et al., 2017).

Houve pequena variação entre os valores de Tb estimados para o pau-ferro (Figura 1.1 A). Na ES2, o menor valor que QME (0,4182) foi para a Tb de 11°C, na ES3 (0,1441) foi para a Tb de 14°C, na ES4 (0,8684) foi para a Tb de 13,5°C na ES5 (0,9785) foi para a Tb de 12,5°C. Já para o angico-vermelho (Figura 1.1B) houve grande variação entre os valores de Tb estimados, mesma tendência observada por Lucas et al., (2012) e Freitas et al., (2017). Nas ES2 (QME = 0,3285) e ES5 (QME = 0,3992) os menores valores de QME corresponderam a de 0°C, o que não é considerado realístico (Lago et al., 2009), sendo desconsideradas no valor da Tb do angico-vermelho. Ainda para o angico-vermelho, os menores valores de QME nas ES3 (QME = 0,1370), ES4 (QME = 0,2474) e ES6 (QME = 0,2774) foram encontrados para as Tb's de 11,5°C, 13°C e 6,5°C, respectivamente. Deste modo, o valor final da Tb para o pau ferro foi de 12,8°C, os quais foram obtidos pelas médias aritméticas das ES2, ES3, ES4 e ES5; e do angico-vermelho foi de 10,3°C, obtido pelas ES3, ES4 e ES6.

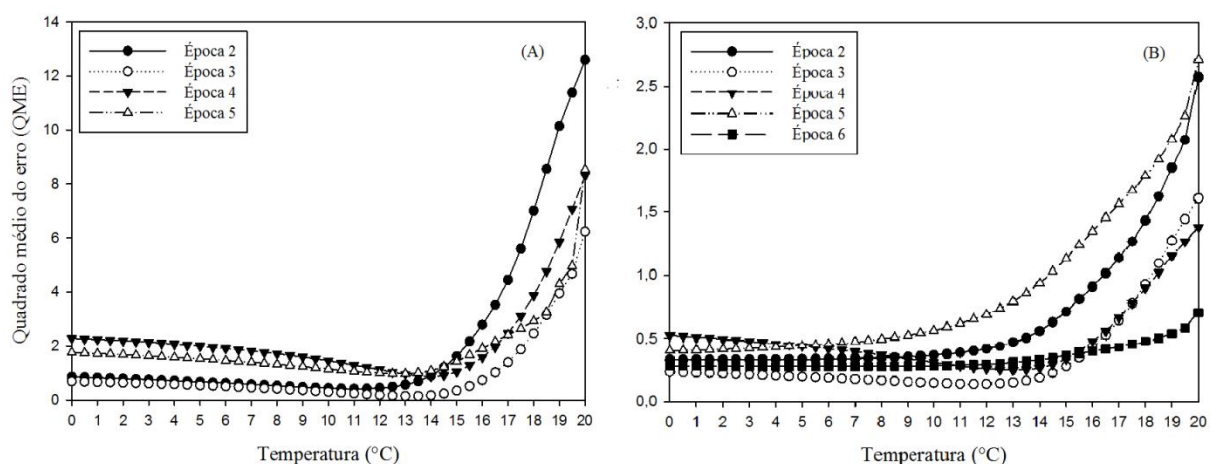


Figura 1.1 - Quadrado Médio do Erro (QME) da regressão linear simples entre o número de folhas acumuladas na haste principal e os graus-dia acumulados, utilizando valores de temperatura base variando entre 0°C a 20°C, para o pau-ferro (A) e angico-vermelho(B). Itajubá, MG, 2017/2018.

Os valores de Tb apresentam diferenças entre espécies, genótipos da mesma espécie e também podem variar em função do estágio de desenvolvimento em que as plantas se

encontram (YANG et al., 1995, LAGO et al., 2009, FERREIRA et al., 2018). Os valores de Tb estimados para a fase de muda do pau ferro (12,8 °C) e angico-vermelho (10,3 °C) foram próximos a valores encontrados em outros estudos considerando culturas semi-perenes e perenes originárias de locais de clima tropical, como as deste estudo. Como exemplo, a bananeira (10°C) (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010), *Eucalyptus urophylla* (11,5°C) (FREITAS; MARTINS; ABREU, 2017), cultivares de cafeeiro ‘Acaiá Cerrado MG-1474’ e ‘Rubi MG-1192’ (12,9°C) (LIMA; SILVA, 2008), mangueira (10,6°C) (CALLEJAS et al., 2014), cajueiro-anão Faga-11 (10°C) (MATOS et al., 2014), urucum (*Bixa orellana* L. 12°C), pau viola (*Citharexylum myrianthum* Cham 11,4°C) (FERREIRA, et al., 2018) e também para culturas perenes de clima temperado como a oliveira cv. MGSASC 315 (11,0°C) (MARTINS; et al., 2012).

Já a Tot de ambas as espécies foram obtidas através de regressões lineares entre o NF e GD, considerando as Tb's estimadas previamente. As regressões apresentaram coeficiente de ajuste (R^2) elevado ($\geq 0,8401$ para o pau-ferro e $\geq 0,7639$ para o angico-vermelho) demonstrando a linearidade entre a emissão de folhas e a temperatura do ar (Figuras 1.2 e 1.3). Além disso, indica que a temperatura do ar influencia fortemente o NF em ambas as espécies e a Tot pode ser estimada através da metodologia proposta por Lisboa et al. (2012).

Os valores de filocrono não foram normais pelo teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), sendo necessária a transformação através do $\ln(x)$, conforme recomendação de Freitas et al., (2017). Os resultados da ANOVA indicaram interação significativa entre as fontes de variação espécie e ES ($p \leq 0,05$). Os valores médios de filocrono encontrados para as duas espécies florestais (Tabela 1.3), representam na prática, a quantidade de energia necessária para a emissão de 1 folha na haste principal, e foram de 56,86 °C dia folha⁻¹ ($\pm 17,64$) para o pau-ferro e 163,76°C dia folha⁻¹ ($\pm 54,62$) para o angico-vermelho. Tal diferença mostra que é necessário um acúmulo energético maior no DV do angico-vermelho em relação ao DV do pau ferro. Na prática, essa informação é corroborada com as medidas no campo em que, exceto nas ES1, ES8, ES9 e ES12, houve um desenvolvimento mais lento e maior DFM no angico-vermelho quando comparado ao pau ferro (Tabela 1.2).

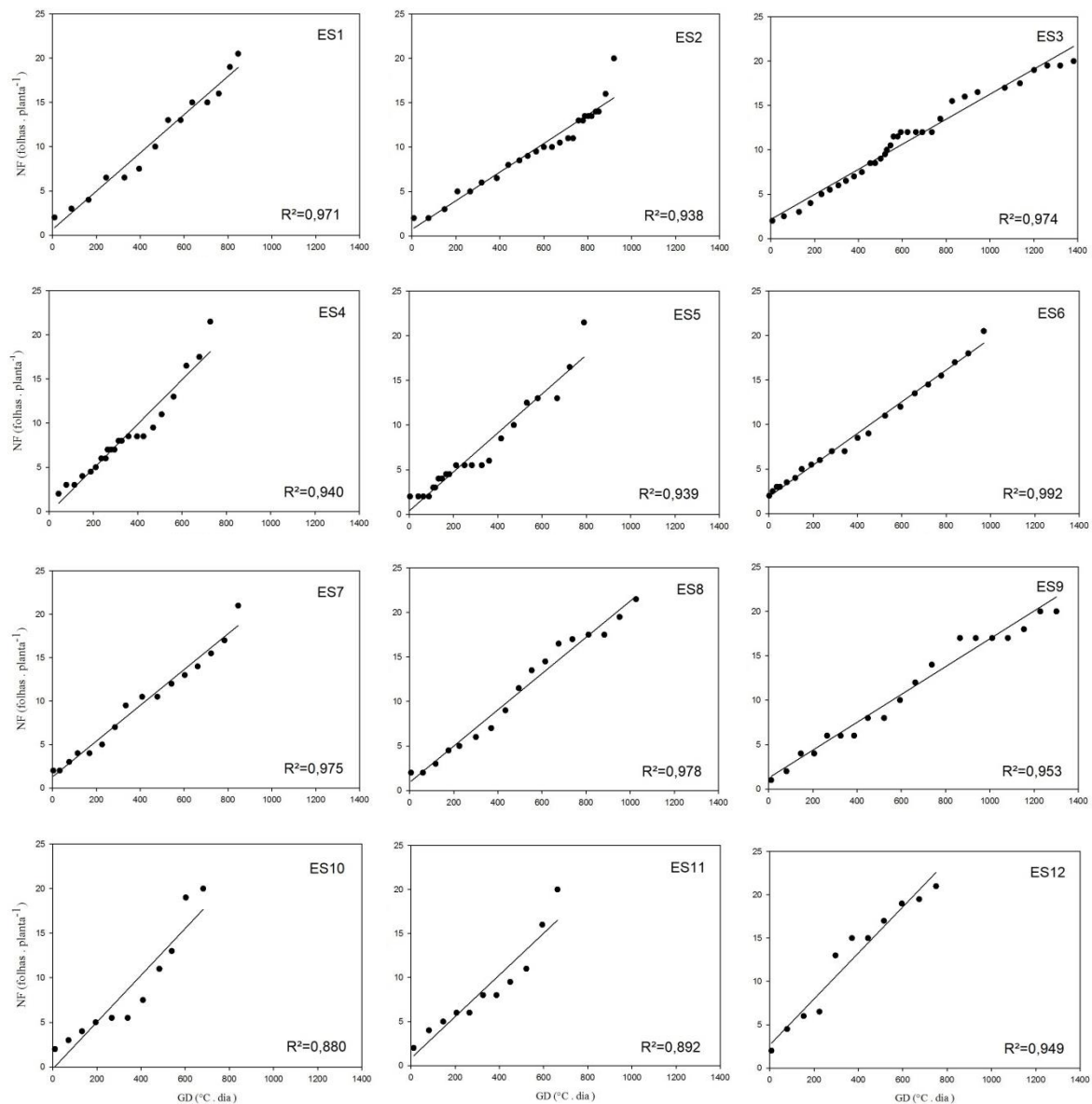


Figura 1.2 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e os graus-dia (GD) acumulado a partir da data de emergência utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de pau-ferro. Os dados são de unidades experimentais representativas das doze épocas de semeadura - ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8, ES9, ES10, ES11, ES12. Itajubá, MG, 2017/2018.

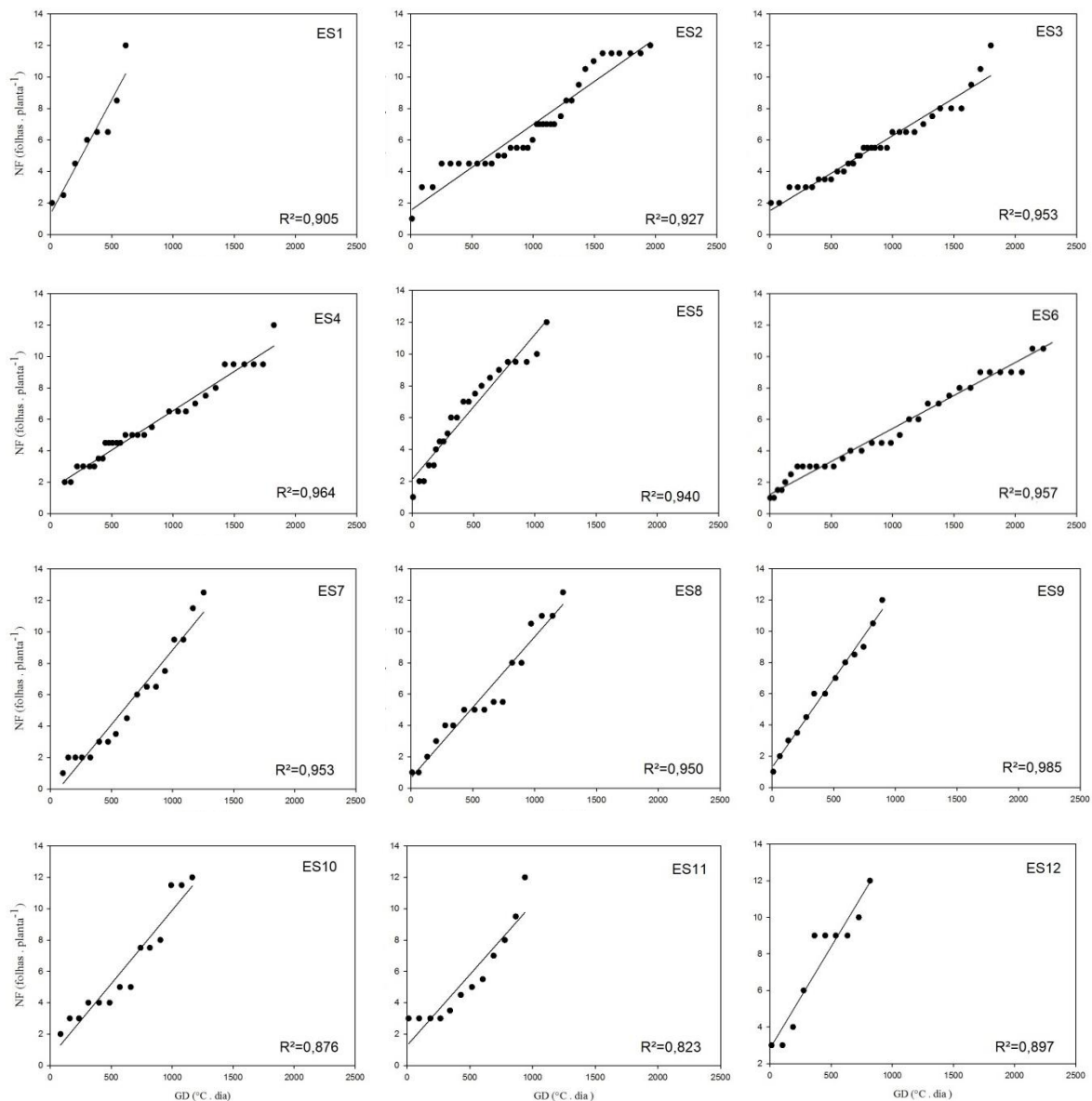


Figura 1.3 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e os graus-dia (GD) acumulado a partir da data de emergência utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de angico-vermelho. Os dados são de unidades experimentais representativas de doze épocas de semeadura - ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8, ES9, ES10, ES11, ES12. Itajubá, MG, 2017/2018.

Para o pau ferro, exceto as ES3 ($76,56^{\circ}\text{C dia. folha}^{-1}$) e ES9 ($101,26^{\circ}\text{C dia. folha}^{-1}$), as demais apresentaram menor valor de filocrono e maior DV, sendo as épocas utilizadas para a estimativa da Tot. Para o angico-vermelho as ES utilizadas para a estimativa da Tot foram ES9 ($91,58^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$) e ES12 ($85,06^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$), uma vez que apresentaram os menores valores de filocrono e maior DV (Tabela 1.3). Desta forma, a Tot estimada para o pau ferro é de $20,7^{\circ}\text{C}$ e para o angico-vermelho é de 23°C .

Tabela 1.3 - Médias do filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) para o pau ferro e angico-vermelho nas doze épocas de semeadura. Itajubá, MG 2017/2018.

Época	pau-ferro	angico-vermelho
ES1	60,81 Aa	164,22 Bb
ES2	48,90 Aa	217,28 Cb
ES3	76,56 Ba	225,63 Cb
ES4	48,77 Aa	229,17 Cb
ES5	54,08 Aa	186,94 Cb
ES6	62,06 Aa	234,81 Cb
ES7	54,60 Aa	158,58 Cb
ES8	54,97 Aa	130,92 Cb
ES9	101,26 Ba	91,58 Aa
ES10	36,91 Aa	117,58 Bb
ES11	38,34 Aa	123,42 Bb
ES12	45,14 Aa	85,06 Aa
Média	56,86 a	163,76 b

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna, para a variável época de semeadura, e minúsculas na linha, para a variável espécie, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$).

Apesar da diferença entre os valores de filocrono entre ambas as espécies, os valores de Tot foram semelhantes. Visto que o pau ferro se desenvolveu bem em todas as ES, uma vez que não houve diferença entre os valores de filocrono para a maioria das ES, o valor de Tot é suavizado pela média da Tmed entre as ES. Aliado ao fato de que o angico-vermelho se desenvolveu melhor nas ES9 e ES12, justamente as épocas em que houve maior valor de Tmed, Tmax e Tmin (Tabela 1.2). No entanto, ambos os valores ($20,7^{\circ}\text{C}$ e 23°C) são realísticos biologicamente e se assemelham às Tot de outras espécies florestais como olho de pavão (*Adenanthera pavonina*) ($24,4^{\circ}\text{C}$), canafístula (*Cassia fistula*) ($24,9^{\circ}\text{C}$), Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*) ($24,9,5^{\circ}\text{C}$) e Angelim saia (*Parkia pendula*) ($25,1^{\circ}\text{C}$) (MONTEIRO et al. 2014), além do gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) ($22,5^{\circ}\text{C}$) (MUTTONI et al. 2017), que é utilizado para fins ornamentais. Cabe ressaltar que os valores de Tot encontrados são próximos às normais climatológicas da região de estudo (21°C) (REBOITA et al., 2015), o que corrobora a ocorrência natural e o bom desenvolvimento das duas espécies na região, além de apresentarem elevado desenvolvimento durante as épocas de estudo.

Neste estudo, o valor estimado de TB de ambas as espécies foi obtido através do Caso I, onde $TB > Tmed > Tb$. Para o pau-ferro a TB encontrada foi de $46,3^{\circ}\text{C}$, já para o angico-vermelho foi de $45,5^{\circ}\text{C}$, mostrando que ambas são ligeiramente tolerantes a temperaturas mais elevadas, semelhante a outras espécies perenes como o urucum ($46,4^{\circ}\text{C}$) (FERREIRA et al., 2018), *Eucalyptus globulus* e *Pinus ponderosa* ($40,0^{\circ}\text{C}$) (SANDS e LANDSBERG, 2002; LANDSBERG et al., 2003), além de *Parkia pendula* ($40,6^{\circ}\text{C}$) (MONTEIRO et al., 2014), *Corymbia citriodora* ($41,3^{\circ}\text{C}$) *Eucalyptus urophylla* ($40,5^{\circ}\text{C}$) (FREITAS et al., 2017). Valores

elevados são esperados, visto que representa o limite máximo de temperatura no qual a planta tem seus processos metabólicos prejudicados (FREITAS et al., 2017).

O efeito de temperaturas acima da TB pode induzir anomalias no crescimento e desenvolvimento da planta, dentre os quais o abortamento floral, e redução expressiva da taxa fotossintética e redução da emissão de folhas (SOLTANI e SINCLAIR, 2012). Tais alterações comprometem de sobremaneira o desenvolvimento de mudas, a DFM, a qualidade das mudas e o estabelecimento futuro dessas mudas no campo.

As TB's obtidas comprovam as características da planta e sua região de origem, as quais são genuinamente de locais tropicais e possuem elevada adaptabilidade em condições de temperatura do ar elevada (BIRUEL; PAULA; AGUIRAR, 2010; LENHARD et al. 2013; DIAS, 2012). Informações sobre as temperaturas cardinais para espécies arbóreas são escassas em especial para espécies nativas brasileiras, sendo úteis para conhecer as necessidades térmicas e suas adaptações às condições climáticas do local de cultivo (CALLEJAS et al., 2014; SOUZA e MARTINS, 2014). Além disso, são variáveis de entrada importantes nas funções de temperatura dos modelos de desenvolvimento, como o de Wang e Engel, (1998), também utilizados na área florestal (MARTINS et al., 2014), e modelos de produtividade florestal, como o 3PG (SANDS e LANDSBERG, 2002; LANDSBERG et al., 2003; ALMEIDA e SANDS., 2015)

4. CONCLUSÃO

Os valores de temperaturas cardinais, Tb, Tot e TB, respectivamente, para o desenvolvimento vegetativo do pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) são de 12,8°C, 20,7°C, 46,3°C e para o angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) são 10,3°C, 23°C, 45,5°C. As espécies apresentam faixas de temperatura semelhantes sendo consideradas tolerantes a temperaturas mais elevadas. Quanto ao desenvolvimento vegetativo o angico-vermelho é mais lento em relação ao pau ferro, necessitando de acúmulo maior de energia, em média 163 °C·dia·folha⁻¹, enquanto que o pau-ferro necessita de menor acúmulo, em média 56,86°C·dia·folha⁻¹.

5. REFERÊNCIAS

ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; FREITAS, C. H.; PEREIRA, R. A. A.; MELLONI, E. G. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* em resposta à deficiência hídrica no solo, **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n. 5, p. 841-852, 2015.

ALMEIDA, A. C.; SANDS, P. J. Improving the ability of 3-PG to model the water balance of forests plantations in contrasting environments. **Ecohydrology**, 2015. (onlinefirst).

ARNOLD, C. Y. The Determination and Significance of the Base Temperature in a Linear Heat Unit System. **American Society for Horticulture Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.

BALDIN, T. CONTE B.; DENARDI, L. MORAES, R.; SALDANHA, C.W. Crescimento de mudas de angico-vermelho em diferentes volumes de Substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 82, p. 129-133, 2015.

BIRUEL, R.P.; PAULA, R.C.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de *Caesalpinia leiostachya* (BENTH.) Ducke (pau-ferro) classificadas pelo tamanho e pela forma. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.197-204, 2010.

CALLEJAS, I. J. A.; NEVES, G. A. R.; TAVARES, A. S.; MOURA, I. B.; LIMA, E. A. Determinação das temperaturas cardinais da manga cultivar Roxa através de simulação computacional utilizando um modelo não linear. *Ambiência* – **Revista Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 10, n. 1, p. 97-110, 2014.

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.527-533, 2007.

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, p. 289-302, 1999.

DIAS, P.C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L.S.; PAIVA, H.N.; CORREIA, C.G. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.3, p.389-399, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Armazenamento de sementes de espécies florestais nativas**. 1 ed., Brasília. Embrapa Florestas, 2001. 24 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 Ed., Brasília: Embrapa Produção e Informação, 2013. 353p.

ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O. ; LANGNER, J. A.; WINCK, J. E. M.; GABRIEL, L. F. Estimativa das temperaturas cardinais e modelagem do desenvolvimento vegetativo em batata-doce. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1230-1238, 2013.

FAGUNDES, J. D.; STRECK, N. A.; STORCK, L.; REINIGER, L. R. Temperatura base e soma térmica de subperíodos de desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 9, p. 499-507, 2010.

FARIAS V. D. S.; COSTA, D. L. P.; SOUZA, P. J. O. P.; TAKAKI, A. Y.; DE LIMA, M. J. A. Temperaturas basais e necessidade térmica para o ciclo de desenvolvimento do feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.21; p.1781-1792, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Fortaleza, v. 38, n.2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, M.C.; MARTINS, F.B.; FLORÊNCIO, G.W.L.; SILVA, J.P.C.; PASIN, L.A.A.P. Valores limítrofes de temperatura e necessidade térmica no desenvolvimento de duas espécies nativas brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.xx, n. xx, pxx-xx, 2018 (no prelo).

FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B.; ABREU, M. C. Temperaturas cardinais no desenvolvimento foliar de duas espécies de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.5, p.283-292, 2017.

FIGUERÊDO, V.R.; DIAS, E.S. Cultivo do champignon em função da temperatura. **Ciência Rural**, v.44, n.2, 2014.

GARCIA, S. R.; SANTOS, D. F.; MARTINS, F. B.; TORRES, R. R. Aspectos climatológicos associados ao cultivo da oliveira (*Olea europaea* L.) em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 188-209, 2018.

LAGO, I.; STRECK, N. A.; CARVALHO, M. P.; FAGUNDES, L. K.; DE PAULA, G. M.; LOPES, S. J. Estimativa da temperatura base do subperíodo emergência-diferenciação da panícula em arroz cultivado e arroz vermelho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.3, p.288-295, 2009.

LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H.; COOPS, N. C. Performance of the forest productivity model 3-PG applied to a wide range of forests types. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 172, n.2-3, p. 199-214, 2003.

LIMA, E. P.; SILVA, E. L. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábico em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 266-273, 2008.

LISBOA, P. M. M.; MARTINS, F. B.; ALVARENGA, M. I. N.; NETO, J. V.; REIS, D. F. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1556-1562, 2012.

LUCAS, D. D. P.; STRECK, N. A.; BORTOLUZZI, M. P.; TRENTIN, R.; MALDANER, I. Temperatura base para emissão de nós e plastocrono de plantas de melancia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 288-292, 2012.

MACEDO, A. C. Produção de Mudanças em viveiros florestais: espécies nativas / A. C. Macedo; revisado e ampliado por Paulo Y. Kageyama, Luiz G. S. da Costa. - São Paulo: **Fundação Florestal**, 1993.

MAIA, C.E.; DUMAS, P.J. RIBEIRO, M.F.A. BRAGA, A.Q.C. Temperaturas cardinais para germinação de *Libidibia ferrea* em função da salinidade da água. In: IV INOVAGRI **International Meeting**, Fortaleza, 2017.

MARCON, C.; SILVEIRA, T.; BENDER, D.; DROSTE, A. Germinação de esporos e desenvolvimento gametofítico de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) em diferentes temperaturas e fotoperíodos. **Ambiência**, Guarapuava, v.11, n.2, p. 409 – 422, 2015

MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 2012.

MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31 n. 3, p. 373-381, 2007.

MATOS, V. A. T.; PIVETTA, F.; PAIVA SOBRINHO, S.; TISSIANI, A. S. O.; PEREIRA, A. P. M. S.; RAMOS, F. T.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Temperaturas basais e exigência térmica para a maturação de caju. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 969-977, 2014.

MIZUTANI, M.; KANAOKA, M.M. Environmental sensing and morphological plasticity in plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, v. 83, p. 69-77, 2018.

MONTEIRO, E. B.; DA SILVA, C. C.; DA SILVA, A. C.; SOUZA, A. P. de. Estimating emission of leaves seedlings Forest in different shading levels, at conditions of transition Amazon-Cerrado, Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, Washington D.C, v. 5, n.15, p. 2330-2341, 2014.

MUTTONI, M.; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; UHLMAN, L. O. ; TARTAGLIA, V. L. ; STRECK, N. A. Cardinal temperatures for planting-emergence phase in gladiolus. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47: 10, e20160824, 2017.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 440 p., 1981.

PAULA, G. M.; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papua e coriola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2457-2463, 2008.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 17, p. 206-226, 2015.

ROBINSON, J. C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2 ed. Oxford: CAB International. 2010. 311p. (Crop production science in horticulturae series, 19).

RODRIGUES, B.R.A.; SANTOS, R.C.; NIETSECHE, S.; MERCADANTE-SIMÕES, M.O.; CUNHA, I.R.G.; PEREIRA, M.C.T. Determinação de temperaturas cardinais em pinheira (*Annona squamosa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Fortaleza, 40, n2, p. 145-154. 2016

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

ROSSA, Ü.B.; ANGELO, A.C.; WESTPHALEM, D.J.; OLIVEIRA, F.E.M.; ILVA, F.F.; ARAÚJO, J.C. Slow release fertilizer on the growth of seedlings *Anadenanthera peregrina* (L.) *spg.* and *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.

SANDS, P. J.; LANDSBERG, J. J. Parameterization of 3-PG for plantation grown *Eucalyptus globulus*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.163, p.273-292, 2002.

SINCLAIR, T. R.; GILBERT, R. A.; PERDOMO, R. E.; SHINE, J. M.; POWELL, G.; MONTES, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 171-178, 2004.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T. R. Modeling Physiology of crop development, growth and yield. **Oxfordshire: CAB Internacional**, 2012, p. 322.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SZYMAŃSKA, R.; ŚLESIAK, I.; ORZECZOWSKA, A.; KRUK, J. Physiological and biochemical responses to high light and temperature stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, V. 139, P.165-177.2017.

SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 307-313, 2014.

STRECK, N. A.; PAULA F. L. M.; BISOGNIN D. A.; HELDWEIN A. B.; DELLAI J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.142, n.1, p.1-11, 2007.

STRECK, N. A.; LAGO, I. ; SAMBORANHA, F. K. GABRIEL, L. F.; SCHWANTES, A. P.; SCHONS, A. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, 2009.

STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; GABRIEL, L. F. Leaf development of cultivated rice and weedy red rice under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, p.190-199, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. Plant Physiology and Development. 6^a ed. **Oxford: Oxford University Press**, 2018. 513p.

YANG S.; LOGAN, J.; COFFEY D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 75, p. 61-74, 1995.

Capítulo II - Métodos de graus-dia e influência do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo de duas espécies florestais

1. INTRODUÇÃO

A temperatura do ar e o fotoperíodo são as duas variáveis meteorológicas que delimitam as condições adequadas para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de espécies (CALLEJAS et al., 2014; ROSA et al., 2009; LISBOA et al., 2012). No caso de espécies florestais, há maior número de estudos que consideram o desenvolvimento vegetativo, sendo que as principais variáveis consideradas são aquelas relacionadas à quantificação do número de folhas (NF), devido a sua relação com a interceptação da radiação solar e realização da fotossíntese (MARTINS e STRECK, 2007; CALLEJAS et al., 2014; FREITAS et al., 2017; MANTAI et al., 2017).

Nesse sentido, a temperatura do ar atua como moderadora nos processos fisiológicos e metabólicos relacionados às taxas de fotossíntese e respiração, assim como no transporte de solutos, taxa de transpiração e assimilação de CO₂, (CALLEJAS et al., 2014; FREITAS et al., 2017). Já o fotoperíodo influencia diretamente o NF, o qual interfere na interceptação da radiação solar e consequentemente na fotossíntese (STRECK et al., 2006).

O efeito da temperatura do ar no NF pode ser expresso através do filocrono ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$), que é dado pela relação linear entre o NF e graus-dia (GD_i, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) (PALARETTI et al., 2012; MARTINS et al., 2012). O GD_i representa uma forma de medida do tempo biológico através do acúmulo térmico diário dado por diferentes metodologias de cálculo (SOLTANI; SINCLAIR, 2012; FARIAS et al., 2015). A maneira mais usual é a que considera o acúmulo térmico diário acima da temperatura base (T_b) (ROSA et al., 2009). Em outras metodologias, considera-se penalizações na temperatura do ar com relação a temperatura ótima (Tot) e a temperatura basal superior (TB) (MARTINS e STRECK, 2007; ROSA et al., 2009; SOLTANI e SINCLAIR, 2012; SOUZA et al., 2016). Cada metodologia pode resultar em valores diferentes de graus-dia, em particular em períodos do ano em que há a ocorrência de temperaturas abaixo da T_b ou acima da TB das espécies (FERREIRA, 2018), alterando os valores de filocrono. Fatores como temperaturas extremas, estresse hídrico e nutricional e o fotoperíodo também influenciam o valor do filocrono (ROSA et al., 2009).

Já o fotoperíodo é descrito como número de horas de luz disponível às plantas. Identifica-se a influência do fotoperíodo através da relação linear entre o NF e o fotoperíodo acumulado. Para isso é recomendada a instalação de experimentos a nível de campo em várias

épocas de semeadura ao longo do ano (ROSA et al., 2009). Através dessa relação é possível identificar o comportamento das espécies florestais, as quais podem ser caracterizadas como plantas de dia curto (PDC), plantas de dia longo (PDL) ou plantas fotononeutras (PFN). Nas PDC o NF é induzido pela exposição a um fotoperíodo menor; nas PDL quando são expostas a fotoperíodo maior e nas PFN quando são expostas a uma ampla faixa de variação fotoperiódica, tendo como referência o fotoperíodo crítico (RAVEN et al., 2011).

Na literatura, encontram-se diversos estudos que avaliam o filocrono em culturas agrícolas, considerando diferentes métodos de graus-dia e incluindo a influência do fotoperíodo. Como exemplos tem o estudo para o tomate (PALARETTI et al., 2012), abacaxi (SANTOS et al., 2015), morangueiro (TAZZO et al., 2015), girassol (SOUZA et al., 2016), soja (FERNEDA et al., 2016), cramble (PILAU et al., 2011), trigo (ROSA et al., 2009), feijão-caupi (FARIAS et al., 2015), videira (TOMAZETTI et al., 2015). Entretanto, estudos dessa natureza são escassos para espécies florestais. Os poucos estudos existentes são realizados para espécies florestais de grande interesse econômico, como o eucalipto (MARTINS e STRECK, 2007; FREITAS et al., 2017) e inexistentes em espécies florestais nativas, constituindo o esforço para realização deste segundo capítulo de TFG.

Deste modo, o objetivo é avaliar a resposta de seis metodologias de cálculo de graus-dia e identificar a influência do fotoperíodo no filocrono das espécies nativas pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) e angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição do protocolo experimental

Realizou-se um experimento a campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá (latitude: 22°24'46.43" S; longitude: 45°26'48.94" O; 850 m de altitude), em Itajubá (MG), durante os anos agrícolas de 2017 e 2018, seguindo o mesmo protocolo experimental descrito no capítulo I.

2.2. Métodos de cálculo dos graus-dia e estimativa do filocrono

Para este estudo foram considerados os seis principais métodos de cálculo de GDi (ROSA et al., 2009; TOMAZETTI et al., 2015):

MÉTODO 1 (M1): Considera-se a diferença entre a temperatura média do ar (T_{med}) e a T_b

$$GDi = T_{med} - T_b \text{ 1.dia} \quad (1)$$

$$T_{med} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

Se $T_{med} \leq T_b$, considera-se: $T_{med} = T_b$, então $GDi = 0$.

MÉTODO 2 (M2): Idem ao método anterior, porém penaliza-se a temperatura mínima do ar (T_{min}) na obtenção da T_{med} :

$$GDi = T_{med} - T_b \text{ 1.dia} \quad (2)$$

Quando $T_{min} \leq T_b$, considera-se: $T_{min} = T_b$.

MÉTODO 3 (M3): Considera-se a T_{med} e a temperatura ótima da espécie:

$$GDi = T_{med} - T_b \text{ 1.dia} \quad (3)$$

Quando $T_{med} < T_b$, considera-se: $T_{med} = T_b$, e se $T_{med} > T_{tot}$ considera-se $T_{med} = T_{tot}$.

MÉTODO 4 (M4): Idem ao método anterior, porém, penaliza a T_{min} e máxima do ar (T_{max}) na obtenção da T_{med} :

$$GDi = T_{med} - T_b \text{ 1.dia} \quad (4)$$

Quando $T_{min} \leq T_b$, considera-se $T_{min} = T_b$, e se $T_{max} > T_{tot}$, então $T_{max} = T_{tot}$.

MÉTODO 5 (M5): considera-se a T_{med} e as três temperaturas cardinais (base – T_b , ótima – T_{tot} e basal superior – TB)

$$\text{Quando: } T_b \leq T_{med} \leq T_{tot}: GDi = T_{med} - T_b \text{ 1.dia} \quad (5)$$

$$\text{Quando: } T_{tot} < T_{med} \leq TB: GDi = (T_{tot} - T_b) \cdot \frac{(TB - T_{med})}{(TB - T_{tot})} \text{ 1. dia} \quad (6)$$

Se $T_{med} < T_b$, então $T_{med} = T_b$; se $T_{med} > TB$, então $T_{med} = TB$.

MÉTODO 6 (M6): Idem ao método anterior, porém, considera-se penalizações na T_{min} e T_{max} na obtenção da T_{med} :

$$\text{Quando: } T_b < T_{med} \leq T_{tot}: GDi = T_{med} - T_b \text{ 1.dia} \quad (7)$$

$$\text{Quando: } T_{tot} < T_{med} \leq TB: GDi = (T_{tot} - T_b) \cdot \frac{(TB - T_{med})}{(TB - T_{tot})} \text{ 1. dia} \quad (8)$$

Se $T_{min} \leq T_b$, então $T_{min} = T_b$; se $T_{max} \geq TB$, então $T_{max} = TB$.

Em que: GDi = graus-dia ($^{\circ}\text{C}$ dia), T_{med} = temperatura média do ar; T_{max} = temperatura máxima do ar; T_{min} = temperatura mínima do ar; T_b = temperatura base ($^{\circ}\text{C}$), de $12,8^{\circ}\text{C}$ para pau-ferro e $10,3^{\circ}\text{C}$ para angico-vermelho, T_{tot} = temperatura ótima ($^{\circ}\text{C}$), de $20,7^{\circ}\text{C}$ para pau-ferro e 23°C para angico-vermelho, e TB = temperatura basal superior ($^{\circ}\text{C}$), de $46,3^{\circ}\text{C}$ para pau-ferro e $45,5^{\circ}\text{C}$ para angico-vermelho, todos obtidos no capítulo I.

A escolha do melhor método de cálculo de GDi baseia-se no menor valor de desvio padrão (DP) do filocrono, conforme recomendações de Rosa et al. (2009) e Ferreira et al., (2018). Para cada método de GDi , espécie e U.E. estimou-se o filocrono pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e graus dia acumulado (GD , $^{\circ}\text{C}$ dia $^{-1}$) (LISBOA et al., 2012; FREITAS et al., 2017) :

$$NF = a \cdot GD + b, \text{ sendo } GD = \sum_{i=1}^n GDi \quad (9)$$

Em que: NF = número de folhas emitidas, GD = graus-dia acumulados (°C dia), i= data de emergência de cada espécie (Tabela 1.2), n = data em que ocorre o término da fase de muda de cada espécie; a = coeficiente angular e b = coeficiente linear.

Após a seleção do melhor método de GDi, as médias de filocrono das duas espécies foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($\alpha = 0,05$), caso não sejam atendidos os pressupostos de normalidade, os dados foram transformados por $\ln(x)$ (FREITAS et al., 2017). Posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA), para verificar o efeito das fontes de variação (espécie e época de semeadura), seguida da comparação de médias pelo teste Scott-Knott ($\alpha = 0,05$) através do software SISVAR (FERREIRA, 2014).

2.3. Influência do fotoperíodo

Para verificar a influência do fotoperíodo no filocrono das duas espécies florestais, utilizou-se a metodologia proposta por Rosa et al. (2009), onde para cada espécie ajustou-se uma regressão linear entre o filocrono médio e o fotoperíodo médio (Fmed). O Fmed é obtido pela média aritmética do fotoperíodo diário (F), desde a data de emergência (i) até o término da fase de muda (n), com base no algoritmo de Kiesling (1982):

$$F = \frac{2}{15} \cdot \arccos \cdot [\cos \alpha \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \tan \varphi \cdot \tan \delta] \quad (10)$$

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

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

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

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

Em que F = Fotoperíodo diário (horas), α = ângulo zenital (graus), Φ = latitude (graus), δ = declinação solar (graus), 0,39779 = seno de 23°27'; M = anomalia média solar (graus), NDA = número do dia do ano, B = ângulo abaixo do plano do horizonte (6°).

Valores positivos e significativos do coeficiente angular da regressão linear ($\alpha=0,05$) indicam resposta fotoperiódica típica de plantas de dia curto (PDC), enquanto valores negativos e significativos ($\alpha=0,05$) indicam resposta fotoperiódica típica de plantas de dia longo (PDL) (ROSA et al., 2009; STRECK et al., 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo em diferentes épocas de semeadura (Tabela 2.1) proporcionou às espécies ficarem expostas a condições meteorológicas distintas durante o desenvolvimento vegetativo, representado neste estudo pela duração da fase de muda (DFM). Tais condições são importantes para verificar a influência dos diferentes métodos de GDi e do fotoperíodo na DFM do pau-ferro e angico-vermelho.

As épocas de semeadura com temperaturas mais amenas apresentaram maior DFM, enquanto aquelas que tiveram temperaturas mais elevadas apresentaram menor DFM, mesma tendência descrita por Freitas et al. (2017) para o eucalipto, Lisboa et al., (2012) para a oliveira, Luz et al., (2012) para canola e Ferreira et al., (2018) para urucum e pau-viola.

Tabela 2.1 – Caracterização da temperatura do ar e fotoperíodo durante a condução do experimento para o pau-ferro e angico-vermelho e duração de cada época. Itajubá, MG, 2017/2018.

Época	Pau-ferro					Angico-vermelho				
	Duração	Temperatura (°C)			Fmed(h)	Duração	Temperatura (°C)			Fmed(h)
		Tmed	Tmax	Tmin			Tmed	Tmax	Tmin	
ES1	119	21,1	27,6	15,6	11,6	84	21,9	28,3	16,3	11,6
ES2	168	18,2	25,5	12,5	10,8	245	19,0	26,5	12,8	11,3
ES3	231	18,7	26,3	12,6	11,3	266	19,2	26,6	13,2	11,6
ES4	168	17,9	26,0	11,4	11,0	259	19,3	26,6	13,4	11,8
ES5	154	18,3	26,4	11,6	11,2	252	19,9	27,3	13,9	12,2
ES6	154	19,9	27,6	13,6	12,2	238	20,8	28,1	14,9	12,6
ES7	105	20,8	28,3	14,4	12,5	196	21,4	28,6	15,6	12,9
ES8	112	21,9	28,9	16,0	13,1	112	21,6	28,8	15,4	13,0
ES9	161	22,7	29,5	17,8	13,2	84	22,3	28,8	17,0	13,3
ES10	70	22,4	28,6	17,4	13,7	105	22,5	29,0	17,7	13,6
ES11	77	22,9	29,7	18,1	13,5	84	23,0	29,9	18,3	13,4
ES12	77	23,3	31,0	18,4	12,8	63	23,5	31,0	18,6	12,8

* Período que se estende desde a data da emergência, considerada o dia em que 50% das plântulas estavam visíveis acima do solo, e término da fase de muda, considerada o dia em que as plantas de cada época atingiram, em média, 20 folhas acumuladas na haste principal para o pau-ferro e 12 folhas para o angico-vermelho.

Valores obtidos pelas médias da temperatura média, máxima e mínima do ar. * Valores obtidos pela média aritmética do fotoperíodo diário. Demais valores são o mínimo e o máximo observado para o fotoperíodo diário.

Valores diários de temperatura do ar próximos a Tb foram observados nas ES2, ES3 e ES4, as quais apresentaram maior DFM. Durante o experimento, as temperaturas do ar não superaram a TB das duas espécies (45,5°C e 46,3°C), o que dificilmente é obtido em condições experimentais. Entretanto, foram observados dias com temperaturas do ar próximas à Tot (20,7°C e 23°C), principalmente durante as ES10, ES11, ES12, justamente as épocas que tiveram as menores durações da fase de muda. Isso demonstra que a temperatura do ar é a

principal variável que governa o desenvolvimento vegetativo (ERPEN et al., 2013; MARTINS et al., 2014) repercutindo na velocidade da emissão das folhas e na duração da fase de muda (FREITAS et al., 2017).

3.1. Métodos de graus-dia e filocrono

As regressões ajustadas entre o NF e o GD para as duas espécies apresentaram valores de coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,8423 e erro padrão de estimativa (Syx) menor que 1,3204 (Figura 2.2) o que é desejável, corroborando com a verificação de que o desenvolvimento vegetativo apresenta tendência linear com a temperatura do ar, sendo possível utilizar o filocrono, semelhante aos estudos de Lisboa et al. (2012) e Martins et al., (2012) para cultivares de oliveira; Rosa et al. (2009) para o trigo; Erpen et al. (2013) para a batata-doce; Tazzo et al. (2015) para cultivares de morango e Souza et al. (2016) para cultivares de girassol.

Houve variação entre os valores de filocrono para os seis métodos de GDi e entre as duas espécies, com valores médios entre 39,28 e 64,49 °C·dia·folha⁻¹ para o pau-ferro e 163,08 e 127,42 °C·dia·folha⁻¹ para o angico-vermelho (Figura 2.1), todos para os métodos 2 e 4 respectivamente. Houve redução do valor de GDi e consequentemente GD dos métodos 1 e 2 para os métodos 5 e 6, mesmo padrão observado por Streck et al., (2007) e Rosa et al., (2009). Isso ocorre devido a inclusão da Tot nos métodos 3 e 4, e da Tot e TB nos métodos 5 e 6, acarretando valores menores de GDi, com destaque para as épocas que compreenderam os períodos mais quentes do ano, quando a Tmed está acima da Tot do pau-ferro (20,7°C) e angico-vermelho (23°C).

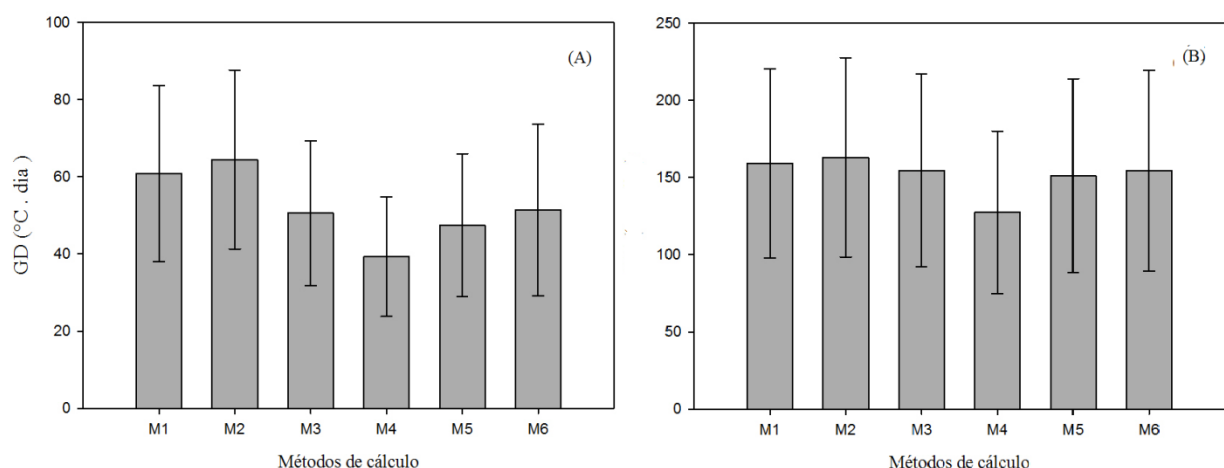


Figura 2.1 - Média (coluna) e desvio padrão (linhas, $\pm$) do filocrono (°C dia. folha⁻¹) para o pau-ferro (A) e angico-vermelho (B) considerando os seis métodos (M1 a M6) de graus-dia (Gdi, °C dia). Itajubá, MG, 2017/2018.

Os métodos 5 e 6, que consideram as três temperaturas cardinais, apresentaram valores de filocrono similares entre si em ambas espécies, o que pode ter ocorrido em virtude de haver poucos casos em que a T_{med} e a T_{min} foram inferiores a T_b (125 casos entre os 435 dias de condução do experimento). Além disso, não houve casos em que a T_{med} e a T_{max} foram superiores a T_b .

Apesar da variação esperada entre os valores de filocrono de cada GDi , observa-se de maneira geral, que os métodos 3, 4 e 5 apresentaram os menores valores de DP (Figura 2.1 A,B), sendo considerados os mais eficientes no cálculo da energia necessária para a emissão folhas em ambas as espécies. No entanto, deve-se salientar que o menor DP observado no método 4 pode ter ocorrido devido as penalizações causadas pela T_{max} . Como exemplo, nas ES10, ES11 e ES12 houve 159 casos em 162 dias em que a T_{max} foi maior que a T_{ot} (20,7°C e 23°), acarretando menores valores de GDi e GD , menores variações entre os valores de filocrono nestas épocas e, conseqüentemente, menor DP no método 4. Assim, é necessário ter cautela na escolha desse método e refutar a eficiência dos demais. O mesmo raciocínio vale para o método 3, em que houveram 106 casos em que T_{med} foi maior que a T_{ot} (20,7°C e 23°C).

Dessa forma, deve ser dada prioridade na escolha do método 5 por apresentar valores baixos de DP e por considerar as três temperaturas cardinais, o que é considerado realístico biologicamente (ROSA et al., 2009, TOMAZETTI et al., 2015), além de ser o método utilizado em modelos de desenvolvimento vegetativo em espécies florestais (MARTINS e STRECK, 2007; FERREIRA et al., 2018).

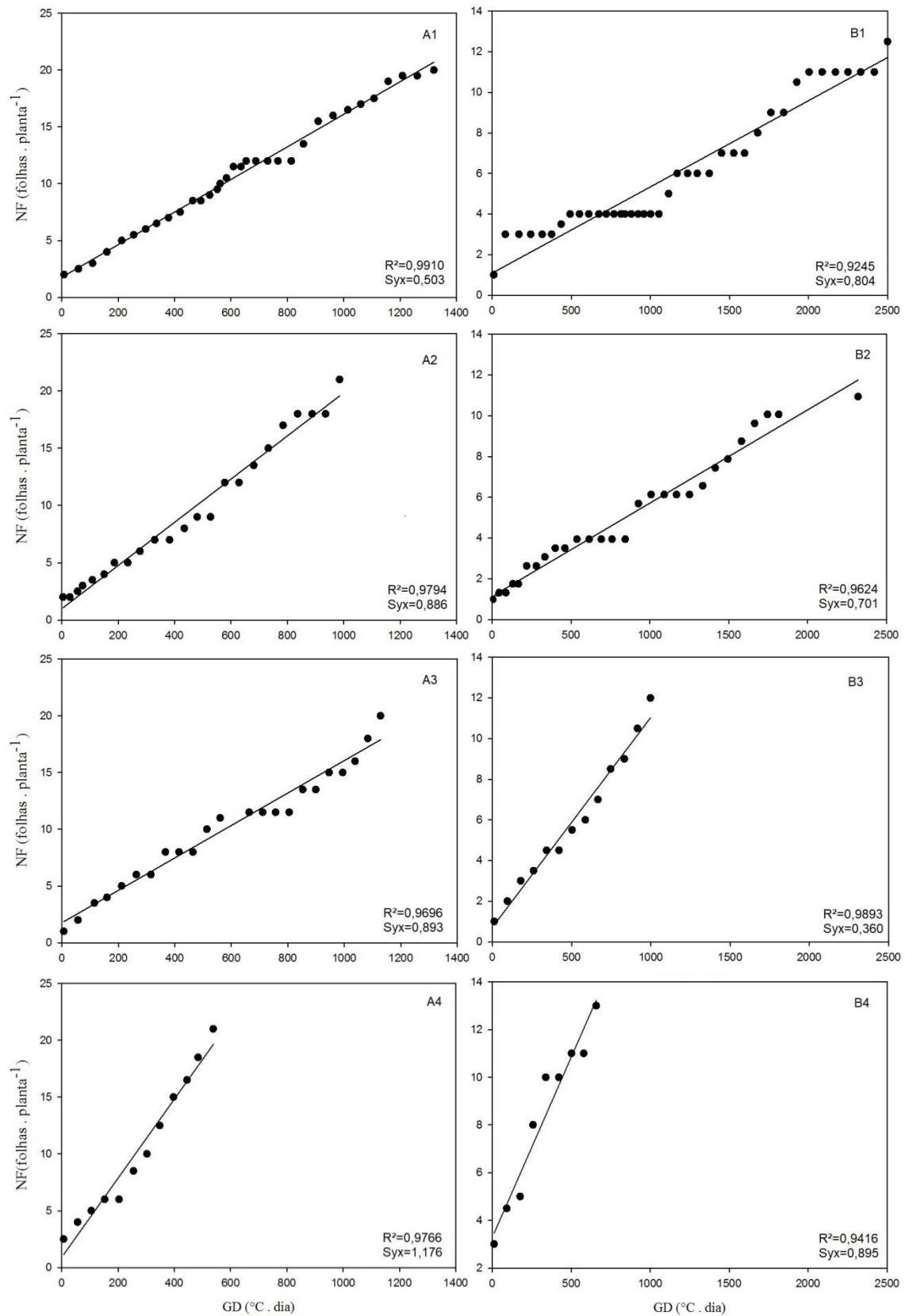


Figura 2.2 – Número de folhas na haste principal (NF) e graus-dia acumulados (GD) obtidos com o método 5, utilizado na estimativa do filocrono para o pau-ferro (A) e angico-vermelho (B), em quatro épocas de semeadura (1=ES3; 2=ES6; 3=ES9; 4=ES12). Os painéis são

representativos de quatro unidades experimentais em quatro épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2017/2018.

De posse do método 5 procedeu a estimativa do filocrono para as duas espécies nas 12 ES (Tabela 2.2). O teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0,05$), para o filocrono não seguiu os pressupostos de normalidade e, portanto, foram transformados pelo logaritmo neperiano ($\ln(x)$). A ANOVA demonstrou efeito significativo para a interação entre os fatores espécie e época de semeadura, sendo em seguida realizada a comparação de médias para o desdobramento de cada fator.

Tabela 2.2– Médias do filocrono ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia} \cdot \text{folha}^{-1}$), calculado pelo método cinco (M5) de graus dia para o pau-ferro e angico-vermelho nas doze épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2017/2018.

Época	Pau-Ferro	Angico- Vermelho
ES1	33,83 Ba	112,61 Bb
ES2	49,74 Ba	203,46 Db
ES3	77,22 Ca	230,96 Db
ES4	54,61 Ba	222,09 Db
ES5	50,18 Ba	168,80 Cb
ES6	55,27 Ba	242,15 Db
ES7	46,54 Ba	163,76 Cb
ES8	43,39 Ba	119,12 Bb
ES9	72,24 Ca	99,24 Ba
ES10	27,24 Aa	115,91 Bb
ES11	28,98 Aa	95,98 Bb
ES12	28,09 Aa	77,54 Ab
Média	47,27 a	154,30 b

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna, para a variável época de semeadura, minúsculas na linha, para a variável espécie, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$).

As espécies desenvolveram de maneira diferente em cada ES. Isso pode indicar influência da temperatura e do fotoperíodo no DV de ambas espécies. Para o pau-ferro as ES que apresentaram menor valor de filocrono e, conseqüentemente, maior desenvolvimento foram as ES10, ES11 e ES12, e o angico-vermelho foi a ES12, demonstrando que o maior desenvolvimento ocorreu entre outubro a fevereiro, período em que as temperaturas estão mais elevadas semelhante ao observado por Rosa et al (2009) para o trigo e Lisboa et al (2012) para a cultivar de oliveira Arbequina. Tal fato sugere que, além da temperatura do ar, o pau-ferro e o angico vermelho são sensíveis ao fotoperíodo quanto à emissão de folhas (PAULA e STRECK, 2008; LISBOA et al., 2012; FERREIRA, 2017).

Os resultados também detectam que o filocrono observado para o pau-ferro ($47,27^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia} \cdot \text{folha}^{-1} \pm (16,38)$) é menor que o do angico-vermelho ($154,30^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia} \cdot \text{folha}^{-1} \pm 58,52$). Na

prática, isso significa que o pau-ferro necessita de menor quantidade de energia ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) para emitir uma folha e, portanto seu desenvolvimento é mais rápido e antecipa a finalização da fase de muda em relação ao angico-vermelho, exatamente o que foi observado à campo (Tabela 2.1). No caso do angico-vermelho, o maior valor de filocrono pode ser justificado uma vez que possui o desenvolvimento mais lento por priorizar o crescimento das folhas, ao contrário do pau-ferro (Tabela 2.2).

O valor de filocrono encontrado para o pau-ferro (media geral = $47,27^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) assemelha-se a de outras espécies perenes como a cultivar de oliveira MGS ASC315 ($41,6^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) (MARTINS et al., 2012) e o urucuzeiro ($47,02^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) (FERREIRA et al., 2018). Apesar disso, é diferente de outras espécies florestais como *Eucalyptus saligna* ($30,7^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$), *Eucalyptus grandis* ($32,0^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) (MARTINS; STRECK, 2007), além de culturas agrícolas como a melancia ($23,4^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) (LUCAS et al., 2012). Já o filocrono do angico-vermelho ($154,30^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) e próximo de algumas cultivares de morangueiro ($69,96$ a $135,61^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) (TAZZO et al., 2015) e girassol ($125,46^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}\cdot\text{folha}^{-1}$) (SOUZA et al., 2016).

Na prática, analisando a quantidade final de energia acumulada para que uma muda esteja apta a ser comercializada, verifica-se que o pau-ferro necessita em média $844,6^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$ para finalizar a fase de muda, sendo semelhante a goiabeira ($809,6^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$), ao urucuzeiro ($914,1^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) (FERREIRA, 2017), porém maior que outras espécies florestais como o *Eucalyptus grandis* ($640^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) e *Eucalyptus saligna* ($614^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) (MARTINS et al., 2007). Já o valor de filocrono do angico-vermelho ($1819,4^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) se aproxima de espécies originárias de clima temperado ou subtropical como a oliveira cv. MGS ASC 315 (entre $949,6$ a $1052,6^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) (MARTINS et al., 2012), a videira 'cv. Tannat' ($1.823,1^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) e cv. 'Merlot' ($1.780,8^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$) (TOMAZETTI et al., 2015). No entanto, essas diferenças podem ocorrer em função da espécie e também decorrem do método de graus-dia utilizados (ROSA et al., 2009; FERREIRA, 2017)

3.2. Influência do Fotoperíodo

As espécies apresentaram valores distintos de filocrono, como também duração, em dias, ao longo das doze ES (Tabela 2.1), o que indica a influência do fotoperíodo no desenvolvimento das duas espécies (ROSA et al., 2009; LISBOA et al., 2012; FERREIRA et al., 2018). O ajuste do filocrono médio em função do fotoperíodo médio (Figura 2.3) demonstra que as espécies apresentaram comportamento típico de plantas de dia longo, visto que os coeficientes angulares são negativos e significativos ($p < 0,05$). Isso explica os menores valores

de filocrono, maior velocidade de emissão de folhas observado nas ES10 (20/10) ES11 (20/11) e ES12 (20/12), justamente nas épocas em que ocorrem os maiores valores de Tmed e os maiores comprimentos do dia (≥ 12 horas de luz). Apesar disso, os valores de R^2 foram inferiores ($\approx 0,18$ e $0,36$) aos do ajuste entre NF e GD (Figura 2.2), mas se assemelha ao encontrado por Ferreira et al., (2018) para *Psidium guajava* L ($R^2 = 0,1032$), *Citharexylum myrianthum* Cham ($R^2 = 0,1033$) e *Bixa orellana* L ($R^2 = 0,1144$) e a para cultivar de trigo BRS Louro ($R^2 = 0,46$) (ROSA et al., 2009).

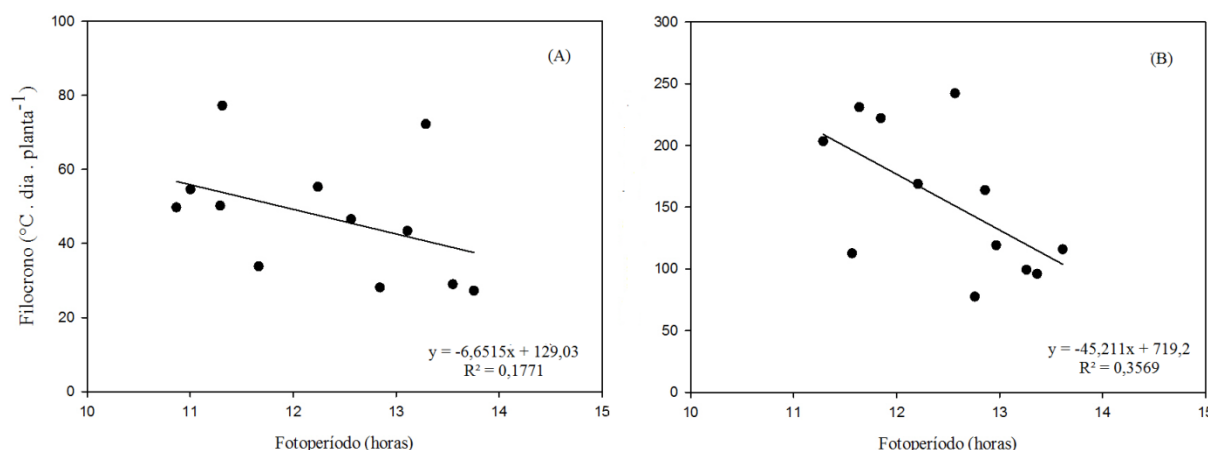


Figura 2.3 – Relação entre Filocrono médio e Fotoperíodo médio para mudas de pau-ferro (A) e angico-vermelho (B) nas doze épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2017/2018.

Os efeitos do fotoperíodo no desenvolvimento de espécies florestais ainda são escassos, controversos e inconclusivos e os poucos estudos existentes que abordam essa questão são para aquelas que possuem interesse econômico como o eucalipto (RAWAL et al., 2014; PATON, 1980). O número de estudos em espécies florestais nativas é ainda mais escasso e não consideram especificamente a influência do fotoperíodo no filocrono.

No entanto, os resultados desse estudo indicam que o desenvolvimento vegetativo do pau-ferro e do angico vermelho cultivadas em Itajubá e região é maior nos meses de outubro a fevereiro, quando as temperaturas são mais elevadas e o comprimento do dia é superior a 12 horas. Essas informações contribuem para otimização de técnicas de cultivo e manejo dessas plantas, promovendo informações sobre necessidades termofotoperiódicas dessas espécies, a fim de garantir o máximo desenvolvimento no campo. Contudo, os principais estudos dessa natureza são realizados majoritariamente em culturas anuais como o arroz (STRECK et al., 2006; STRECK et al., 2011), trigo (ROSA et al., 2009), batata-doce (ERPEN et al., 2013) e para algumas culturas perenes como eucalipto (MARTINS; STRECK, 2007; FREITAS; MARTINS; ABREU, 2017) oliveira (LISBOA et al., 2012; MARTINS et al., 2014) e urucuzeiro, goiabeira e pau-viola (FERREIRA, 2018). Dessa forma, os resultados encontrados

neste estudo são importantes para demonstrar o efeito do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo, variável raramente considerada nas espécies florestais.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento vegetativo, quantificado através do filocrono, das espécies pau-ferro e angico-vermelho é influenciado pelo método de cálculo do graus-dia, sendo o mais adequado o que considera as três temperaturas cardinais e as compara com a temperatura média do ar (Método 5), e pelo fotoperíodo.

O filocrono diferiu significativamente entre as duas espécies, destacando o pau-ferro como aquela que necessita de menor acúmulo energético para emissão de folhas ($47,27\text{ }^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$), enquanto o angico vermelho necessita de maior acúmulo energético ($154,30\text{ }^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$). As duas espécies desenvolveram de diferentemente em função das épocas de semeadura, indicando associação entre temperatura do ar elevada e maior comprimento do dia apresentaram menor valor de filocrono e menor duração em campo.

5. REFERÊNCIAS

- CALLEJAS, I. J. A.; NEVES, G. A. R.; TAVARES, A. S.; MOURA, I. B.; LIMA, E. A. Determinação das temperaturas cardinais da manga cultivar Roxa através de simulação computacional utilizando um modelo não linear. *Ambiência . Revista de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava, v. 10, n. 1, p. 97-110, 2014.
- ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O. ; LANGNER, J. A.; WINCK, J. E. M.; GABRIEL, L. F. Estimativa das temperaturas cardinais e modelagem do desenvolvimento vegetativo em batata-doce. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1230-1238, 2013.
- FARIAS V. D. S.; COSTA, D. L. P.; SOUZA, P. J. O. P.; TAKAKI, A. Y.; DE LIMA, M. J. A. Temperaturas basais e necessidade térmica para o ciclo de desenvolvimento do feijão-caupi. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.11, n.21; p.1781-1792, 2015.
- FERNEDA, B. G.; BOEING, E.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; SILVA, S. G.; MARTIM, C. C.; PALADINO, F. G.; TANAKA, A. A. Graus-dias na estimativa das taxas de crescimento de quatro cultivares de soja em diferentes épocas de plantio. *Nativa*, Sinop, v. 4, n. 3, p. 121-127, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, Fortaleza, v. 38, n.2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, M.C. **Desenvolvimento vegetativo de três espécies arbóreas**. 2017. 83f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

FERREIRA, M.C.; MARTINS, F.B.; FLORÊNCIO, G.W.L.; SILVA, J.P.C.; PASIN, L.A.A.P. Valores limítrofes de temperatura e necessidade térmica no desenvolvimento de duas espécies nativas brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.xx, n. xx, pxx-xx, 2018 (no prelo).

FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B.; ABREU, M. C. Temperaturas cardinais no desenvolvimento foliar de duas espécies de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.5, p.283-292, 2017.

KIESLING, T. C. Calculation of the length of the day. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.758-759, 1982.

LISBOA, P. M. M.; MARTINS, F. B.; ALVARENGA, M. I. N.; NETO, J. V.; REIS, D. F. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1556-1562, 2012.

LUZ, G. L. da; MEDEIROS, S. L. P.; TOMM, G. O.; BIALOZOR, A.; AMARAL, A. D. do; PIVOTO, D. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1549-1555, 2012.

MANTAI, R. D.; DA SILVA, J. A. G.; MAROLLI, A.; MAMANN, A. T. W.; SAWICKI, S.; KRÜGER, C. A. M. B. Simulation of oat development cycle by photoperiod and temperature. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.1, p.3-8, 2017.

MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 2012.

MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31 n. 3, p. 373-381, 2007.

OLIVEIRA, M. A.; INNECCO, R. Germinação de sementes de jambu (*Acmella oleracea* – Asteraceae) sob influência de fotoperíodo e temperatura. **Revista Eletrônica de Biologia**, Sorocaba, v. 5, n.3, p. 105-118, 2012.

PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; DA SILVA, D. J. H.; CECON, P. R. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n. 3, p. 240 - 246, 2012.

PATON, D. M. *Eucalyptus* Physiology. II Temperature responses. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.28, p.555-566, 1980.

PAULA, G. M.; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e coriolla. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2457-2463, 2008.

PILAU, F. G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; SCHWERZ L. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.958-964, 2011.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E.; **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 830 p.

RAWAL, D. S.; KASEL, S.; KEATLEY, M. R.; APONTE, C.; NITSCHKE, C. R. Environmental effects on growth phenology of co-occurring Eucalyptus species. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 4, p. 427–442, 2014.

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T. R. Modeling Physiology of crop development, growth and yield. **Oxfordshire: CAB Internacional**, 2012, p. 322.

SOUZA, L. C.; COSTA, A. V. A.; MOREIRA, W. K. O. SILVA, E. G.; SOUZA, A. C. SILVA, R. T. L. Métodos de soma térmica na determinação de plastocrono de *Helianthus annuus* L. cultivado em ambiente protegido em Capitão Poço-PA. **Nucleus**, Ituverava, v.13, n. 2, p. 143-152, 2016.

SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 307-313, 2014.

STRECK, N. A.; PAULA F. L. M.; BISOGNIN D. A.; HELDWEIN A. B.; DELLAI J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.142, n.1, p.1-11, 2007.

STRECK, N. A.; MICHELON, S.; BOSCO, L. C.; LAGO, I.; WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; de PAULA, G. M. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da escala de counce para cultivares sul-brasileiras de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n.6, p. 357-364, 2007.

TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F., LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Heat requirement of two selections and four strawberry cultivars grown in the catarinense plateau. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 550-558, 2015.

TOMAZETTI, T. C.; ROSSAROLLA, M. D.; ZEIST, A. R.; GIACOBBO, C. L.; WELTER, L. J.; ALBERTO, C. M. Fenologia e acúmulo térmico em videiras viníferas na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.11, p.1033-1041, 2015.

YANG S.; LOGAN, J.; COFFEY D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 75, p. 61-74, 1995.

REFERÊNCIAS GERAIS

- ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; FREITAS, C. H.; PEREIRA, R. A. A.; MELLONI, E. G. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* em resposta à deficiência hídrica no solo, **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n. 5, p. 841-852, 2015.
- BALDIN, T.; CONTE, B.; DENARDI, L.; MORAES, R.; SALDANHA, C.W. Crescimento de mudas de angico-vermelho em diferentes volumes de Substratos. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 35, n. 82, p. 129-133, 2015.
- BIRUEL, R.P.; PAULA, R.C.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de *Caesalpinia leiostachya* (BENTH.). Ducke (pau-ferro) classificadas pelo tamanho e pela forma. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.197-204, 2010.
- DIAS, P.C. **Propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) por esquia e miniestaquia**. 2011.110f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DIAS, P.C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L.S.; PAIVA, H.N.; CORREIA, C.G. Propagação vegetativa de progênes de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.3, p.389-399, 2012.
- CAVALHEIRO, M. G. et al. Biological and enzymatic activities of aqueous extract of seeds from *Caesalpinia ferrea* Mart., Leguminosae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba v. 19, p. 586-591, 2009.
- CHAVES, R. B.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P.H.S.; ARONSON, J. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). **Restoration Ecology**, Washington D.C. ,v. 23, n. 6, p. 754-759, 2015.
- FORTUNATO, M. E. M.; QUIRINO, Z. G. M. Efeitos da fragmentação na fenologia reprodutiva de espécies arbóreas presentes em borda e interior de Mata Atlântica Paraibana. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67 n.3, p. 603-614, 2016.
- FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B.; ABREU, M. C. Temperaturas cardinais no desenvolvimento foliar de duas espécies de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.5, p.283-292, 2017.
- LENHARD, N.R.; PAIVA NETO, V.B.; SCALON, S.P.Q. ALVARENGA, A.A. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Platarum, 2002. 368 p.
- MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31 n. 3, p. 373-381, 2007.

MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINHEIRO, M. V. M.; ABREU, M. C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 505 – 514, 2014.

MARCON, C.; SILVEIRA, T.; BENDER, D.; DROSTE, A. Germinação de esporos e desenvolvimento gametofítico de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) em diferentes temperaturas e fotoperíodos. **Ambiência**, Guarapuava, v.11, n.2, p. 409 – 422, 2015.

MONTEIRO, E. B.; DA SILVA, C. C.; DA SILVA, A. C.; SOUZA, A. P. de. Estimating emission of leaves seedlings Forest in different shading levels, at conditions of transition Amazon-Cerrado, Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, Washington D.C., v. 5, n.15, p. 2330-2341, 2014.

NASCIMENTO, D. F. do; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 159-165, 2012.

NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; OLIVEIRA, M.E.; MIURA, C.L.Q.; REIS, J.B.C.; NASCIMENTO, H.T.S.; LEITE, J.M.B.; RIBEIRO, V.Q. **Potencial forrageiro do pau-ferro**. 1 Ed., Teresina: EMBRAPA, 2002, p.17.

OLIVEIRA, J. C. S. **Estudo químico e avaliação biológica do extrato das cascas das raízes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Leguminosae)**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

PEREIRA, L. P. et al. Polysaccharide fractions of *Caesalpinia ferrea* pods: potential anti-inflammatory usage. **Journal of Ethnopharmacology**, Rio de Janeiro, v. 139, p. 642-648, 2012.

ROSSA, Ü.B. ; ANGELO, A.C.; WESTPHALEM, D.J.; OLIVEIRA, F.E.M.; SILVA, F.F.; ARAÚJO, J.C. Slow release fertilizer on the growth of seedlings *Anadenanthera peregrina* (L.) *spg.* and *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.

TURCHETTO, C.; SEGATTO, A.L.A.; MADER, G.; RODRIGUES, D.M.; BONATTO, S.L.; FREITAS, L.B. High levels of genetic diversity and population structure in an endemic and rare species: implications for conservation. **AoB Plants**, Oxford, v.8, 2016.