

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA-BASE PARA EMISSÃO DE FOLHAS E DO FILOCRONO EM DUAS ESPÉCIES DE EUCALIPTO NA FASE DE MUDA¹

Fabrina Bolzan Martins², Joel Cordeiro da Silva³ e Nereu Augusto Streck⁴

RESUMO – O desenvolvimento, incluindo a emissão de folhas, de culturas agrícolas e florestais depende fortemente da temperatura do ar. A emissão de folhas pode ser estimada e quantificada utilizando-se o conceito do filocrono, definido como o intervalo de tempo, em graus dia, entre o aparecimento de duas folhas sucessivas em uma haste, com unidade °C dia folha⁻¹. O objetivo deste trabalho foi estimar a temperatura-base para a emissão de folhas e o filocrono em *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith), em fase de muda. Foram realizados dois experimentos, um no campo e outro em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. A semeadura foi realizada em cinco épocas diferentes em campo e em 03/10/2005 na casa de vegetação. A temperatura-base foi estimada pelo menor valor do quadrado médio do erro da regressão entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada (STa), e o filocrono foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão entre NF e STa. A temperatura-base estimada foi de 8,0 °C para *Eucalyptus saligna* e 10 °C para *Eucalyptus grandis*. O filocrono em *Eucalyptus grandis* foi de 32,0 °C dia folha⁻¹ e em *Eucalyptus saligna*, 30,7 °C dia folha⁻¹, sendo essa diferença de filocrono entre as duas espécies não estatisticamente diferente.

Palavras-chave: Desenvolvimento, temperatura e fenologia.

ESTIMATING BASE TEMPERATURE FOR LEAF APPEARANCE RATE AND THE PHYLLOCHRON IN TWO EUCALIPTUS SPECIES DURING SEEDLING PHASE

ABSTRACT – Development, including leaf appearance, of agricultural and forest crops strongly depends on air temperature. Leaf appearance can be studied and quantified using the concept of phyllochron, defined as the time interval between the appearance of successive leaves on a stem, expressed as °C day leaf⁻¹. The objective of this research was to estimate the base temperature for leaf appearance and the phyllochron for *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) and *Eucalyptus saligna* (Smith) seedlings. A field and a greenhouse experiment were carried out in the experimental area of the Department of Plant production of the Federal University of Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Sowing was carried out at different times in the field and on 03/10/2005 in the greenhouse. Base temperature was estimated by the minimum mean square error of the regression between main stem leaf number (NF) and accumulated thermal time (STa) approach and the phyllochron was estimated by the inverse of the slope of the regression NF against STa. The estimated base temperature was 8.0°C for *Eucalyptus saligna* and 10°C for *Eucalyptus grandis*. The phyllochron in *Eucalyptus grandis* was 32.0 °C day leaf⁻¹ and in *Eucalyptus saligna* was 30.7 °C day leaf⁻¹. These two phyllochron values were not statistically different.

Keywords: Development, temperature and phenology.

¹ Recebido em 10.03.2006 e aceito para publicação em 18.11.2006.

² Msc. em Engenharia Agrícola, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E-mail: <fabrina@vicosa.ufv.br>.

³ Msc. em Engenharia Agrícola, doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: <jcsilva@cefetrs.gov.br>.

⁴ Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: <nstreck2@yahoo.com.br>.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, ordem Myrtales das Angiospermas (PRYOR, 1976, citado por LIMA, 1984). A distribuição geográfica do gênero se estende entre as latitudes de 7° N e 43° S (GUTIÉRREZ, 1976).

A espécie *Eucalyptus grandis* é nativa da costa leste da Austrália, desde Queensland até New South Wales (26° a 33° de latitude sul) até Atherton Tablelands (13° de latitude sul) (MARCHIORI e SOBRAL, 1997). Apresenta rápido crescimento, variando de 43 a 55 m de altura e 122 a 180 cm de DAP. Possui excelente forma. É cultivada em mais de meio milhão de hectares plantados em áreas de clima tropical e subtropical nos quatro continentes, sendo uma das mais importantes espécies comerciais de eucalipto no Brasil (LOPES, 2003; MESKIMEN e FRANCIS, 2006). A área de distribuição de origem do *Eucalyptus grandis* apresenta clima subtropical úmido, com temperatura mínima média dos meses mais frios de 2 a 10 °C e temperatura máxima média dos meses mais quentes de 29 °C (MESKIMEN e FRANCIS, 2006). No sudoeste da Flórida, a espécie se adapta bem em verões quentes e úmidos e invernos frios e secos, com temperatura média diária de 32 °C.

A espécie *Eucalyptus saligna* é nativa da costa leste da Austrália desde a Bahia de Bateman (36° latitude sul), sul de New South Wales até o sudoeste de Queensland (27° latitude sul) (FORESTRY AND TIMBER BUREAU, 1962). Apresenta rápido crescimento, chegando até a 55 m de altura e 180 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), e prefere regiões de clima temperado à subtropical. Adaptou-se bem no Brasil, e por essa razão é muito utilizada em plantios comerciais (MARCHIORI e SOBRAL, 1997; TONINI, 2003). Essa espécie apresenta a mesma amplitude geográfica que o *Eucalyptus grandis*, porém sobrevive em regiões mais frias, com temperatura mínima chegando a -7 °C (SKOLMEN, 2006).

Com o aumento da demanda por produtos oriundos do eucalipto (VALE et al., 2002), é necessário elevar a produtividade da cultura. O primeiro passo nesse processo é produzir mudas de boa qualidade, o que tem impacto direto no sucesso da implantação e estabelecimento da cultura (GOMES et al., 2002). Para tanto, é importante conhecer a relação entre o desenvolvimento da planta na fase de muda e o ambiente (GOMES et al., 2002; MANTOVANI et al., 2003). O

desenvolvimento das mudas depende de vários fatores ambientais. Entre estes, a temperatura do ar é o principal elemento meteorológico que afeta o desenvolvimento da maioria das espécies vegetais (HODGES, 1991; YAN e HUNT, 1999; STRECK, 2002a). Por razões científicas e práticas, estudos relacionando temperatura do ar, fenologia e o desenvolvimento de espécies florestais têm recebido grande atenção apenas em países de clima temperado e pouca atenção em países de clima tropical, onde o desenvolvimento e crescimento são muito variáveis (SCURFIELD, 1961).

São creditados a René A. F. de Réaumur, na França, por volta de 1730, os primeiros estudos relacionando desenvolvimento vegetal e a temperatura do ar. Réaumur observou que o somatório da temperatura do ar era praticamente constante para completar o ciclo de desenvolvimento de várias espécies em diferentes anos (STRECK, 2002a). Réaumur assumiu esse somatório térmico como uma constante, que expressa a quantidade de energia necessária para que uma espécie vegetal atinja certo grau de desenvolvimento (STRECK, 2002a). Essa constante foi chamada de soma térmica, com unidade de °C dia (PEREIRA et al., 2002). Na sua forma mais simples de cálculo, a soma térmica representa o acúmulo térmico acima de uma temperatura-base (dependente da espécie), considerada a temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento ou o desenvolvimento é tão lento que, para fins de cálculo, pode ser considerado desprezível (BRUNINI et al., 1976; McMASTER e WILHELM, 1997; BARBANO et al., 2001). O conceito de soma térmica, portanto, é uma medida de tempo biológico que leva em conta o efeito da temperatura nos processos fisiológicos da planta, e assim é uma medida de tempo mais realística do que tempo expresso em dias do calendário civil (dias após a sementeira ou transplante) (GILMORE e ROGERS, 1958; RUSSELE et al., 1984; YIN et al., 1995; STRECK, 2002b).

Desenvolvimento e crescimento das plantas são processos independentes, que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM e McMASTER, 1995). Desenvolvimento refere-se à diferenciação celular, iniciação e aparecimento de órgãos, enquanto crescimento é o aumento irreversível de uma característica física como massa, área, altura, diâmetro e volume (HODGES, 1991). Um exemplo de parâmetro de desenvolvimento é a velocidade de emissão de folhas, a qual, ao ser integrada no tempo, dá o número de folhas acumuladas na haste principal (NF), o qual é uma

excelente medida de desenvolvimento vegetal (STRECK, 2002a,b; STRECK, 2003; XUE et al., 2004). No entanto, altura, diâmetro e área foliar são parâmetros importantes na avaliação do crescimento vegetal (REIS et al., 1988; FINGER, 1992; PÉLLICO NETO e BRENNAN, 1997).

O NF está relacionado com o surgimento de vários estágios de desenvolvimento e com a expansão da área foliar, a qual está relacionada com a interceptação da radiação solar, fotossíntese e acúmulo de biomassa (STRECK et al., 2005a,b; DELLAI et al., 2005). Uma das maneiras freqüentemente usada para calcular o NF nos modelos matemáticos é através do conceito de filocrono, definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas na haste principal (WILHELM e McMASTER, 1995; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005b), tendo como unidade °C.dia folha⁻¹.

Estudos utilizando o conceito de filocrono foram realizadas para diversas culturas agrícolas, como cevada, trigo (KIRBY, 1995), gramíneas forrageiras (FRANK e BAUER, 1995; MOORE e MOSER, 1995; SKINNER e NELSON, 1995), alfaca (HERMES et al., 2001; DUARTE et al., 2005), arroz (NEMOTO et al., 1995; WALTER et al., 2005), batata (DELLAI et al., 2005), lírio (STRECK et al., 2004; SCHUH et al., 2005) e cártamo (STRECK et al., 2005b). No entanto, uma revisão bibliográfica não revelou nenhum registro da estimativa da temperatura-base de emissão de folhas e do filocrono em culturas florestais, o que constitui o incentivo para realizar esta pesquisa. Informações básicas sobre o desenvolvimento da planta de eucalipto podem ser importantes no manejo para melhorar a qualidade da muda, e assim aumentar a probabilidade de sucesso na implantação da floresta.

O objetivo deste trabalho foi estimar a temperatura-base (T_b) para emissão de folhas e o filocrono em duas espécies de eucalipto, *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith), em fase de muda. Essas duas espécies foram usadas por apresentar importância econômica na Região Sul do Brasil (LOPES, 2003; TONINI, 2003).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Protocolo experimental

Foram instalados dois experimentos, um no campo e outro na casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS (latitude

de 29° 43' S, longitude de 53° 43' W e altitude de 95 m). O experimento em campo foi usado para estimar a temperatura-base e o experimento da casa de vegetação, para estimar o filocrono para duas espécies de eucalipto. As sementes das duas espécies foram adquiridas da Estação Experimental de Silvicultura, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do RS (FEPAGRO) no Distrito de Boca do Monte, Santa Maria, RS.

No experimento em campo, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, organizado em esquema fatorial, com cinco épocas de semeadura, duas espécies e três repetições. Cada parcela foi constituída de dois baldes de 12 L preenchidos com solo (horizonte B) pertencente à unidade de mapeamento Santa Maria (Alissolo Hipocrômico Argilúvico típico). Os baldes foram enterrados visando minimizar a absorção da radiação solar pelas paredes externas para evitar o aumento na temperatura do substrato acima da temperatura do solo da área experimental, o que poderia afetar a taxa de desenvolvimento das mudas. O espaçamento entre os baldes foi de 50 cm. As semeaduras deste experimento foram realizadas em cinco épocas diferentes. A semeadura da época 1 foi realizada em 25/05/2005, e a data da emergência (considerada quando 50% das plantas estavam visíveis acima do solo) ocorreu em 08/06/2005. Na época 2, a semeadura foi realizada em 20/06/2005, e a emergência aconteceu em 01/07/2005. Na época 3, a semeadura foi realizada em 15/07/2005, e emergência ocorreu em 01/08/2005. Na época 4, a semeadura foi em 22/09/2005, e a emergência ocorreu em 29/09/2005 e 30/09/2005 para *E. grandis* e *E. saligna*, respectivamente. Na época 5, a semeadura foi em 20/10/2005, e a emergência deu-se em 25/10/2005. Nesse experimento foram utilizadas datas de semeadura distintas (épocas), a fim de ter amplitude na temperatura do ar e, assim, estimar a T_b com maior exatidão.

No experimento em casa de vegetação foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 14 repetições por espécie. Cada repetição foi constituída de um balde de 8 L preenchido com o mesmo substrato utilizado no experimento em campo. O espaçamento entre os baldes foi de 50 cm. Os baldes ficavam sobre uma bancada de 70 cm de altura. Como os baldes eram pretos, eles foram revestidos com papel-jornal para reduzir a absorção da radiação solar pelas paredes externas, o que aumentaria a temperatura do substrato e seria uma fonte de erro experimental. Esse procedimento também aproximou as condições ambientais do substrato

às condições do experimento em campo. As sementes utilizadas foram do mesmo lote usado no experimento de campo. A semeadura foi em 03/10/2005 e a emergência das duas espécies, em 11/10/2005. A correção da acidez e dos nutrientes do substrato usado nos dois experimentos foi realizada conforme a análise de solo e a recomendação técnica para as espécies.

Uma semana após a emergência, duas plantas por balde foram marcadas com arames coloridos. Nos dois experimentos foram realizados dois raleios nas plântulas. O primeiro raleio foi realizado quando tinham duas folhas visíveis na haste principal, e o segundo raleio foi executado quando tinham quatro folhas visíveis, deixando-se apenas as duas plantas marcadas por balde. As brotações axilares foram removidas à medida que foram aparecendo nas plantas, mantendo-se apenas a haste principal em crescimento.

O número de folhas emitidas ou acumuladas na haste principal (NF) das plantas marcadas foi contado uma vez por semana no experimento de campo e a cada três dias no experimento na casa de vegetação. A contagem iniciou quando havia no mínimo duas folhas visíveis e terminou quando existiam aproximadamente 20 folhas visíveis, momento em que se assumiu finalizar a fase de muda (GOMES et al., 2002). As folhas foram consideradas visíveis quando tinham comprimento do limbo de no mínimo 1,0 cm.

No experimento em campo, os dados diários de temperatura mínima e máxima do ar foram coletados na estação meteorológica convencional, pertencente ao 8º DISME/INMET, localizada a aproximadamente 50 m da área experimental. No experimento conduzido em casa de vegetação, as temperaturas mínima e máxima diárias do ar foram medidas com o auxílio de um termômetro de mínima de álcool e de um termômetro de máxima de mercúrio, instalados dentro de um mini-abrigo meteorológico de madeira pintado de branco e instalado na altura e ao lado da bancada onde as plantas se localizavam.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAS (SAS, 2001).

2.2. Cálculo da soma térmica

Existem vários métodos para o cálculo da soma térmica (McMASTER e WILHELM, 1997). O método utilizado neste estudo foi o que considera a média aritmética das temperaturas mínima e máxima diárias

do ar menos a temperatura-base (ARNOLD, 1960):

$$STd = \frac{TM + Tm}{2} - Tb. 1 \text{ dia} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: STd é a soma térmica diária (°C.dia), TM é a temperatura máxima diária do ar (°C), Tm é a temperatura mínima diária do ar e Tb é a temperatura basal mínima ou, simplesmente, temperatura-base da cultura (°C).

Para calcular a soma térmica acumulada (STa), somam-se as STd, ou seja, STa = ΣSTd.

2.3. Estimativa da temperatura-base (Tb) para emissão de folhas

Para a estimativa da temperatura-base, utilizaram-se os dados do NF coletados no experimento de campo em diferentes épocas de semeadura, pois nessas condições houve maior amplitude térmica, e as plantas foram submetidas a temperaturas mais baixas quando comparadas com o experimento em casa de vegetação, o que é recomendado para este tipo de estudo (SINCLAIR et al., 2004). A média da temperatura mínima do ar foi de 13,6 °C, a média da temperatura máxima do ar foi de 24,6 °C e a temperatura média do ar foi de 17,9 °C. O valor absoluto da temperatura mínima do ar foi de 0,6 °C e o valor absoluto da temperatura máxima do ar foi de 37 °C.

Para a determinação da temperatura-base para emissão de folhas em *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, foi utilizada a metodologia do menor quadrado médio do erro (QME) da regressão entre o NF e a STa a partir da emergência (WUTKE et al., 2000; SINCLAIR et al., 2004). Foram estimadas equações de regressão linear simples para os valores do NF médio por espécie em função da STa, utilizando-se vários valores de Tb variando de zero à 21 °C com um incremento de 0,5 °C. Foi plotado em um gráfico o QME em função da Tb. O valor de Tb foi considerado como aquele com o menor QME (SINCLAIR et al., 2004).

2.4. Estimativa do filocrono

A estimativa do filocrono das duas espécies de eucalipto foi realizada com os dados coletados no experimento na casa de vegetação. O ambiente da casa de vegetação é uma boa representação das condições ambientais de produção de mudas de eucalipto. Nesse ambiente, o valor médio da temperatura mínima do ar foi de 16,8 °C, a média da temperatura máxima do ar

foi de 32,7 °C e a temperatura do ar média foi de 24,8 °C. O valor absoluto da temperatura mínima do ar foi de 9,4 °C e o valor absoluto da temperatura máxima do ar, de 43,4 °C.

Em cada unidade experimental (balde com duas plantas), em cada espécie obteve-se a regressão linear simples entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada (STa) a partir da emergência, utilizando-se a Tb estimada com os dados do experimento de campo. O filocrono em cada unidade experimental foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e STa (KLEPPER et al., 1982; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005b). O filocrono médio de cada espécie foi calculado pela média das 14 repetições. Os dados de filocrono foram submetidos à análise de variância e comparação de médias, pelo teste F (5%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Temperatura-base (Tb) para emissão de folhas

Todas as equações de regressão entre NF e STa para *Eucalyptus saligna* tiveram valores do coeficiente de determinação (r^2) muito altos (maiores do que 0,9957), os QME foram muito baixos (menores do que 0,11592) e em todas as equações os coeficientes linear e angular foram altamente significativos. Na Figura 1a está plotada a variação do QME das várias equações de regressão dos diferentes valores de temperatura-base assumidos no cálculo da soma térmica para o *Eucalyptus saligna* nas cinco épocas de semeadura. Houve pequena variação nos valores de Tb encontrada em cada época de semeadura. Na época de semeadura 1, o menor valor de QME (0,3289) foi para a Tb de 8 °C; na época 2, o menor valor de QME (0,3475) foi para a Tb de 7,5 °C. Nessas épocas iniciais de semeadura houve pequena variação nos valores de QME na faixa de 0 a 16 °C. Na época de semeadura 3, o menor valor de QME (0,2400) foi para a Tb de 7,0 °C, enquanto na época 4 o menor valor de QME (0,02195) foi para a Tb de 8 °C. Nessa época houve uma pequena variação do QME na faixa de Tb entre 0 e 15 °C. Na época de semeadura 5, o menor valor de QME (0,3758) foi para a Tb de 8,5 °C. Nas épocas de semeadura 3 e 5, houve variação significativa do QME à medida que os valores se afastavam da Tb em ambas as direções. O valor assumido como temperatura-base dessa espécie foi 8 °C, sendo

obtido pela média da Tb para as cinco épocas de semeadura. O valor de r^2 da regressão NF x STa com Tb = 8 °C foi de 0,9985, indicando alto grau de associação entre o número de folhas emitidas e a soma térmica. Portanto, pode-se afirmar que o desenvolvimento do *Eucalyptus saligna* é fortemente influenciado pela temperatura do ar, e a resposta do aparecimento de folhas à temperatura do ar é linear. O valor de Tb = 8 °C, estimado para *E. saligna*, foi próximo do encontrado por Battaglia e Sands (1998), de Tb=7,8 °C para o índice de área foliar em *E. globulus* na Austrália, e também foi próximo ao valor de Tb = 7,5 °C encontrado por Sands e Landsberg (2002) para o processo de fotossíntese em *E. globulus*, na Austrália. Streck (2003) também relatou temperaturas cardinais similares nos processos de fotossíntese e taxa de aparecimento de folhas em kiwi.

A estimativa da Tb para o *Eucalyptus grandis* usando a metodologia do menor valor de QME foi de 10 °C (Figura 1b). Esse valor foi obtido pela média da temperatura-base de cada época de semeadura. Houve grande variação dos valores de QME obtidos para cada época de semeadura nessa espécie, desde 6,5140 para a época 1 até 0,3651 para a época 4. Valor semelhante de Tb foi encontrado por Battaglia et al. (1996) para o processo de fotossíntese em *E. nitens*, na Austrália. O valor obtido para a Tb do *Eucalyptus saligna* é menor que o valor obtido para a Tb do *Eucalyptus grandis*. Assim, o *E. saligna* é tolerante a temperaturas mais baixas que o *E. grandis* (GUTIÉRREZ, 1976; SKOLMEN, 2006).

3.2. Estimativa do Filocrono

A temperatura-base usada no cálculo de STd para *Eucalyptus grandis* foi de 10 °C e para *Eucalyptus saligna*, de 8 °C. Valores elevados de r^2 (acima de 0,96) da regressão entre NF e STa foram obtidos em todas as unidades experimentais nas duas espécies de eucalipto. Um exemplo dessa forte relação está na Figura 2. Essa linearidade entre NF e STa reforça os resultados do experimento de campo de que a temperatura do ar é o fator ecológico que governa a emissão de folhas em eucalipto, e a estimativa do filocrono pelo método da regressão linear é uma metodologia apropriada, como tem sido verificado para culturas agrícolas anuais (SINCLAIR et al., 2004; STRECK et al., 2004; STRECK et al., 2005b).

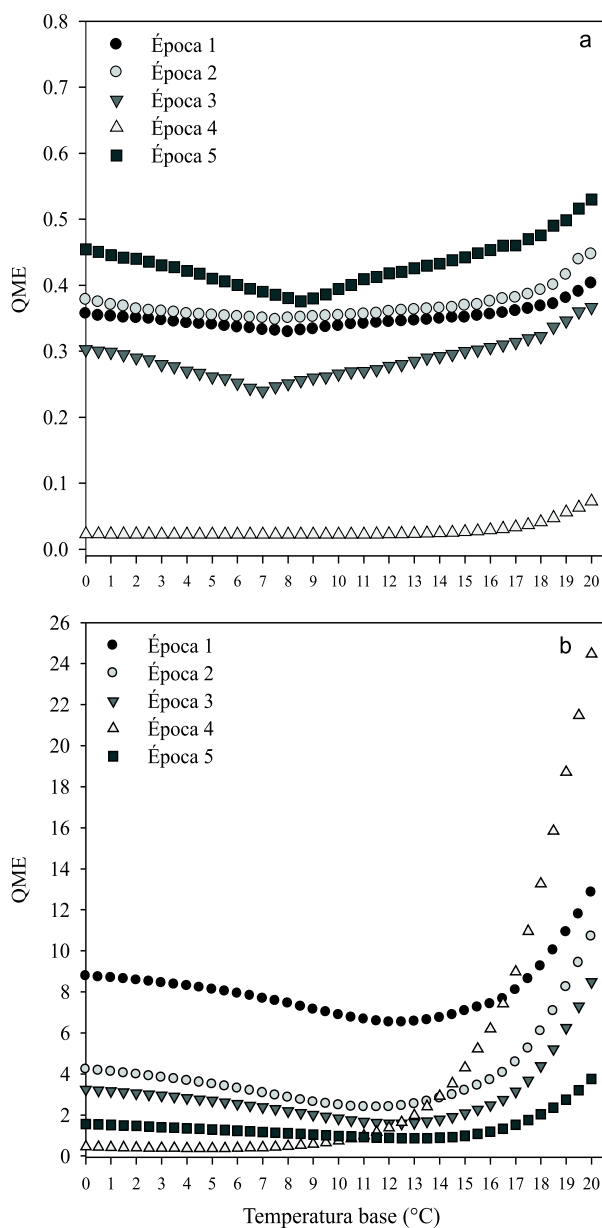


Figura 1 – Quadrado médio do erro (QME) da regressão entre o número de folhas acumuladas na haste principal e a soma térmica acumulada utilizando-se várias temperaturas-base para o *Eucalyptus saligna* (a) e *Eucalyptus grandis* (b), em diferentes épocas de sementeira. Santa Maria, RS, 2005.

Figure 1 – Mean square error (QME) of linear regression between main stem leaf number and accumulated thermal time using several base temperatures for *Eucalyptus saligna* (a) and *Eucalyptus grandis* (b) for different sowing dates. Santa Maria, Brazil, 2005.

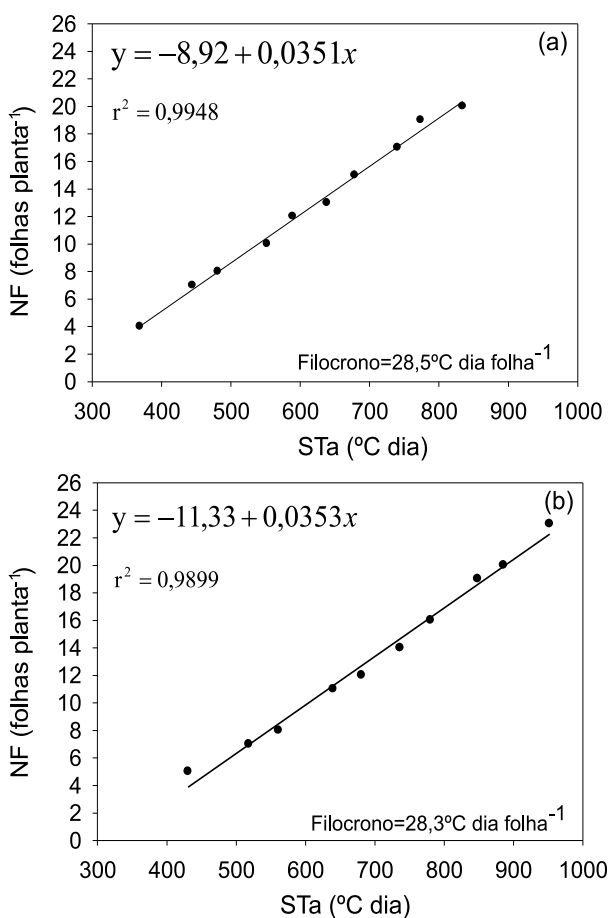


Figura 2 – Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada a partir da emergência (STa) utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de *Eucalyptus grandis* (a) e *Eucalyptus saligna* (b). Os dados são de uma unidade experimental (balde com duas plantas) em casa de vegetação. Santa Maria, RS, 2005.

Figure 2 – Ratio between main stem leaf number (NF) and accumulated thermal time (STa) used to estimate the phyllochron in *Eucalyptus grandis* (a) and *Eucalyptus saligna* (b) seedlings. Data are from one replication (container with 2 plants) grown in a greenhouse. Santa Maria, RS, Brazil, 2005.

O filocrono médio das 14 repetições obtido para o *Eucalyptus grandis* foi de 32,0 (±3,4) °C dia folha⁻¹, e para o *Eucalyptus saligna* o filocrono médio das 14 repetições foi de 30,7 (±3,1) °C dia folha⁻¹. Essa diferença de filocrono não foi significativa pelo teste F a 5% de probabilidade. Esses resultados indicam que as duas espécies necessitam de mesma energia térmica (°C dia)

para emitir uma folha e que para uma mesma temperatura do ar o *Eucalyptus saligna* apresenta maior desenvolvimento que o *Eucalyptus grandis*, na fase de muda, pois a Tb do *E. saligna* (8 °C) é menor que a Tb do *E. grandis* (10 °C), ocorrendo maior acúmulo de energia térmica para *E. saligna*, considerando-se uma mesma temperatura do ar. Porém, observou-se que no campo o *Eucalyptus grandis* apresentou maior velocidade de emergência e maior uniformidade inicial entre as plantas. Esses resultados reforçam os encontrados anteriormente de que o desenvolvimento de espécies florestais é resultado da interação entre genótipo e ambiente (MANTOVANI et al., 2003).

Uma interpretação dos resultados de filocrono para as duas espécies é de que, considerando-se que o ponto de transplante das mudas de eucalipto é de 20 a 30 cm de altura (CARNEIRO, 1995) e que nessa altura as plantas têm aproximadamente 20 folhas, o *Eucalyptus grandis* atinge o ponto de transplante aos 640 °C dia após a emergência, enquanto o *Eucalyptus saligna* atinge esse mesmo ponto aos 614 °C dia, ou seja, 26 °C dia antes. Esses 26 °C dia podem representar alguns dias do calendário civil, especialmente quando a temperatura do ar é baixa (menor do 15 °C), situação comum no final do outono, inverno e primavera no Rio Grande do Sul, por exemplo, a temperatura mínima normal climatológica de Santa Maria, RS (média dos dados de temperatura dos 30 anos de observação), foi de 11,8 °C no mês de maio, 9,3 °C no mês de junho, 9,5 °C no mês de julho, 10,4 °C no mês de agosto, 11,3 °C no mês de setembro e 13,5 °C no mês de outubro (BRASIL, 1992).

Essa informação certamente é de interesse de produtores de mudas e seus clientes, para que estas estejam prontas para o transplante no momento em que as condições do campo (temperatura do ar e umidade do solo) forem mais adequadas e, assim, minimizar o estresse no momento do transplante e garantir maior sucesso no estabelecimento, uniformidade de pegamento e crescimento inicial das mudas no campo (GOMES et al., 2002), o que certamente terá impacto positivo no desempenho do futuro povoamento.

4. CONCLUSÕES

A temperatura-base para *Eucalyptus grandis* foi de 10 °C e para *Eucalyptus saligna*, de 8,0 °C. O filocrono para o *Eucalyptus grandis* foi de 32,0 °C dia folha⁻¹ e para o *Eucalyptus saligna*, de 30,7 °C dia folha⁻¹. Esses

resultados representam importante contribuição em estudos da ecofisiologia e para o manejo das mudas dessas duas espécies florestais.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido ao primeiro autor. Ao estudante do curso de Graduação em Agronomia da UFSM Bruno Kraulich, pelo auxílio na coleta de dados do experimento de campo; e aos estudantes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM Joelma Dutra Fagundes, Anderson Machado de Mello e Gisele Santiago, pelo auxílio na leitura das temperaturas mínimas e máximas diárias do ar durante o experimento em casa de vegetação.

6. REFERÊNCIAS

- ARNOLD, C. Y. Maximum-Minimum temperature as a basis for computing heat units. **American Society for Horticulture Science**, v.76, p.682-692, 1960.
- BARBANO, M. T. et al. Temperatura-base e acúmulo térmico no sub-período semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.261-268, 2001.
- BATTAGLIA, M.; BEADLE, C.; LOUGHHEAD, S. Photosynthetic temperature responses of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. **Tree Physiology**, v.16, p.81-89, 1996.
- BATTAGLIA, M.; SANDS, P. Application of sensitivity analysis to a model of *eucalyptus globulus* plantation productivity. **Ecological Modelling**, v.11, p.237-259, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Normais climatológicas**, Brasília: MAA/INMET, 1992.
- BRUNINI, O. et al. Temperatura base para alface "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v.35, p.214-219, 1976.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UNEF, 1995. 451p.



- DELLAI, J. et al. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.
- DUARTE, G. B. et al. Análise da emissão de folhas e diâmetro de plantas de alface com base na temperatura do ar em cultivo protegido com adubação orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...**Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. p.15.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1992. 269p.
- FRANK, A. B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, v.35, n.1, p.19-23, 1995.
- FORESTRY AND TIMBER BUREAU - Department of National Development. **Forest trees of Australia**. Canberra: 1962. 230p.
- GILMORE JR, E. C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v.50, n.10, p.611-615, 1958.
- GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfofisiológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GUTIÉRREZ, G. **Atlas del eucalipto**. Sevilla: INIA/ICONA, 1976.
- HERMES, C. C. et al. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.269-275, 2001.
- HODGES, T. F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991. 233p.
- KIRBY, E. J. M. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. **Crop Science**, v.35, n.1, p.11-18, 1995.
- KLEPPER, B.; RICKMAN, R. W.; PETERSON, C. M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, v.74, p.789-792, 1982.
- LIMA, W. P. The Hydrology of Eucalypt forests in Austrália – A review. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n.28, p.11-32, 1984.
- LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MANTOVANI, M. et al. Fenologias reprodutivas de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, v.27, n.4, p.451-458, 2003.
- MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das Angiospermas: Myrtales**. Santa Maria: Universidade de Santa Maria, 1997. 304p.
- McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, n.4, p.291-300, 1997.
- MESKIMEN, G.; FRANCIS, J. K. *Eucalyptus grandis* Hill (ex. Maiden) Rose gum *Eucalyptus*. Disponível em: <http://www.na.fs.fed.us/Spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/eucalyptus/grandis.htm> Acesso 26 de set.2006.
- MOORE, K. J.; MOSER, L. E. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. **Crop Science**, v.35, n.1, p.37-43, 1995.
- NEMOTO, K.; MORITA, S.; BABA, T. Shoot and root development in rice related to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.24-29, 1995.
- PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Edição dos Autores, 1997. 316p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- REIS, G. G. et al. Determinação da área foliar em espécies e em procedências de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.12, n.1, p.25-33, 1988.
- RUSSELE, M. P. et al. Growth analysis based on degree days. **Crop Science**, v.24, n.1, p.28-32, 1984.
- R. Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.3, p.373-381, 2007**

- SANDS, P. J.; LANDSBERG, J. J. Parameterisation of 3-PG for plantation grown *Eucalyptus globules*. **Forest Ecology and Management**, v.163, p.273-292, 2002.
- SAS INSTITUTE CORPORATION. **The SAS-System for Windows**: release 8.0. Cary: 2001.
- SCHUH, M. et al. Vernalização afeta o filocrono em lírio. **Bragantia**, v.64, n.1, p.25-32, 2005.
- SCURFIELD, G. The effects of temperature and day length on species of *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, v.9, n.1, p.37-56, 1961.
- SINCLAIR, T.R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.88, n.1, p.171-178, 2004.
- SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.
- SKOLMEN, R. G. *Eucalyptus saligna* Smith **Saligna Eucalyptus**. Disponível em: <http://na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/eucalyptus/saligna.htm> Acesso 26 de set.2006.
- STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.1, p.105-111, 2002a.
- STRECK, N. A. A generalized vernalization response function for lily (*Lilium* spp.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.2, p.221-228, 2002b.
- STRECK, N. A. A generalized nonlinear temperature response function for some growth and developmental parameters in Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang & A.R. Ferguson). **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.255-262, 2003.
- STRECK, N. A. et al. Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.2, p.355-358, 2004.
- STRECK, N. A. et al. Estimating the phyllochron in lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1448-1450, 2005b.
- STRECK, N. A. et al. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1275-1280, 2005a.
- TONINI, H. **Crescimento e produção de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na depressão central e serra do sudoeste, Rio Grande do Sul**. 2003. 289f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- VALE, R. S. et al. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.285-297, 2002.
- XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.175, p.261-270, 2004.
- WALTER, L. C. et al. Filocrono de alguns genótipos Brasileiros de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 14., 2005, Campinas. **Anais...Campinas:2005**. p.7
- WILHELM, W. W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v.35, n.1, p.1-3, 1995.
- WUTKE, E. B. et al. Estimativa da temperatura base e graus-dia para o feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.55-61, 2000.
- YAN, W.; HUNT, L. A. An equation for modeling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, v.84, n.5, p.607-614, 1999.
- YIN, X. et al. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.77, p.1-16, 1995.

