INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
ISSN 0100-3453

Construção e uso de fitas dendrométricas para avaliação do ritmo de crescimento de árvores

Clayton Alcarde Alvares
Otávio Camargo Campoe
Rafaela Lorenzato Carneiro
Juliana Soares Biruel Munhoz
Eduardo Moré de Mattos
Isabel Deliberali
Ana Paula Cervi Ferez
José Luiz Stape

CIRCULAR TÉCNICA

N° 212 NOVEMBRO 2017

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/

CIRCULAR TÉCNICA IPEF
n. 212, p. 01-17, novembro de 2017

Construção e uso de fitas dendrométricas para avaliação do ritmo de crescimento de árvores

Construction and use of dendometer bands to evaluate tree growth rate

Clayton Alcarde Alvares[1], Otávio Camargo Campoe[2], Rafaela Lorenzato Carneiro[1], Juliana Soares Biruel Munhoz[3], Eduardo Moré de Mattos[4], Isabel Deliberali[1], Ana Paula Cervi Ferez[5] e José Luiz Stape[6]

RESUMO

A mensuração sistemática e de alta frequência do crescimento das árvores fornece subsídios fundamentais para estudos de ecologia e manejo florestal. Medições repetidas do tamanho da árvore, tomadas diretamente com suta ou fita diamétrica, podem ser fontes de alguns erros de observação. As fitas dendrométricas são normalmente usadas para minimizar os efeitos dessas limitações metodológicas de medições repetidas do crescimento secundário do fuste. No entanto, a literatura florestal brasileira carece de um guia prático para a construção, e posterior processamento e aplicação de dados de fitas dendrométricas. Assim, os objetivos deste trabalho são: i) selecionar e preparar as árvores para o monitoramento do crescimento; ii) construir, instalar e ler as fitas dendrométricas. São apresentados três estudos de caso, com a aplicação de fitas dendrométricas em relevantes experimentos de programas cooperativos de pesquisa da silvicultura brasileira.

Palavras-chave: dendrômetro, inventário florestal, ecologia florestal, meteorologia florestal, balanço hídrico.

ABSTRACT

Systematic and high frequency measurements of tree growth provide key support for studies on forest ecology and management. Repeated measurements of tree size directly with calipers or diametric tapes may result in sources of errors. Dendrometer bands are typically used to minimize the effects of methodological limitations of repeated measures on secondary stem growth. However, the Brazilian forest literature lacks a practical guide for construction, processing and application of dendrometer bands. Thus, the objectives of this study were: i) to select and prepare trees for monitoring growth, ii) to construct, install and read dendrometer bands. Three study cases are presented with the application of dendrometer bands in relevant experiments of Brazilian silviculture research cooperative programs.

Keywords: dendrometer, forest inventory, forest ecology, forest meteorology, water balance.

[1]IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP.
[2]UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC.
[3]USP - Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.
[4]4tree Agroflorestal, Piracicaba, SP.
[5]Instituto Centro da Vida, Cuiabá, MT.
[6]Professor Permanente. Universidade de São Paulo / Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal / UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Botucatu, SP.

INTRODUÇÃO

A produtividade de florestas plantadas ou nativas é determinada geralmente por inventários anuais ou bianuais, impedindo a interpretação detalhada do efeito da sazonalidade climática intra-anual sobre o crescimento das árvores. O método mais comum para capturar a sazonalidade do crescimento individual das árvores é aumentar a frequência das medições de diâmetro do tronco em períodos mais curtos de tempo (WUNDER et al., 2013). No entanto, medições diárias, semanais ou mensais podem levar a potenciais erros metodológicos (CATTELINO et al., 1986; KEELAND; YOUNG, 2015), como por exemplo: i) a impossibilidade de posicionar com precisão o equipamento de medição no mesmo local do tronco durante as repetidas mensurações; ii) a rotatividade de mensuradores nas avaliações de longo prazo é fonte de imprecisão, pois a leitura pode variar de pessoa para pessoa; iii) o uso de diferentes equipamentos para realizar as medições do diâmetro do tronco (suta ou fita diamétrica); iv) o desgaste de equipamentos de medição, especialmente as fitas métricas não-metálicas.

Para superar estes possíveis problemas, a aplicação adequada de dendrômetros tem um grande potencial, resultando em medições precisas da periodicidade de crescimento secundário do fuste, mantendo a consistência ao longo do tempo.

Os dendrômetros são equipamentos usados para medir as variações de crescimentos radiais ou perimetrais do tronco. No entanto, há também dendrômetros específicos para monitoramento de outros componentes das plantas, como frutos (LINK et al., 1998) e raízes (TURCOTTE et al., 2011).

Os dendrômetros radiais são de uso pioneiro (REINEKE, 1932; DAUBENMIRE, 1945; BROWN et al., 1947; BYRAM; DOOLITTLE, 1950; ALVIM, 1956). No entanto, o dendrômetro radial tem algumas limitações por i) capturar o incremento em apenas um ponto do diâmetro do fuste; ii) ser considerado invasivo pois necessita ser ancorado no tronco por parafusos; iii) ter construção e instalação mais onerosa e trabalhosa que dendrômetros perimetrais.

Os dendrômetros perimetrais têm uso um pouco mais recente (HALL, 1944; LIMING, 1957; ALVIM, 1975). Estes são confeccionados com fitas metálicas, antigamente feitos em alumínio ou zinco e mais recentemente em aço inoxidável, possuem uma escala graduada de leitura, são mantidos levemente tracionados de forma permanente em torno da circunferência do tronco por meio de uma mola, e em alguns casos podem ter um colar para a fixação da fita. No Brasil, os dendrômetros perimetrais são mais conhecidos pelos termos faixas dendrométricas (VETTER; BOTOSSO, 1988), fitas dendrométricas (MATTOS, 1999), bandas dendrométricas (SILVA, 2001) e também por cintas dendrométricas (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003).

Nos últimos anos tem surgido o desenvolvimento e aplicação de dendrômetros automatizados (HERRMANN et al., 2016), e pacotes estatísticos para consistir, processar, analisar e plotar séries dendrométricas coletadas em frequência sub horária (van der MAATEN et al., 2016). No entanto, com quase um século de aplicação, os dendrômetros analógicos, radiais e perimetrais, são os mais usados.

No Brasil, as fitas dendrométricas artesanais são ainda hoje amplamente utilizadas (CAMPOE et al., 2016; BLAGITZ et al., 2016; ANDREACCI et al., 2017), e mesmo quando comparadas aos dendrômetros industriais apresentam: i) precisão semelhante nas medições; ii) custos de construção inferiores; iii) facilidade na manipulação e instalação no campo; iv) e ausência de alguns danos nos troncos provocados pelos dendrômetros industriais, no caso os dendrômetros radiais (CARVALHO; FELFILI, 2011). Tais vantagens permitem estudar o efeito das variáveis climáticas sobre o crescimento da floresta em intervalos diários, semanais ou mensais, dependendo da espécie, do ambiente e do objetivo do estudo.

Embora haja diversos estudos que usaram fitas dendrométricas artesanais no Brasil (MORAES, 1970; ALVIM, 1975; ALVIM; ALVIM, 1978; BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001; FERREIRA-FEDELE et al., 2004; LISI et al., 2008; SETTE JUNIOR et al., 2012; KANIESKI et al., 2013; CASTRO et al., 2017), nenhum abordou métodos claros de construção, instalação e leitura dos dendrômetros utilizados. Desta forma, o objetivo deste trabalho é servir de guia técnico para a construção e uso de

fitas dendrométricas, incluindo: i) selecionar e preparar as árvores; ii) construir, instalar e ler as fitas dendrométricas. São apresentados três estudos de caso, com a aplicação de fitas dendrométricas em relevantes experimentos de programas cooperativos de pesquisa da silvicultura brasileira.

DESENVOLVIMENTO DA FITA DENDROMÉTRICA

Os materiais e ferramentas necessários para construir as fitas dendrométricas caseiras estão na Figura 1.

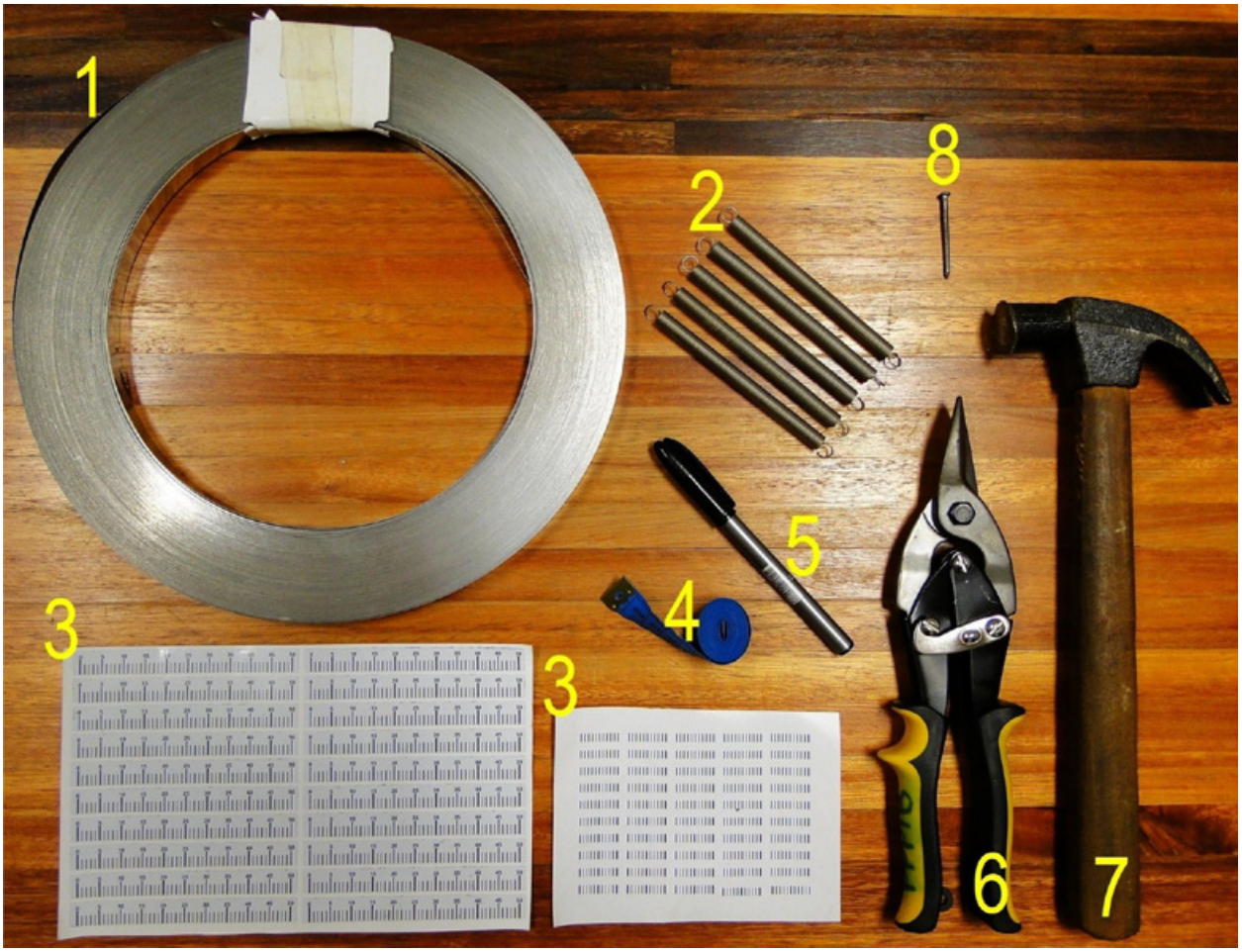

Figura 1. Materiais e ferramentas usados para construir fitas dendrométricas. 1 = fita de aço inoxidável; 2 = mola; 3 = conjunto de adesivos para o sistema nônio (escala 1:5); 4 = fita diamétrica; 5 = caneta de tinta permanente; 6 = tesoura de aviação; 7 = martelo; 8 = prego ou punção. As características dos materiais estão descritas no texto.

i) Os dendrômetros são confeccionados com fitas de aço inoxidável relaminada a frio medindo 0,2 mm x 12,50 mm, respectivamente, de espessura e largura, AISI 301, encruada, dureza 38-42 HRC, e superfície brilhante. A fita de aço inoxidável é de baixo custo, resistente aos danos físicos característicos das condições de campo e à corrosão, molda-se suficiente bem no tronco da árvore e é fácil de trabalhar;

ii) Mola de aço inoxidável medindo 8 mm x 110 mm, respectivamente, diâmetro e comprimento, com fio de 0,8 mm, e capacidade de carga de 2,5 kg. A especificação indica que a mola deve ter tração para manter o dendrômetro abraçado à árvore, e estiramento suficiente que permita a árvore crescer sem impedimento. Importante usar mola em aço inoxidável pois é resistente ao enferrujamento e à corrosão, evitando a sua quebra e a inutilização da fita dendrométrica;

iii) Conjunto de adesivos em material tipo lona perfazendo o sistema nônio, sendo: i) um adesivo maior, chamado de escala fixa, com 100 mm de comprimento por 10 mm de largura, tendo 10 divisões grandes e 50 divisões pequenas, graduado de 0 a 50. Assim, a escala fixa tem unidade mínima de 2 mm; ii) um adesivo menor, chamado de nônio, com 18 mm de comprimento por 5 mm de largura, com 10 divisões pequenas. Assim, o nônio tem unidade mínima de 1,8 mm. É recomendado o uso de adesivos brancos com as marcações em preto para facilitar a leitura em qualquer condição de luminosidade natural. Em florestas de dossel fechado, em dias nublados, e no início e final do dia, pode ser difícil a leitura de dendrômetros com marcações arranhadas diretamente na fita de aço. O sistema nônio recomendado para dendrômetros caseiros apresenta resolução de 0,2 mm, conforme Equação 1:

$$\text{Resolução do nônio} = \frac{\text{unidade da escala fixa}}{\text{número de divisões do nônio}} = \frac{2\ \text{mm}}{10} = 0{,}2\ \text{mm} \qquad \text{Eq. 1}$$

iv) Tesoura de aviação, fita diamétrica, caneta, martelo, prego ou punção são as ferramentas básicas para a construção das fitas dendrométricas.

As fitas dendrométricas são construídas de forma customizada para cada árvore. Um dendrômetro confeccionado sob medida é mais eficiente, pois aumenta o tempo de uso da mesma fita, reduzindo a necessidade de substituições por outras fitas maiores devido ao crescimento das árvores. A economia de material e tempo é especialmente importante em avalições de árvores de rápido crescimento.

O primeiro passo na construção das fitas dendrométricas é identificar as árvores de interesse no monitoramento e medir a circunferência do tronco na altura onde o equipamento será instalado. Essa altura do tronco pode variar de acordo com o objetivo do estudo e com a espécie avaliada. Geralmente, em árvores de crescimento monopodial e com fustes retilíneos típicas de plantações florestais, o dendrômetro é instalado na circunferência à altura do peito (CAP). Em espécies nativas com bifurcação abaixo de 1,30 m, utiliza-se o dendrômetro abaixo do CAP, normalmente entre 0,3 m a 0,5 m acima do solo (Figura 2).

No entanto, fitas dendrométricas instaladas em posições muito baixas ou muito altas no tronco é de difícil leitura, principalmente em estudos que requerem alta frequência de medição. Importante também verificar atentamente o local do tronco onde será realizada a medição, evitando-se qualquer deformidade oriundas de galhos, nós, cancros, podridões e raízes. Em espécies suberosas deve-se raspar a casca do local da instalação da fita antes da coleta da circunferência. A remoção de parte da casca deve ser realizada com cuidado a fim de evitar qualquer dano à zona cambial (Figura 2).

A intensidade da raspagem da casca dependerá da espessura da camada suberosa. Em estudos de longo prazo deve-se atentar à manutenção da escarificação da casca realizada entre as trocas dos dendrômetros. Acúleos e espinhos do tronco também devem ser removidos do local de instalação da fita dendrométrica. Uma vez determinada a posição e o preparo da superfície do tronco, deve-se medir a sua circunferência, marcar e codificar a árvore. A lista de códigos deverá ser levada ao laboratório para identificar as fitas dendrométricas que serão construídas.

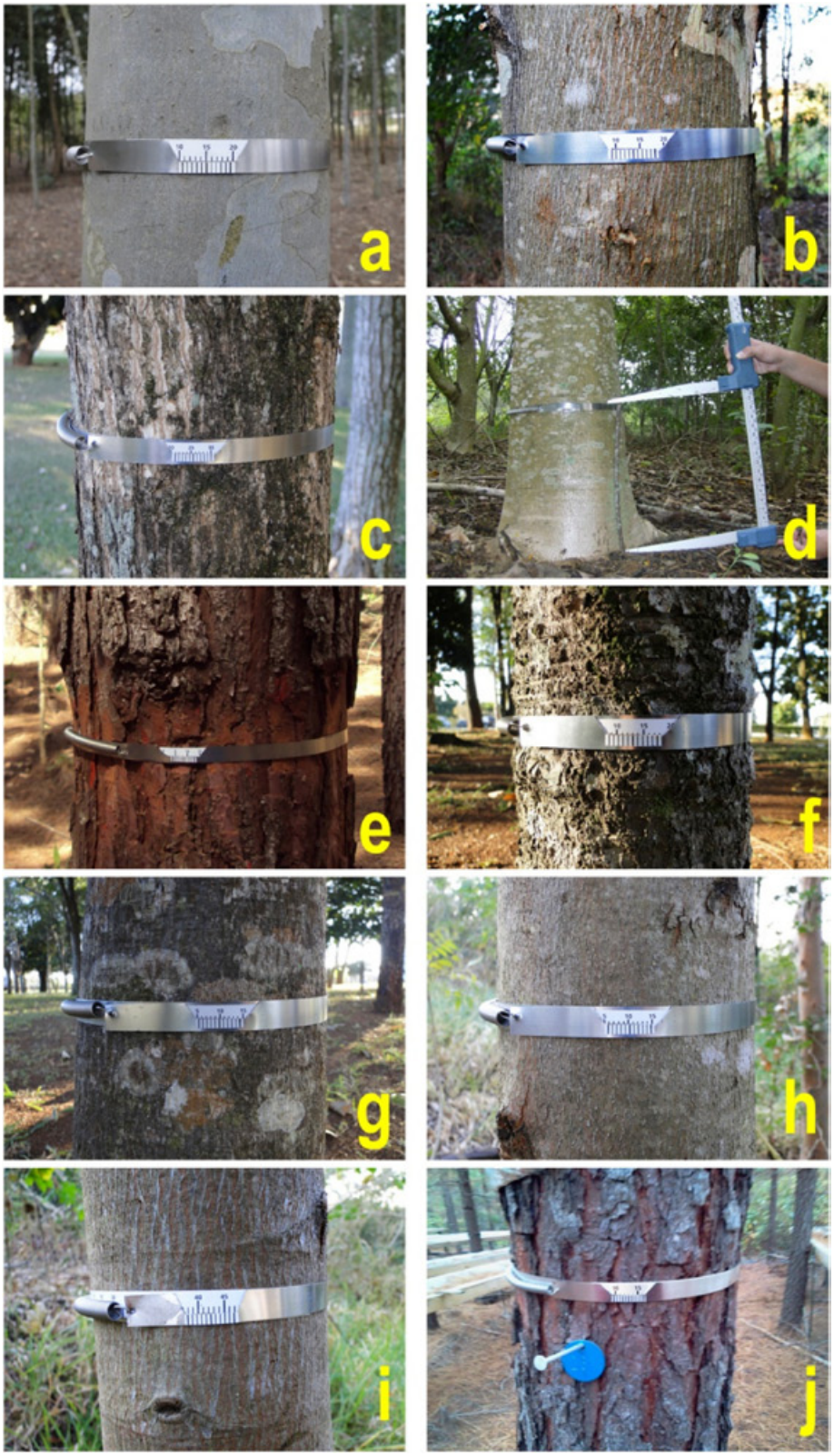

Figura 2. Fitas dendrométricas construídas com o presente protocolo e instaladas em *Eucalyptus citriodora* em Piracicaba, SP (a), *Eucalyptus dunnii* em Piracicaba, SP (b), Tectona grandis em Piracicaba, SP (c), *Heliocarpus americanus* em Anhembi, SP (d), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Itatinga, SP (e), *Araucaria angustifolia* em Itapetininga, SP (f), *Hymenaea courbaril* em Itapetininga, SP (g), *Eucalyptus grandis* na Colômbia (h), *Eucalyptus benthamii* na Carolina do Norte, EUA (i), e em *Pinus taeda* na Virgínia, EUA (j).

Após a coleta das circunferências das árvores selecionadas deve-se iniciar a confecção dos dendrômetros. Para a sua montagem:

i) deve-se cortar a fita de aço com comprimento da circunferência do tronco mais um segmento de 170 mm (Figura 3). Cada fita deve ser cortada individualmente para cada árvore e imediatamente identificada. Atenção ao manusear a mola e a fita de aço inoxidável após o seu recorte, pois apresentam rebarbas que podem causar corte na pele;

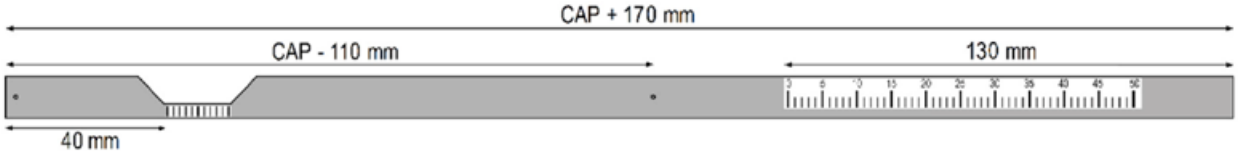

Figura 3. Design e dimensões básicas para a construção de uma fita dendrométrica.

ii) com auxílio de um martelo e um prego faz-se dois orifícios na fita, sendo o primeiro a 2mm de uma das extremidades e um outro à CAP-110 mm a partir da extremidade do primeiro furo. Os furos deverão ter diâmetro aproximado de 1 mm, e servirão de pontos de apoio onde a mola será fixada e tracionada. Cuidado ao fazer o primeiro furo muito próximo da extremidade da fita, a fim de evitar que o metal se rasgue. Quando fizer os orifícios observar que o prego ou punção deve ser batido na face oposta da fita a qual serão colados os adesivos, pois as rebarbas do metal poderão arranhá-los durante o crescimento da árvore;

iii) o adesivo menor deve ser colado rente à parte inferior da fita a partir de 40 mm da extremidade furada;

iv) acima do adesivo menor usar a tesoura para fazer um recorte na fita metálica no formato de um trapézio, como demonstrado na Figura 3. Esse recorte é a janela de leitura do sistema nônio;

v) para concluir a construção da fita dendrométrica, deve-se colar o adesivo maior (escala fixa) a partir de 130 mm da outra extremidade e rente à parte superior da fita metálica. Após estas etapas, os dendrômetros estarão prontos para serem instalados nas árvores.

De volta ao campo, levar as fitas dendrométricas identificadas, as molas, a fita diamétrica e a ficha de dados. Antes da instalação do dendrômetro faça uma nova medição da circunferência do tronco. Esta medida será a CAP no tempo zero. Durante a instalação verifique também o ajuste da mola e o correto posicionamento da fita dendrométrica no tronco. Após a fixação da fita dendrométrica deve ser realizada a primeira leitura.

As leituras do dendrômetro são simples e baseadas nas duas escalas de medição: a fixa e o nônio (Figura 4). A leitura deve ser iniciada verificando-se a posição do zero do nônio em relação às marcas grandes da escala fixa. Esta leitura resultará em um valor inteiro, multiplicando-se a contagem por 10 (1 cm = 10 mm). A segunda leitura deve ser contada a partir da posição do nônio em relação às marcas pequenas da escala fixa. Esta leitura resultará em um valor inteiro, multiplicando-se a contagem por 2 (1 unidade = 2 mm). A posição de alinhamento do nônio com uma das marcas da escala principal resultará em uma medida decimal.

Uma maneira simples de executar este passo é contar quantos intervalos entre as marcas o zero do nônio deixou à sua esquerda. O resultado dessa contagem deverá ser multiplicado pela resolução do sistema nônio, que neste caso é de 1:5, ou 0,2 mm. Como observado na Figura 4A, o zero do nônio está alinhado ao zero da escala principal, assim a leitura é igual a 0 mm. No exemplo seguinte, o zero do nônio passou da primeira marca grande da escala fixa (1 * 10 = 10 mm), mas não chegou na primeira marca pequena da escala fixa (0 * 1 = 0 mm). No nônio, a quinta marca está alinhada a uma das marcas da escala fixa (5 * 0,2 = 1 mm). A leitura final somou 11 mm (Figura 4B). No último exemplo, o zero do nônio passou da terceira marca grande da escala fixa (3 * 10 = 30 mm), e passou da terceira marca pequena da escala fixa (3 * 2 = 6 mm). No nônio, a quarta marca está alinhada a uma das marcas da escala fixa (4 * 0,2 = 0,8 mm). A leitura final somou 36,8 mm (Figura 4C).

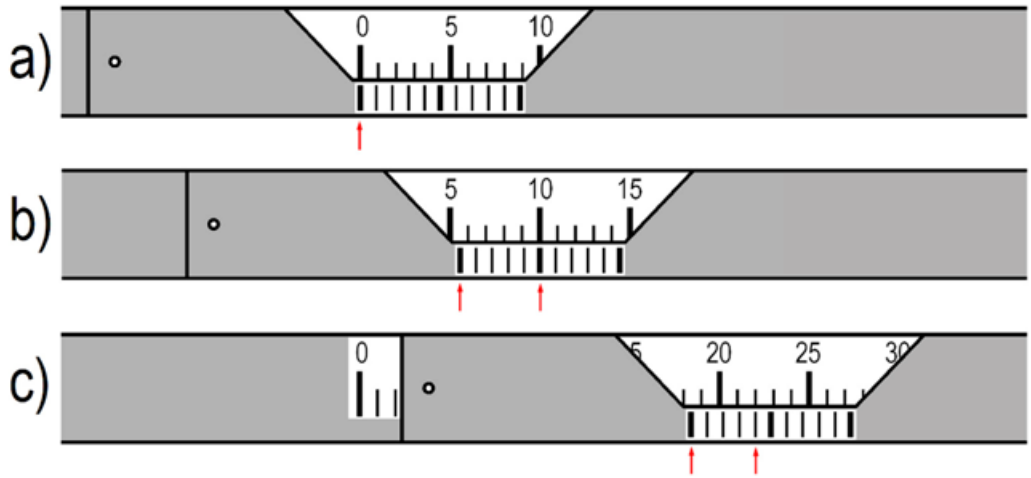

Figura 4. Exemplos de leituras de fitas dendrométricas, com detalhes na escala graduada e no nônio de resolução 1:5. a) Leitura = 0 mm. b) Leitura = (1 * 10) + (0 * 2) + (5 * 0,2) = 11 mm. c) Leitura = (3 * 10) + (3 * 2) + (4 * 0.2) = 36,8 mm.

As fitas dendrométricas devem ser substituídas quando o sistema atingir 90% da escala de medição. Quando o zero do nônio passar da nona marca grande da escala fixa (9 * 10 = 90 mm) deve-se medir o CAP para a construção do novo dendrômetro. A cada troca de fita dendrométrica, a leitura da fita antiga e a leitura da nova fita devem ser registradas na ficha de medição para ajustes e cálculos posteriores. Caso sejam necessários a substituição de adesivos, a leitura anterior e posterior à troca destes também devem ser anotadas.

APLICAÇÕES DA FITA DENDROMÉTRICA

Caso 1: Efeitos dos regimes hídricos e nutricionais no crescimento de um clone *E. urophylla* x *E. grandis*

O experimento pertence à rede do Projeto BEPP-IPEF (www.ipef.br/bepp) e está localizado na região de Bocaiúva, Minas Gerais (STAPE et al., 2010). Em fevereiro de 2005, o experimento foi instalado com um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com espaçamento de 3 m x 3 m. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 com dois níveis de fertilização: tradicional e extra; e dois níveis hídricos: não irrigado e irrigado. Os tratamentos foram: CN = fertilização tradicional sem irrigação; FN = fertilização extra sem irrigação; CI = fertilização tradicional com irrigação; FI = fertilização extra com irrigação. A chuva média da região é 850 mm ano^{-1}. Os tratamentos irrigados receberam aproximadamente 2000 mm ano^{-1}, sendo este montante a soma de chuva mais a lâmina da irrigação, quantidade suficiente para suprir a evapotranspiração potencial da localidade. Para detalhes adicionais do experimento consulte Stape et al. (2010). Aos 12 meses de idade, fitas dendrométricas foram instaladas em 3 árvores de cada tratamento, sendo uma árvore média, uma árvore inferior (média - 1 desvio padrão) e uma árvore superior (média + 1 desvio padrão) (CARNEIRO et al., 2007).

As leituras das fitas foram realizadas a cada 15 dias. A área da seção transversal (AST) inicial média de cada tratamento foi: CN = 45,7 cm^2 árvore^{-1}; FN = 50,6 cm^2 árvore^{-1}; CI = 64,9 cm^2 árvore^{-1}; FI = 74,7 cm^2 árvore^{-1}. A fertilização adicional não foi significativa. Os tratamentos irrigados apresentaram crescimentos acumulados superiores aos tratamentos não irrigados durante todo o período avaliado. A disponibilidade hídrica é o fator limitante da produtividade nesta região, notadamente no período típico de estiagem de maio a outubro (Figura 5).

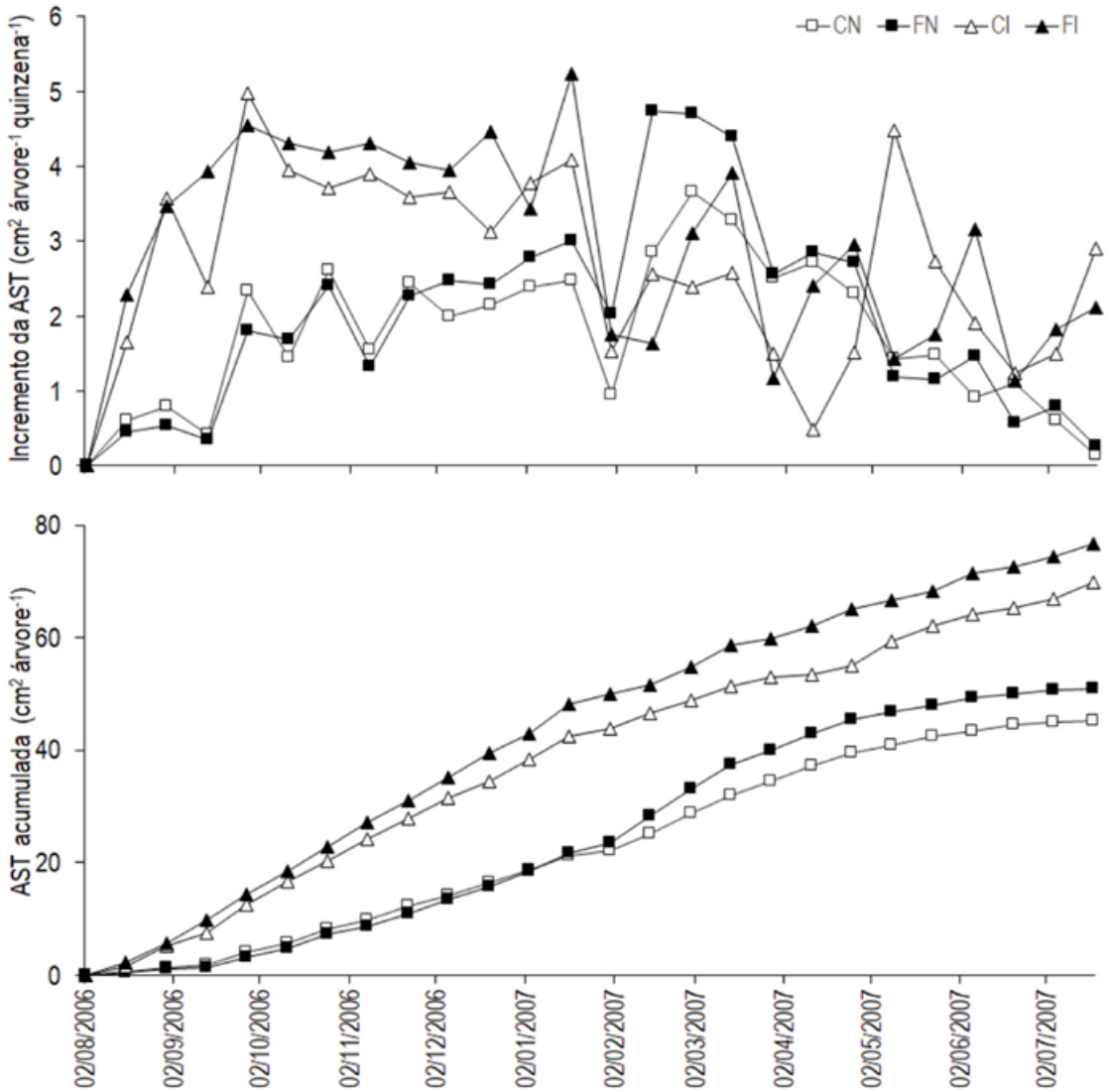

Figura 5. Incremento e crescimento acumulado da AST (área da seção transversal, cm²) de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* na região de Bocaíuva, Minas Gerais, dos 12 aos 24 meses de idade, em diferentes regimes hídricos e nutricionais. CN = fertilização tradicional sem irrigação; FN = fertilização extra sem irrigação; CI = fertilização tradicional com irrigação; FI = fertilização extra com irrigação. Dados originais apresentados por Carneiro et al. (2007).

Caso 2: Estimativa da temperatura basal mínima do *Pinus taeda* em Telêmaco Borba, PR

A temperatura do ar é uma das principais variáveis meteorológicas moduladora da produtividade florestal. Sua sazonalidade está ligada à época do ano, à latitude, à altitude, à distância do mar, e ainda pelos aspectos topo e microclimáticos. Por isso, a temperatura do ar pode variar drasticamente, tanto temporariamente como espacialmente, e, portanto, a sua disponibilidade pode realmente ser muito alta ou muito baixa para controlar o crescimento das árvores.

Cada espécie ou genótipo tem uma temperatura ótima para o seu pleno crescimento, e ainda duas outras temperaturas basais, a temperatura máxima (T_B) e a temperatura mínima (T_b), fora das quais as árvores cessam o seu crescimento (YIN, et al., 1995). Existem poucas referências sobre as temperaturas basais para espécies florestais (RAWAL et al., 2014; WATT et al., 2014) e no Brasil, essas temperaturas limiares ainda seguem desconhecidas para a maioria das espécies e genótipos.

Em condições de campo nas regiões tropicais e subtropicais de nulo ou baixo déficit hídrico, a T_b de uma espécie pode ser determinada, especialmente, em áreas de elevada altitude ou em regiões de maior latitude combinada à altitude elevada durante o final do outono e o inverno. No Brasil, as regiões adequadas para determinar a T_b de uma espécie estão localizadas principalmente nos tipos climáticos Cfa, Cfb e Cfc do sistema de classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). Tais regiões geralmente têm chuvas bem distribuídas e o déficit hídrico é nulo ou baixo, o que contribui para isolar os efeitos da temperatura do ar no crescimento das árvores.

Telêmaco Borba, Paraná, combina as características climáticas ideais para estimar a T_b de diferentes espécies florestais em condições de campo. A região classificada como Cfb é climaticamente apta à cultura do *Pinus taeda*. Nesta localidade estão instalados experimentos do Projeto Produtividade Potencial do Pinus no Brasil PPPIB-IPEF (www.ipef.br/pppib). Em janeiro de 2007, o experimento foi instalado com mudas seminais de *Pinus taeda* (procedência Três Barras, SC, Rigesa) com espaçamento 3 m x 2 m.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 com dois níveis de manejo: com desbaste e sem desbaste; e dois regimes de fertilização: não fertilizado e fertilizado. Para detalhes adicionais do experimento consulte Campoe et al. (2016). Aos 5 anos de idade, fitas dendrométricas foram instaladas em 24 árvores (proporção 1:1:1, dominada, média, dominante) apenas de parcelas não desbastadas e não fertilizadas. As leituras das fitas dendrométricas ocorreram a cada 30 dias durante 2 anos. Dados meteorológicos diários locais foram resumidos para escala do mês e calculado o balanço hídrico (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) sequencial mensal (ROLIM et al., 1998). Meses que apresentaram déficit hídrico foram desconsiderados do estudo. O incremento da AST (área da seção transversal, cm²) do *Pinus taeda* e a temperatura mínima média mensal (ºC) em Telêmaco Borba, PR, apresentaram relação significativa (R^2 = 0,90, p <0,0001) (Figura 6).

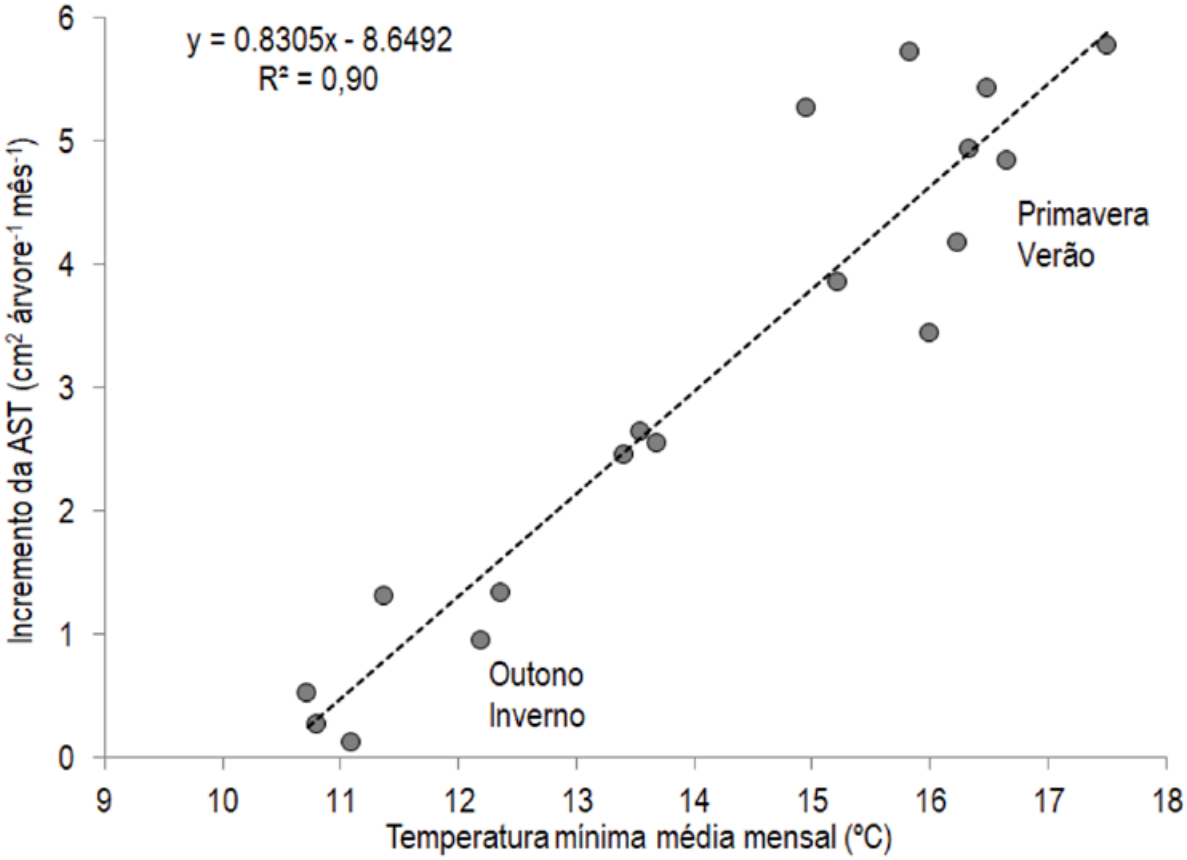

Figura 6. Relação entre o incremento da AST (área da seção transversal, cm²) de *Pinus taeda* e a temperatura mínima média mensal (ºC) em Telêmaco Borba, PR.

Nos meses de maior favorabilidade climática (entre o final da primavera e o início do verão), o incremento de AST para *P. taeda* alcançou médias superiores a 5 cm^2 de $árvore^{-1}$ $mês^{-1}$. No inverno, sem déficit hídrico, o incremento de AST é inferior a 1,5 cm^2 de $árvore^{-1}$ $mês^{-1}$ e, no final desta estação, a produtividade é quase nula. Assim, para um incremento de AST nulo, ou seja, quando y = 0, a temperatura basal mínima é x = 8,6492 / 0,8305, definindo-se assim a T_b = 10,4ºC para o *P. taeda*, que é a temperatura mínima média mensal necessária para interromper o crescimento desta espécie. Esse método para obter T_b, em condições de campo, tem sido usado há muito tempo para culturas agrícolas (PEDRO JÚNIOR et al., 1990) e florestais (BOYER, 1970).

Caso 3: Variabilidade do crescimento de uma plantação de *Eucalyptus grandis*

Estudos de ecologia florestal utilizando fitas dendrométricas objetivam fornecer uma alta frequência de medições da circunferência do tronco para avaliar os efeitos da sazonalidade climática sobre o crescimento de árvores individuais. No entanto, os resultados dessas numerosas medições são tipicamente deficientes quando o assunto é o crescimento sequencial no nível de hectare ou do talhão, levando-se a uma questão-chave: como extrapolar as séries temporais de crescimento com fitas dendrométricas de uma amostra de árvores para a sua população? Para responder essa pergunta deve-se primeiramente amostrar a população para conhecer a distribuição dos indivíduos e a sua variabilidade de crescimento.

Nos inventários florestais contínuos de plantações comerciais e nos experimentos de ecologia e manejo florestal, normalmente aplicam-se parcelas de 200 m^2 a 800 m^2 para inferir sobre o volume ou a biomassa de madeira das parcelas, dos talhões e dos povoamentos. Assim, as árvores têm CAP e altura total medidas, anualmente ou bianualmente, e com uso de equações alométricas o volume de madeira ou biomassa para cada árvore dentro da parcela são estimados. As árvores são então somadas e com isso é possível extrapolar a produção de madeira para uma unidade padrão (por exemplo, o hectare). Contudo, em estudos de frequência de medição mais alta (dias, semanas ou meses), as fitas dendrométricas são colocados em um número reduzido de árvores dentro das parcelas de inventário (geralmente em 10 a 15%), diminuindo o tamanho de amostragem disponível para calcular o crescimento em área.

Para tratar deste assunto, são apresentados dados de crescimento dendrométrico do Projeto Eucflux-IPEF (www.ipef.br/eucflux), localizado na região de Itatinga, São Paulo. Foltran et al. (2009), com apoio de mais de 20 estudantes integrantes do Grupo Florestal Monte Olimpo (GFMO), realizaram o censo da CAP em uma área 90 ha, totalizando mais de 145.000 árvores de *Eucalyptus grandis* seminal (Coff's Harbour) aos seis anos de idade plantadas com espaçamento de 3,75 m x 1,6 m. A população foi dividida em função da distribuição diamétrica em três classes de tamanho: árvores dominadas (AST média = 122 cm^2 $árvore^{-1}$), árvores médias (AST média = 239 cm^2 $árvore^{-1}$) e árvores dominantes (AST média = 398 cm^2 $árvore^{-1}$). Ao longo do gradiente natural de produtividade da área (CAMPOE et al., 2013) foram instaladas 300 fitas dendrométricas na proporção 1/6:4/6:1/6.

As leituras dos dendrômetros foram realizadas quinzenalmente, de setembro de 2008 a setembro de 2009. O balanço hídrico sequencial foi calculado com dados de precipitação e temperatura da estação meteorológica local e seguiu metodologia de Thornthwaite e Mather (1955). Para maiores informações da área experimental consulte Campoe et al. (2016). Com exceção do veranico de novembro a dezembro de 2009, as árvores de todas as classes de tamanho apresentaram alguma taxa de crescimento (Figura 7). Nestas quinzenas de déficit hídrico acentuado, entre o fim da primavera e início do verão, período em que climatologicamente eram esperados excedentes hídricos, a maioria das árvores cessaram o ritmo de crescimento. No trimestre seguinte, entre janeiro e março de 2009, com a ausência de déficit hídrico as árvores apresentaram elevadas taxas de crescimento.

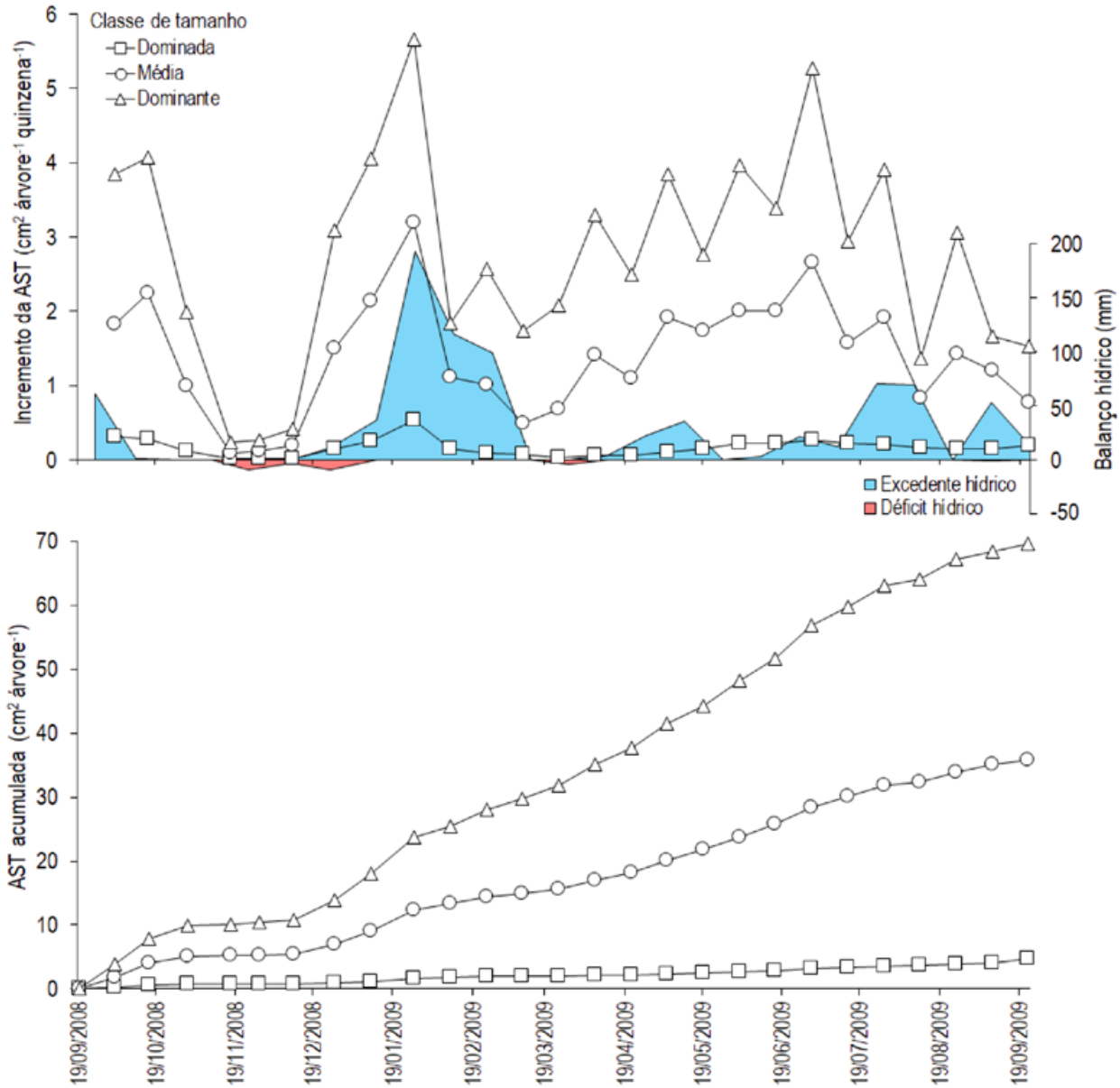

Figura 7. Incremento e crescimento acumulado da AST (área da seção transversal, cm²) de *E. grandis* seminal (Coff's Harbour) dos 70 aos 82 meses de idade, em um povoamento comercial na região de Itatinga, São Paulo. Dados originais de crescimento foram apresentados por Foltran et al. (2009) e Campoe et al. (2016). Balanço hídrico sequencial conforme Thornthwaite & Mather (1955).

Resultados do Eucflux e de outros estudos mostraram que a taxa de crescimento do tronco está estreitamente relacionada ao tamanho da árvore (KOZLOWSKI; PETERSON, 1962; BINKLEY et al., 2006, STAPE et al., 2010, CAMPOE et al., 2013; 2016; MATTOS, 2015). Essa relação é observada principalmente durante os períodos de alta favorabilidade das condições ambientais ao crescimento (bióticas e abióticas) (Figura 8). Portanto, a metodologia de amostragem e classificação das árvores são cruciais para uma estimativa confiável do crescimento no nível do povoamento.

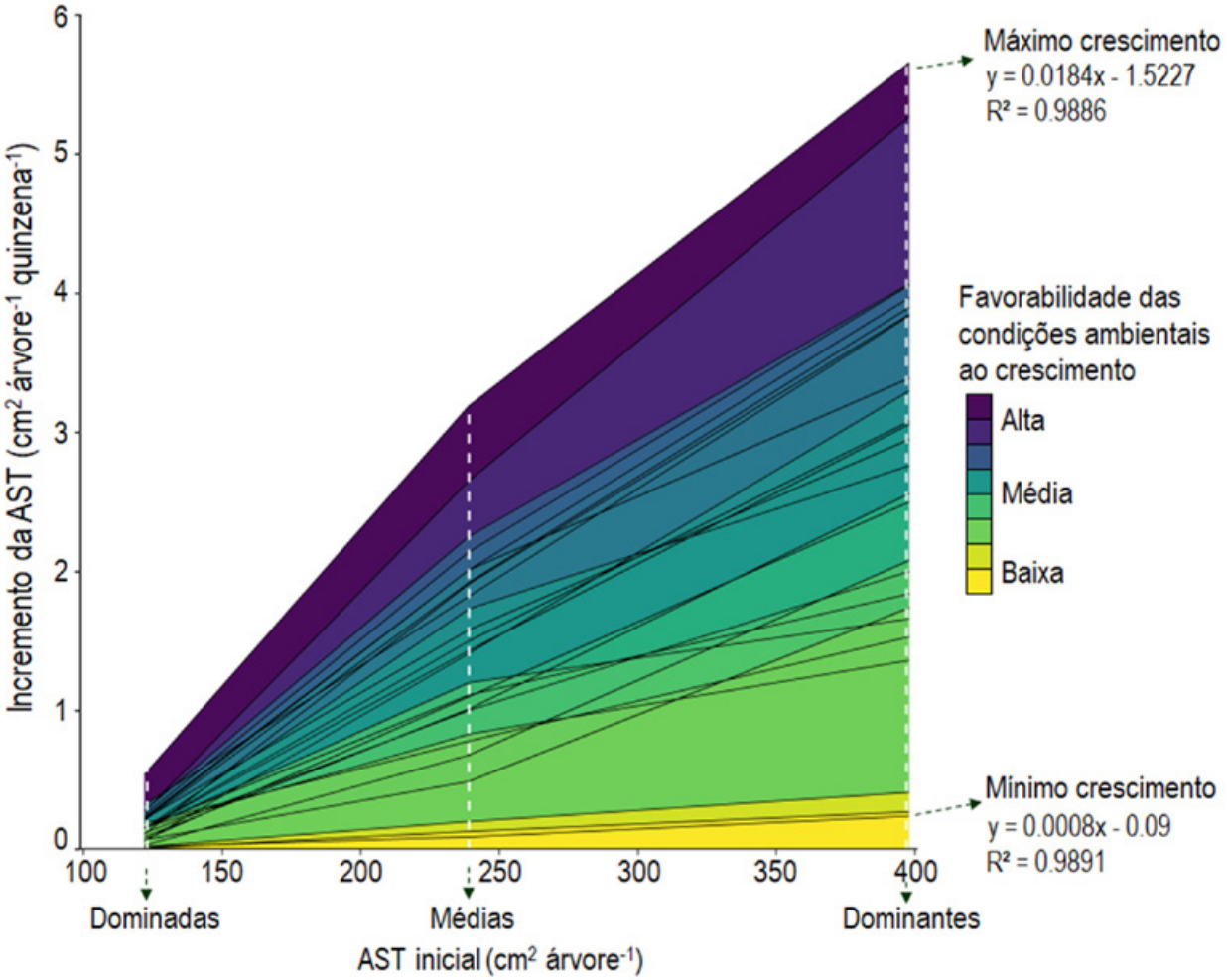

Figura 8. O incremento quinzenal da AST (área da seção transversal, cm²) aumenta com a AST inicial. Períodos (quinzenas) com maior disponibilidade de recursos ambientais resultam em regressões mais inclinadas. AST média inicial das classes de árvores foram: dominadas (122 cm² árvore^{-1}), médias (239 cm² árvore^{-1}), dominantes (398 cm² árvore^{-1}). Amostra composta de 300 árvores de *E. grandis* seminal (Coff's Harbour) na região de Itatinga, São Paulo.

Se todas as árvores em uma parcela ou talhão crescessem exatamente na mesma taxa, então 50% das árvores menores teriam 50% do incremento total. Contudo, o que naturalmente ocorre é que as árvores dominantes crescem proporcionalmente mais do que árvores médias, e estas, mais que as dominadas (Figura 9). Portanto, amostrar apenas árvores de tamanho médio pode levar a estimativas imprecisas. Assim, deve-se considerar a distribuição diamétrica da parcela ou do povoamento na amostragem das árvores em todas as classes de tamanho.

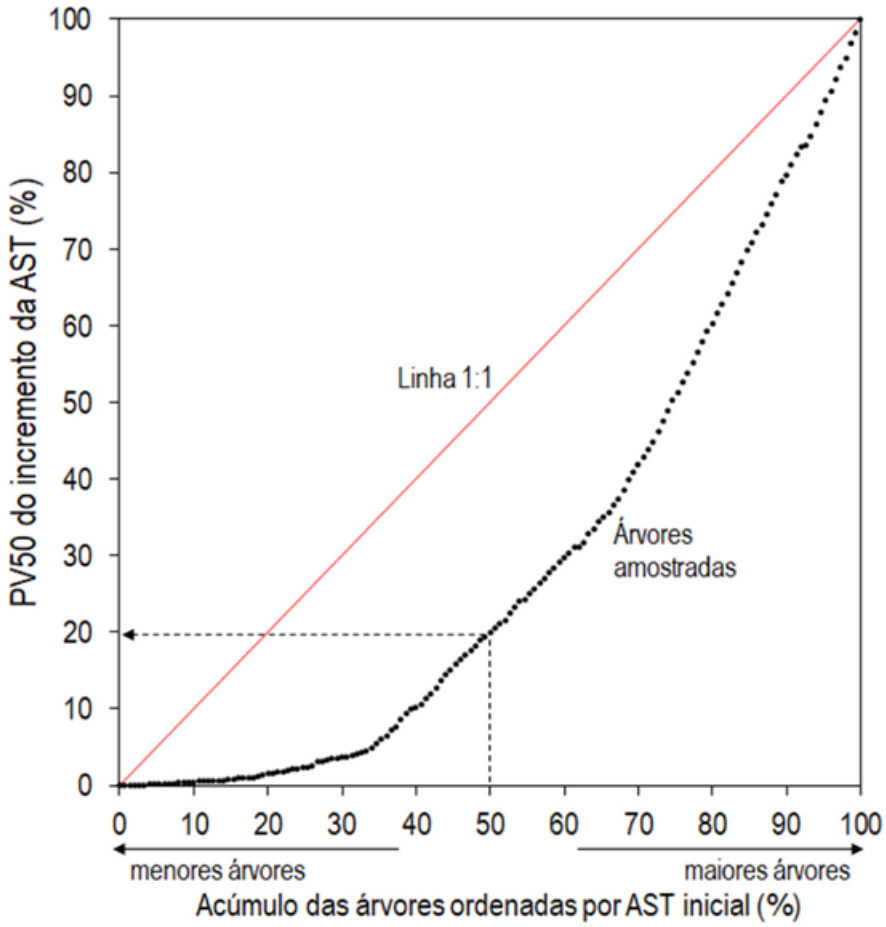

Figura 9. Percentual acumulado do incremento da AST (área da seção transversal, cm²) (PV50) de 50% das menores árvores em função do percentual de árvores acumuladas ordenadas pela AST inicial. Amostra composta de 300 árvores de *E. grandis seminal* (Coff's Harbour) aos 5,8 anos na região de Itatinga, São Paulo, selecionadas com base na distribuição diamétrica natural da plantação. A dominância entre as árvores aumenta à medida que a linha pontilhada (real) diverge da linha contínua 1:1 (teórica). Observar que 50% das menores árvores representam 20% do crescimento da amostra (seta indicando as posições).

Um método confiável para extrapolar as medições das fitas dendrométricas para o nível do talhão é relacionar o tamanho da árvore contra o seu incremento ao longo de um determinado período de tempo (Figura 8). As regressões obtidas são aplicadas às todas outras árvores do povoamento, extrapolando corretamente o crescimento em todas as classes de tamanho. Em caso de relação não significativa, o incremento médio do período é aplicado em todas as árvores, independente da classe de tamanho. Medições periódicos da CAP das parcelas de inventário ou parcela experimental também são importantes para validar os dados extrapolados, e também ser um ponto temporal para aplicar as equações de extrapolação do crescimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de construção de fitas dendrométricas apresentada neste trabalho vem sendo utilizada há quase 15 anos pelo GFMO (http://www.gfmo.esalq.usp.br). Milhares de dendrômetros já foram construídos pelo grupo e aplicados em diversos estudos no Brasil e também no exterior, como nos Estados Unidos da América e na Colômbia (CARNEIRO et al., 2007; 2008; FOLTRAN et al., 2009; GONÇALVES et al., 2010; RODRIGUES et al., 2012; CARMO et al., 2014; WENZEL et al., 2014; DELIBERALI et al., 2015; ESTEVES et al., 2015; HALL, 2015; MATTOS, 2015; MIYAGAWA et al., 2015; PAULA et al., 2015; WARD et al., 2015; PIZZI, 2016; CAMPOE et al., 2016; FOLTRAN, 2017).

Atualmente, para o monitoramento de 100 árvores com DAP médio de 25 cm, usando 100 m de fitas de aço inoxidável (55% custo), molas (40%) e adesivos (5%), o custo unitário da fita dendrométrica é de aproximadamente R$ 5,00. A simplicidade de construção, leitura, manutenção, e o baixo custo da fita dendrométrica, diante dos relevantes resultados obtidos encorajará o seu uso em diversos outros estudos em ecologia e manejo florestal no país.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Mario Tomazello Filho e a sua equipe do Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira (ESALQ) por nos ensinarem a construir, instalar e usar as fitas dendrométricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVIM, P. T. Estudios sobre o crescimiento do tronco do cacaueiro. In: REUNIÃO DO COMITÉ TÉCNICO INTERAMERICANO DE CACAU. 6., Salvador, 1956. **Anais...**Salvador: Instituto de Cacau de Bahia, 1956. p. 83-87.

ALVIM, P. T. A new dendrometer for monitoring cambium activity and changes in the internal water status of plants. **Turrialba**, v. 25, p. 445-447, 1975.

ALVIM, P. T.; ALVIM, R. Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. In: TOMLINSON, P.B.; ZIMMERMANN, M.H., **Tropical trees as living systems**. Cambridge: University Press, 1978. p. 445-64.

ANDREACCI, F.; BOTOSSO, P.C.; GALVAO, F. Fenologia vegetativa e crescimento de Cedrela fissilis na Floresta Atlântica, Paraná, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, e20150241, 2017

BINKLEY, D.; KASHIAN, D.M.; BOYDEN, S.; KAYE, M. W.; BRADFORD, J. B.; ARTHUR, M. A.; FORNWALT, P. J.; RYAN, M. G. Patterns of growth dominance in forests of the Rocky Mountains, USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdan, v. 236, p. 193-201, 2006.

BLAGITZ, M.; BOTOSSO, P. C.; BIANCHINI, E.; MEDRI, M. E. Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, p. 163-73, 2016.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELLA, W. (Eds) **Indicadores ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: Educ, 2001. p. 145-171.

BOYER, W. D. Shoot growth patterns of young loblolly pine. **Forest Science**, Bethesda, v. 16, p. 472-482, 1970.

BROWN, C. T.; ROSE, R. C.; SPURR, S. H. The dial gauge dendrometer as a tool in silvicultural research. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 45, n. 2, p. 102-104, 1947

BYRAM, G. M.; DOOLITTLE, W. T. A year of growth for a shortleaf pine. **Ecology**, v. 31, n. 1, p. 27-35, 1950

CAMPOE, O. C.; MUNHOZ, J. S.; ALVARES, C. A.; CARNEIRO, R. L.; DE MATTOS, E. M.; FEREZ, A. P. C.; STAPE, J. L. Meteorological seasonality affecting individual tree growth in forest plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 380, p. 149-160, 2016.

CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J.-P.; BAUERLE, W.L.; BINKLEY, D.; LE MAIRE, G. Stem production, light absorption and light use efficiency between dominant and non-dominant trees of Eucalyptus grandis across a productivity gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 288, p. 14-20, 2013.

CARMO, J. B.; MATTOS, E. M.; ALVARES, C. A.; STAPE, J. L. Relação entre o ritmo de crescimento inicial de dezoito genótipos de Eucalyptus e variáveis meteorológicas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 22., 2014, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP ESALQ, 2014.

CARNEIRO, R. L.; GARCIA, C. C.; BRANCO, G. C.; STAPE, J. L. Avaliação do Efeito do Regime Hídrico na Produtividade e do Índice de Área Foliar do Eucalyptus na Região Norte de MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 16., 2008, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ USP, 2008

CARNEIRO, R. L.; CONTI JUNIOR, J. L. F.; SIDOROWSKI, F. A.; ANDRADE, H. B; STAPE, J. L. Efeito da nutrição e da irrigação no crescimento diamétrico e área basal de clones de Eucalyptus no norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 15., 2007, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: ESALQ USP, 2007.

CARVALHO, F. A., FELFILI, J. M. Cost-benefit analysis of industrial and homemade dendrometer bands. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 25, p. 566-570, 2011

CASTRO, V. R.; SURDI, P. G.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAIX, G.; LACLAU; J. P. Efeito da disponibilidade hídrica e da aplicação de potássio e sódio no crescimento em diâmetro do tronco de árvores de Eucalyptus grandis. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, p. 89-99, 2017.

CATTELINO, P. J., BECKER, C. A., FULLER, L. G. Construction and installation of homemade dendrometer bands. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 3, n. 2, p. 73-75, 1986.

DAUBENMIRE, R. F. An improved type of precision dendrometer. **Ecology**, v. 26, n. 1, p. 97-98, 1945.

DELIBERALI, I; CARNEIRO, R. L.; MUNHOZ, J. S. B.; STAPE, J. L.; SANTOS, G. D. Climate, water and nutritional effect on growth of Pinus caribaea var. hondurensis in Minas Gerais, Brazil. In: IUFRO SYMPOSIUM: SILVICULTURE AND MANAGEMENT OF DRYLAND FORESTS. 2015, Stellenbosch. **Proceedings...** Stellenbosch: IUFRO, 2015.

ESTEVES, O.; VIEIRA, L. A. A.; PIZZI, M. B.; STAPE, J. L. Perda de produtividade do Eucalyptus benthamii por efeito de desfolhas sucessivas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 23., 2015, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 2015.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; GIANNOTTI, E. Periodicidade do crescimento de Esenbeckia leiocarpa Engl.(guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 65, p. 141-149, 2004.

FIGUEIREDO FILHO, A.; HUBIE, S. R.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J.; SANQUETTA, C. R. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 71-84, 2003

FOLTRAN, E. C., SOLIANI, F., CAMPOE, O. C., STAPE, J. L. Variabilidade no crescimento de uma plantação de *Eucalyptus grandis* avaliada por meio de fitas dendrométricas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 17., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ USP, 2009.

FOLTRAN, E. C. **Dinâmica do fósforo no sistema solo-planta em função da solubilidade de fertilizantes fosfatados, em plantios de *Eucalyptus grandis***. 2017. 74 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

GONÇALVES, E. L.; HAKAMADA, R. E.; SILVA, R. M. L.; GONÇALVES, J. L. M. Elaboração de metodologia para avaliação dos danos causados pelo percevejo bronzeado à cultura do *Eucalyptus* spp. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 18., 2010, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP ESALQ, 2010.

HALL, K.B. **Modeling the actual productivity of Eucalyptus benthamii in the Southeastern United States**. 2015. 161 p. Dissertação (Mestrado em Ciência) – North Carolina State University, Raleigh, 2015.

HALL, R. C. A vernier tree-growth band: **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 42, n. 10, p. 742-743, 1944.

HERRMANN, V.; MCMAHON, S. M.; DETTO, M.; LUTZ, J. A.; DAVIES, S. J.; CHANG-YANG, C. H.; ANDERSON-TEIXEIRA, K. J. Tree circumference dynamics in four forests characterized using automated dendrometer bands. **PloS one**, São Francisco, v. 11, e0169020, 2016.

KANIESKI M. R.; SANTOS, T. L.; MILANI, J. E. F.; MIRANDA, B. P.; GALVÃO, F.; BOTOSSO, P. C., RODERJAN, C. V. Crescimento diamétrico de Blepharocalyx salicifolius em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 197-206, 2013.

KEELAND, B. D.; YOUNG, P.J. **Installation of traditional dendrometer bands**. U.S. Geological Survey. National Wetlands Research Center, 2015. Disponível em: < http://www.nwrc.usgs.gov/topics/Dendrometer. Acesso em 23 dez. 2016

KOZLOWSKI, T T.; PETERSON, T. A. Seasonal growth of dominant, intermediate, and suppressed red pine trees. **Botanical Gazette**, v. 124, p. 146-154, 1962.

LIMING, F. G. Homemade dendrometers. **Journal of Forestry**, Bethsda, v. 55, p. 575-577, 1957.

LINK, S. O.; THIEDE, M. E.; VAN BAVEL, M. G. An improved strain-gauge device for continuous field measurement of stem and fruit diameter. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, n. 326, p. 1583-1587, 1998.

LISI, C. S.; FO, M. T.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **Iawa Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

VAN DER MAATEN, E.; VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M.; SMILJANIĆ, M.; ROSSI, S.; SIMARD, S.; WILMKING, M.; DESLAURIERS, A.; FONTI, ARX, G.; BOURIAUD, O. DendrometeR: Analyzing the pulse of trees in R. **Dendrochronologia**, Amsterdam, v. 40, p. 12-16, 2016.

MATTOS, E. M. **Caracterização da sazonalidade do crescimento do lenho, da copa e da eficiência do uso da luz em clones do gênero Eucalyptus**. 2015. 128 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior "Luiz de Quieroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MATTOS, P. P. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS**. 1999. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MIYAGAWA, J. S.; CARNEIRO, R. L.; DELIBERALI, I.; STAPE, J. L. Efeito da irrigação, fertilização e do clima no crescimento contínuo do Pinus caribaea var. hondurensis em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 23., 2015, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP ESALQ, 2015.

MORAES, V. H. F. Periodicidade de crescimento do tronco em árvores da floresta amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 315-20, 1970.

PAULA, A. C. L. C.; ALVARES, C. A.; CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L. Ritmo de crescimento do clone AEC144 em dois sítios climatologicamente distintos no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 23., 2015, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP ESALQ, 2015.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; ALCANTARA, P. B.; ROCHA, G. L.; ALFONSI, R. R.; DONZELI, P. L. **Aptidão climática para plantas forrageiras no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1990. 27 p. (IAC. Boletim técnico, 139).

PIZZI, M. B. **Perdas de produtividade de 12 clones de eucalipto submetidos a desfolhas artificiais sucessivas**. 2015. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", 2015.

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. 269, p. 427-442, 2014.

REINEKE, L. H. A precision dendrometer. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 30, n. 6, p. 692-699, 1932.

RODRIGUES, R. J.; CARNEIRO, R. L.; MUNHOZ, J. S. B.; STAPE, J. L. Estudo do crescimento diamétrico e da área basal de Pinus taeda e Pinus caribaea sob efeito da irrigação e da nutricão em Itatinga-SP. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 20., 2012, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP ESALQ, 2012.

ROLIM, G. D. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Alagoas, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SETTE JUNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOUSADA, J. L.; LACLAU, J. P. Sazonalidade do incremento em diâmetro do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis* pelo uso de dendrômetros. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 763-775, 2012.

SILVA, R. P. **Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes toposseqüências na região de Manaus-AM**. 2001. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2001.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. D.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684-1694, 2010.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

TURCOTTE, A.; ROSSI, S; DESLAURIERS, A; KRAUSE, C; MORIN, H. Dynamics of depletion and replenishment of water storage in stem and roots of black spruce measured by dendrometers. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 2, p. 1-8, 2011.

VETTER, R. E., BOTOSSO, P. C. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. **Acta amazônica**, Manaus, v. 18, n. 1-2, p. 189-196, 1988.

WARD, E. J.; DOMEC, J. C.; LAVINER, M. A.; FOX, T. R.; SUN, G.; MCNULTY, S.; KING, J.; NOORMETS, A. Fertilization intensifies drought stress: water use and stomatal conductance of pinus taeda in a midrotation fertilization and throughfall reduction experiment. **Forest Ecology and Management,** Amsterdan, v. 355, p. 72–82, 2015.

WATT, M. S.; RUBILAR, R.; KIMBERLEY, M. O.; KRITICOS, D. J.; EMHART, V.; MARDONES, O.; ACEVEDO, M.; PINCHEIRA, M.; STAPE, J.; FOX, T. Using seasonal measurements to inform ecophysiology: extracting cardinal growth temperatures for process-based growth models of five Eucalyptus species/crosses from simple field trials. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 44, n. 9, p. 1-11, 2014

WENZEL, A. V. A.; MELO, E. A. S. C.; ALVARES, C. A.; GONÇALVES, J. L. M. Dinâmica de crescimento do híbrido E. urophylla x E. globulus e sua relação com a fertilização mineral e sazonalidade climática. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Agropecuária - Ciências Florestais. 22., 2014, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 2014.

WUNDER, J.; FOWLER, A. M.; COOK, E. R.; PIRIE, M.; MCCLOSKLEY, S. P. J. On the influence of tree size on the climate–growth relationship of New Zealand kauri (Agathis australis): insights from annual, monthly and daily growth patterns. **Trees**, Danvers, v. 27, p. 937-948, 2013.

YIN, X.; KROPFF, M. J.; MCLAREN, G.; VISPERAS, R. M. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 77, p. 1-16, 1995.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor Chefe
Prof. Dr. Francides Gomes Silva Júnior
Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil

Conselho Editorial
Dr. Arno Brune – APSD Ghana, Adum Kumasi, Republica de Ghana
Dr. Dário Grattapaglia – EMBRAPA, Cenargen, Brasília, DF, Brasil
Prof. Dr. José Luiz Stape – North Caroline State University, Raleigh, USA
Dr. Niro Higuchi – INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil

Editor de Inglês / English Editor
Dr. Arno Brune – APSD Ghana, Adum Kumasi, Republica de Ghana

Editora Executiva
Kizzy França
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil

Editoração e Diagramação
Luiz Erivelto de Oliveira Júnior
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)
Germano Aguiar Vieira (Eldorado Brasil) - Presidente
Robert Cardoso Sartório (Fibria Celulose S.A.) - Vice-Presidente

Empresas Associadas Mantenedoras / Partners
» Arauco Florestal Arapoti S.A.
» Arborgen Tecnologia Florestal Ltda
» Aperam BioEnergia Ltda
» ArcelorMittal BioFlorestas Ltda
» Brasilwood Reflorestamento S.A.
» Celulose Nipo-Brasileira S/A - CENIBRA
» CMPC Celulose Riograndense
» Copener Florestal Ltda
» Duratex S/A
» Eldorado Brasil
» Eucatex S/A Indústria e Comércio
» Fibria Celulose S/A
» Forestal Oriental - UPM
» Gerdau S.A.
» International Paper do Brasil Ltda
» Klabin S/A
» Lwarcel Celulose Ltda
» Montes Del Plata S.A.
» Stora Enso Florestal RS Ltda
» Suzano Papel e Celulose S.A.
» Vallourec Florestal Ltda
» Veracel Celulose S/A
» Westrock

INSTITUTO DE PESQUISAS
E ESTUDOS FLORESTAIS