



Capítulo 4

**Método de amostragem de baguetas
para estudos de dendrocronologia
em populações naturais de *Araucaria
angustifolia***

Sérgio Ricardo Silva

Introdução

A araucária [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze], conhecida como pinheiro-do-paraná, é uma espécie de conífera nativa do Brasil, que ocorre na Floresta Ombrófila Mista (FOM), ou Floresta com Araucária, formação fitogeográfica presente principalmente na região Sul. A madeira da espécie apresenta alta qualidade e valor econômico. As árvores femininas iniciam a produção de pinhas entre 12 e 15 anos de idade, cujas sementes (pinhões) são consumidas pela fauna silvestre e população, representando fonte de renda para os agricultores (Wendling, 2015). As árvores adultas possuem frequentemente de 10 a 35 m de altura e de 0,5 a 1,2 m de diâmetro à altura do peito (DAP), podendo atingir até 64 m de estatura e 2,5 m de DAP (Carvalho, 2003). A araucária possui longevidade extensa, sendo que árvores centenárias ainda são encontradas, como é o caso de um espécime localizado no Parque do Pinheiro Grosso em Canela, RS, com idade aproximada de 700 anos (Figura 1).



Figura 1. Árvore de *Araucaria angustifolia* com aproximadamente 700 anos, localizada no Parque do Pinheiro Grosso em Canela, RS.

A idade de uma árvore de araucária pode ser estimada, com boa precisão, por meio da análise de seus anéis de crescimento, utilizando técnicas dendrocronológicas em disco de madeira cortado transversalmente no tronco (Figura 2A) ou por meio da extração com trado de incremento de uma bagueta (*increment core*), geralmente com 4,3 ou 5,15 mm de diâmetro, desde a casca até o cerne, ou através de toda a secção transversal (Figura 2B). A primeira técnica resulta no corte da árvore, enquanto a coleta de bagueta destina-se principalmente a árvores vivas, sendo um procedimento pouco invasivo. Para melhor estimativa da idade, as amostras devem ser provenientes da base do tronco, o mais próximo possível do nível do solo.

As análises de anéis de crescimento de árvores têm aplicação prática em projetos ambientais e científicos nas áreas de ecologia, silvicultura, conservação genética, dentre outras. No caso de araucária, alguns trabalhos foram realizados recentemente para avaliações diversas, tais como: a) dinâmica de crescimento de árvores em florestas com distintos estágios de conservação (Stepka et al., 2021); b) efeitos de bordadura da floresta sobre a dinâmica de crescimento das árvores e sua sensibilidade climática a variações de temperatura e pluviosidade (Albiero-Júnior



Figura 2. Técnicas dendrocronológicas para a estimativa da idade de árvore de *Araucaria angustifolia*: contagem do número de anéis de crescimento em disco de madeira extraído transversalmente do tronco (A) ou em bagueta amostrada com trado de incremento na secção transversal do tronco (B).

et al., 2020); c) crescimento e forma do tronco durante a vida da árvore (Mattos et al., 2022); d) competição e padrão de crescimento de árvores no interior da floresta (Curto et al., 2021); e) manejo sustentável da espécie em função de seu histórico de crescimento (Loiola et al., 2019); f) efeitos da temperatura e precipitação pluviométrica sobre o crescimento de árvores de diferentes idades (Oliveira et al., 2017; Brandes et al., 2021; Silva et al., 2021); g) influência da alteração antrópica do ambiente sobre variáveis climáticas, evidenciada pelo crescimento retrospectivo da araucária (Marcon et al., 2022).

As técnicas dendrocronológicas utilizadas nesses estudos científicos têm sido aplicadas quase exclusivamente por profissionais especializados no assunto. Além disso, existem algumas particularidades dos métodos empregados em função da espécie florestal. A carência de material didático sobre o assunto, particularmente em português, é um fator que restringe a aplicação desses métodos pelo público de áreas afins, que necessita utilizá-los como ferramenta complementar em estudos científicos, em nível acadêmico ou profissional.

O objetivo deste trabalho é apresentar os principais procedimentos operacionais para a amostragem de baguetas em árvores de araucária, descrevendo as técnicas e os equipamentos utilizados. Também serão abordados os principais cuidados necessários para preservar a integridade e sanidade das árvores vivas que serão amostradas. Assim, espera-se que o texto seja uma contribuição para profissionais e estudantes que se dedicam à ecologia, silvicultura, melhoramento e conservação genética desta espécie florestal tão estimada pelos brasileiros.

Conceitos e definições de alguns termos técnicos

O uso adequado de um trado de incremento demanda conhecimentos sobre a anatomia e as propriedades da madeira, que diferem significativamente entre gimnospermas (como araucária, pinus e demais coníferas) e angiospermas (como mogno, cedro, castanheira-do-brasil e eucalipto). Assim, considerando a especificidade de alguns termos técnicos utilizados neste trabalho, são apresentados a seguir alguns conceitos e definições, de modo a auxiliar o leitor no entendimento do conteúdo abordado:

- **Gimnospermas:** filo de plantas vasculares espermatófitas que possuem sementes nuas (do grego: “gymnos” = nu e “sperma” = semente), ou seja, não envolvidas por frutos. As principais representantes deste grupo de plantas são as coníferas, como a araucária, que produzem estróbilos masculinos (androestróbilos ou microestróbilos) e femininos (ginoestróbilos ou megaestróbilos).
- **Angiospermas:** filo de plantas vasculares espermatófitas, popularmente chamadas de folhosas, com sementes protegidas por frutos (do grego “angeios” = bolsa). É o único grupo de plantas com flores e frutos, sendo o mais diversificado, com mais de 250 mil espécies.
- **Crescimento da árvore:** em termos botânicos, pode-se distinguir dois tipos de crescimento: a) “primário”, em altura ou comprimento, realizado pelo meristema apical localizado na extremidade do caule, galhos e raízes; b) “secundário”, em espessura ou circunferência, promovido pelo meristema cambial no interior dos tecidos. As células meristemáticas conservam características embrionárias (i.e., são pequenas, com estrutura simples, parede celular fina, abundância de vacúolos etc.) e estão em constante divisão durante toda a vida da planta, promovendo seu crescimento e originando, por diferenciação, outros tecidos vegetais mais especializados, como aqueles responsáveis pela fotossíntese, sustentação, armazenamento e transporte de água, nutrientes e fotoassimilados.
- **Xilema:** tecido vascular presente nas gimnospermas, angiospermas e pteridófitas, que realiza o transporte por capilaridade de água e sais minerais desde as raízes até as folhas, além de fornecer sustentação mecânica ao vegetal. É um tecido complexo composto por diferentes tipos celulares: elementos condutores, fibras xilemáticas e células parenquimáticas. Há dois tipos de elementos condutores (Pedrazzi et al., 2019): a) traqueídeos, que são células imperfuradas, estreitas e alongadas, com comprimento entre 2 e 5 mm, mais abundantes em gimnospermas; b) elementos de vaso, com células perfuradas nas extremidades, largas e curtas, com comprimento entre 0,2 e 1,0 mm, predominantes em angiospermas. Nas plantas lenhosas, o xilema se divide em cerne (*heartwood*) e alburno (*sapwood*).
- **Floema:** é constituído por uma camada bem fina localizada na porção interna da casca, sendo fisiologicamente ativa e responsável pelo transporte da seiva orgânica elaborada, desde as folhas até as raízes. Ele é formado por diferentes tipos celulares: elementos crivados, células companheiras ou albuminosas, fibras floemáticas e células de parênquima. Os elementos crivados podem ser de dois tipos: células crivadas em gimnospermas; e elementos do tubo crivado em angiospermas.
- **Cerne:** é a parte mais interna e velha de uma secção transversal do tronco, geralmente com coloração mais escura (Figura 3A). Este tecido vegetal não possui células vivas e não participa ativamente na condução de água ou seiva, assumindo uma função básica de suporte mecânico da estrutura da árvore. A parte central do cerne é popularmente conhecida como medula.
- **Alburno:** é a parte periférica e mais jovem da madeira do tronco de uma árvore, apresentando células vivas (Figura 3A). Normalmente possui coloração mais clara do que o cerne. O alburno faz parte do xilema das coníferas, que participa da composição de uma madeira “não porosa”, constituída de traqueídeos, fibras e células parenquimáticas. Esses traqueídeos conduzem líquidos e solutos dentro da planta, representando aproximadamente 90% da estrutura da madeira das coníferas (Pedrazzi et al., 2019).
- **Câmbio:** é um tecido fino localizado sob a casca, contendo células vivas (meristemáticas secundárias), capazes de se dividirem e se diferenciarem em novas células (floema, xilema e tecidos vasculares secundários), sendo responsáveis pelo crescimento secundário da árvore, ou seja, pela formação da casca e da madeira (cerne e alburno) no sentido radial (Figuras 3A e 3B).
- **Raios:** são faixas finas de células parenquimáticas que se originam do câmbio. Possuem altura, largura e comprimento variáveis, que se estendem radialmente no lenho, partindo do floema e passando pelo xilema em direção à medula do tronco. A função deste tecido é armazenar e conduzir transversalmente carboidratos, água e nutrientes. Em geral, a madeira de gimnospermas é composta predominantemente

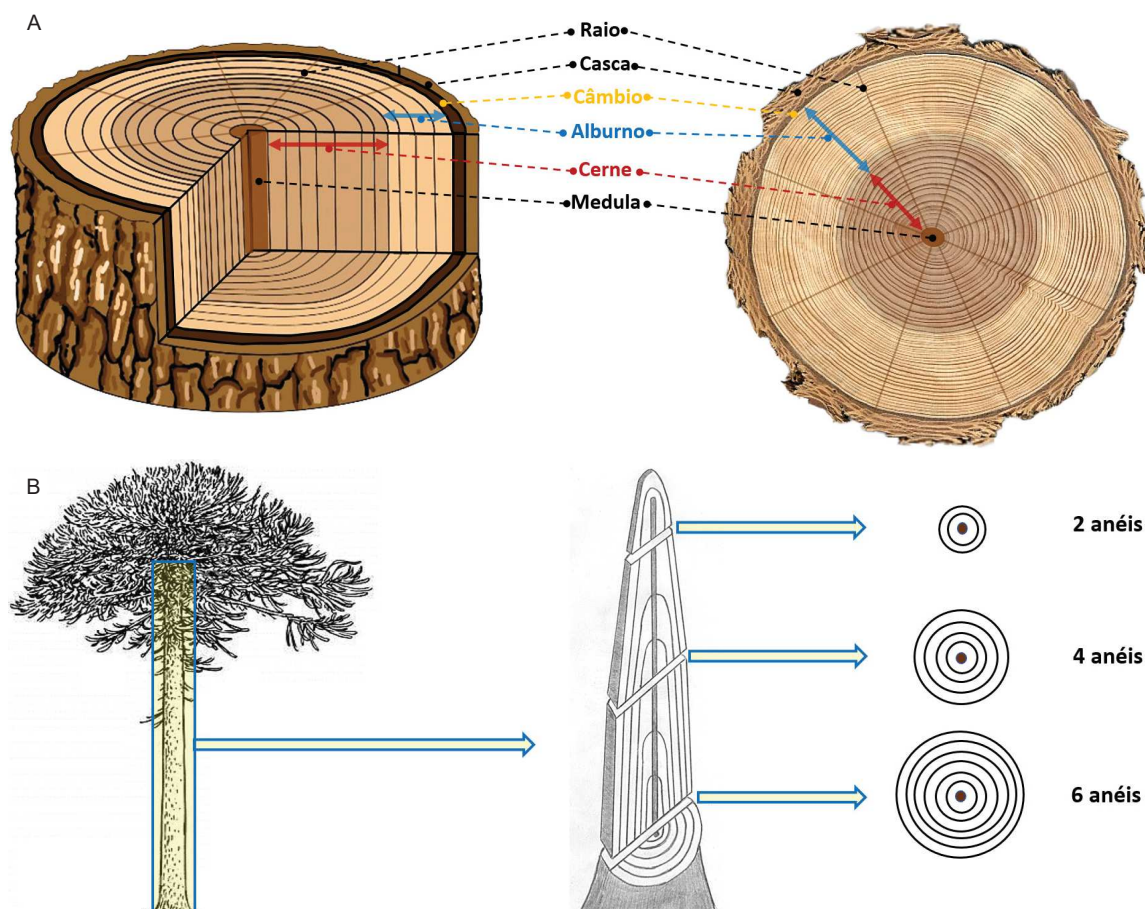


Figura 3. Representação do corte transversal do tronco de uma árvore, mostrando a medula, o cerne, o alburno, o câmbio vascular, os raios e a casca (A). Crescimento do tronco nos sentidos radial e longitudinal (B).

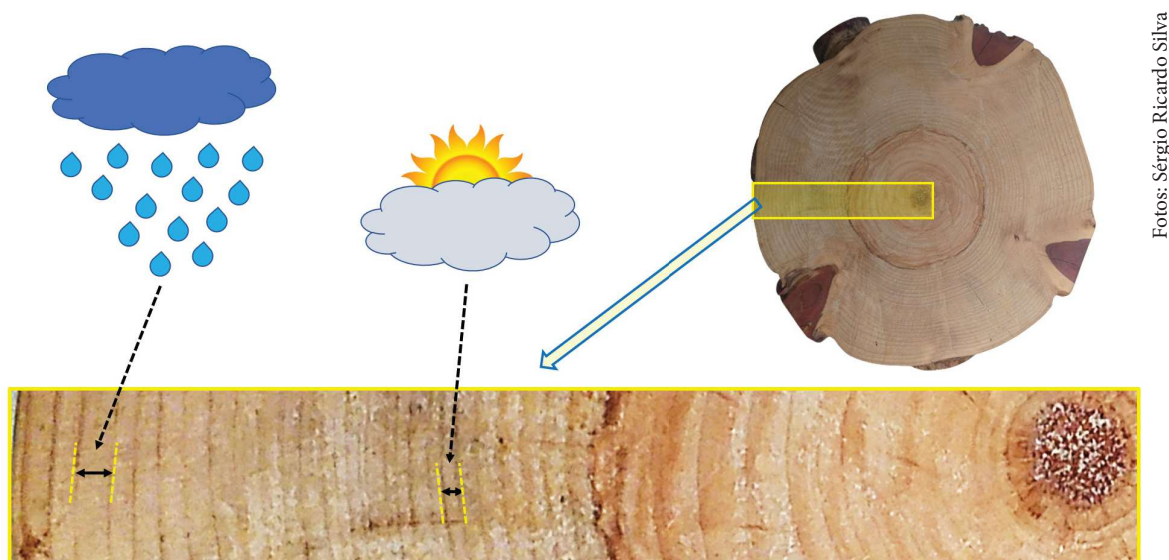
Ilustração: Sérgio Ricardo Silva

por agregados de traqueídeos (tubos lignificados), de pequeno tamanho, formando raios que podem incorporar canais de resina. Por outro lado, a madeira de angiospermas possui maior variedade de tipos celulares, apresentando amplos raios multiserrilhados, poucos traqueídeos e ausência de canais de resina.

- **Casca:** é o tecido mais externo do tronco (Figura 3A). A porção interna da casca corresponde ao floema. Por sua vez, a parte mais externa é conhecida como córtex ou ritidoma, sendo composto por um tecido morto, com função de proteger o tronco contra variações climáticas abruptas, danos mecânicos e ataque de insetos e microrganismos. A casca também pode armazenar nutrientes e substâncias energéticas de reserva.
- **Anel de crescimento anual:** é cada par de bandas concêntricas, uma clara e outra escura, geralmente com formato circular ou ovalado, observado na secção transversal do tronco de algumas espécies de árvores, representando um ano de crescimento secundário. Ambas bandas são constituídas por células do xilema, que são produzidas na região do câmbio vascular sob a casca. No início do verão (ou primavera), quando a estação do ano é quente e há abundância de água, o câmbio produz expressiva quantidade de células xilemáticas, grandes e claras, também conhecidas como “madeira precoce” (*early wood*) (Fay; Berker, 2018). À medida que o verão avança e as temperaturas decrescem (com a proximidade do outono), combinado com escassez de água, as novas células xilemáticas produzidas são pequenas e com maior concentração de lignina, resultando em cor escurecida, constituindo a “madeira tardia” (*late wood*). Em coníferas, essa cor escura é resultado da redução do tamanho dos traqueídeos e aumento da espessura de sua parede

celular. Dependendo do ambiente, a árvore paralisa seu crescimento no inverno, resultando em anéis de crescimento bem distintos e de fácil observação. Assim, as larguras dos anéis e as características anatômicas da madeira produzida variam de ano para ano com as mudanças nas condições ambientais. Deve-se notar que árvores de algumas regiões tropicais e subtropicais podem não produzir anéis de crescimento, particularmente quando as condições climáticas regionais permitem crescimento contínuo da planta. No entanto, também pode ocorrer a formação de dois ou mais anéis por ano (i.e., “falsos anéis”), determinada pela alternância de períodos de chuva e de seca nessas regiões climáticas (Botosso; Mattos, 2002). Árvores crescidas em condições extremamente áridas produzem falsos anéis ou a ausência de alguns deles.

- **Dendrocronologia:** inicialmente desenvolvida pelo astrônomo Andrew Ellicott Douglass (1867-1962), considerado o “pai da dendrocronologia”, é uma ciência que extrai informações cronológicas e não cronológicas de anéis de crescimento de troncos de árvores, principalmente por meio da contagem dos anéis e de suas mensurações (largura, comprimento etc.), para estimar a idade da árvore e sua taxa de crescimento anual, respectivamente (Douglass, 1921; Cook; Kairiukstis, 1989; Biondi, 2020). Essa técnica auxilia no entendimento das condições climáticas do passado, dentre outras aplicações. Quando há disponibilidade de séries temporais de dados meteorológicos de uma região, é possível deduzir como mudanças climáticas afetaram o crescimento da árvore. Por exemplo, em anos mais quentes e com abundante disponibilidade hídrica – possibilitando estações de crescimento mais longas – os anéis de crescimento serão mais largos (Figura 4). Por outro lado, em anos mais secos, o déficit hídrico limitará o crescimento da árvore e os anéis de crescimento serão mais estreitos. A dendrocronologia tem fornecido informações relevantes em diversas áreas científicas, incluindo ecologia, silvicultura, manejo florestal, climatologia, botânica, biogeografia, história, arqueologia, e até em programas de crédito de carbono (Grissino-Mayer, 2003; Carrer, 2011; Tsen et al., 2016; Pearl et al., 2020; Edvardsson et al., 2021).



Fotos: Sérgio Ricardo Silva

Figura 4. Anéis de crescimento de árvore de *Araucaria angustifolia* influenciados pelas condições climáticas: anéis mais largos e mais estreitos estão geralmente associados com maior e menor disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento, respectivamente.

Ilustração: Sérgio Ricardo Silva

- **Bagueta (*increment core*):** amostra indeformada de madeira extraída de uma árvore, desde a casca até o cerne, ou através de toda a secção transversal do tronco. Possui formato cilíndrico, geralmente com diâ-

metro entre 4,3 e 12 mm, em função das especificações do trado de incremento utilizado na extração da amostra. As baguetas são utilizadas para análises dendrocronológicas que possibilitam determinar a idade e a taxa de crescimento da árvore. Elas também são utilizadas para avaliar propriedades físicas e químicas da madeira em várias posições do tronco (longitudinal e radial). Além disso, empresas que realizam tratamento de madeira utilizam as baguetas para verificar a penetração de produtos químicos no tecido vegetal durante o processo de impregnação.

- **Madeiras macias (*soft woods*):** são provenientes de árvores do grupo de gimnospermas, usualmente com cones e acículas, as quais se mantêm na árvore ao longo do ano, sendo conhecidas como “sempre verdes” (*evergreen*). O transporte de água e seiva através da madeira é realizado por meio de traqueídeos e indistintos raios medulares. Quando observadas ao microscópio, as madeiras macias não apresentam poros visíveis devido aos traqueídeos. Essas madeiras geralmente produzem resinas, apresentam coloração clara e anéis de crescimento bem distintos.
- **Madeiras duras (*hard woods*):** têm como origem básica as árvores angiospermas com folhas geralmente largas que caem durante o outono e inverno e, por isso, são chamadas de árvores caducifólias (ou decíduas). Suas estruturas vasculares aparecem como poros quando vistas no microscópio. São madeiras geralmente de coloração escura, que não produzem resinas e não possuem anéis de crescimento distintos na maioria das espécies. Em geral, as madeiras duras possuem densidade aparente maior que as madeiras macias, mas essa não é uma regra.
- **Madeira de reação:** é uma madeira anormal presente em galhos e em troncos de árvores inclinadas e tortas, sendo formada por estímulos mecânicos e pela ação da gravidade, além de ser influenciada por características genotípicas (Vidaurre et al., 2013). Essa madeira apresenta anéis de crescimento assimétricos, considerando a comparação diametralmente oposta de cada anel, sendo um recurso utilizado pela árvore para neutralizar sua inclinação, como uma tentativa de se endireitar. As gimnospermas formam “madeira de compressão” na face inferior do tronco inclinado, onde o crescimento radial incrementa (Figura 5). Por outro lado, nas angiospermas o maior crescimento radial ocorre na face superior do tronco inclinado, formando uma “madeira de tensão”.

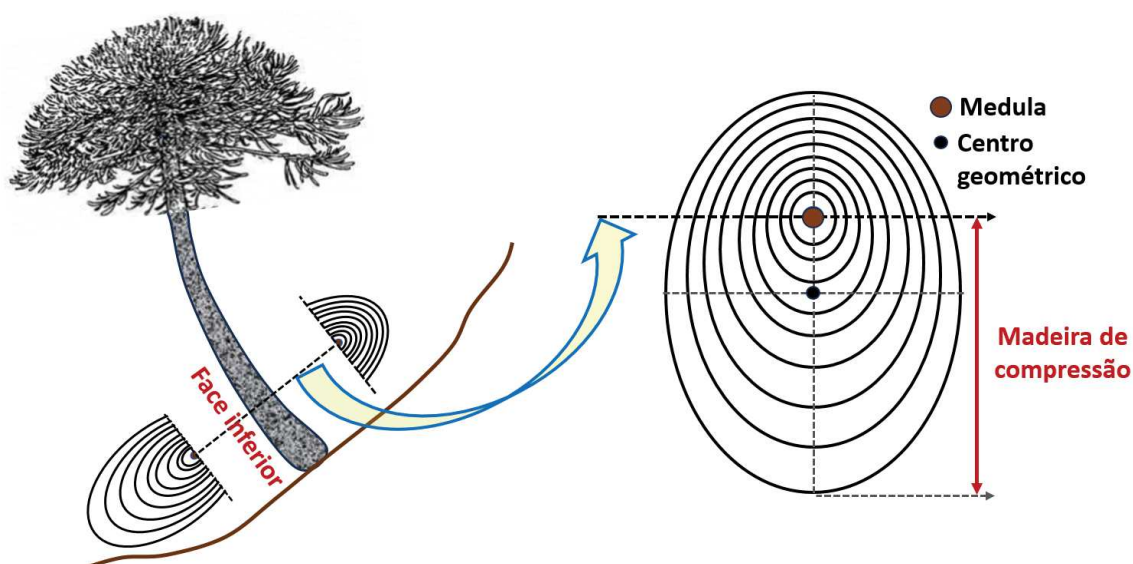


Figura 5. Madeira de compressão em tronco inclinado de *Araucaria angustifolia* em um terreno declivoso.

Ilustração: Sérgio Ricardo Silva

- **Madeira de compressão em gimnospermas:** é uma madeira de reação formada nas faces inferiores de galhos e troncos inclinados, caracterizada por cor mais escura, aparência vítrea, elementos vasculares mais curtos e anéis de crescimento relativamente mais largos e excêntricos (Figura 5). Esta madeira “empurra” o tronco inclinado para cima, permitindo-o recuperar sua orientação vertical. Ela apresenta propriedades mecânicas e composição química de menor qualidade industrial em comparação à madeira de uma árvore normal.
- **Madeira de tensão em angiospermas:** é uma madeira de reação formada nas faces superiores de galhos e troncos inclinados, apresentando elementos de fibra com paredes mais estreitas e finas, encolhimento longitudinal excessivo e tendência ao colapso, ao secar. Em termos práticos, a madeira de tensão “puxa” o tronco inclinado para cima para manter seu crescimento vertical.
- **Calo:** é um tecido vegetal que se desenvolve ao redor de uma lesão superficial gerada por algum elemento cortante ou praga. Este tecido caloso é composto por um grupo desorganizado de células parenquimáticas com função de cobrir a lesão rápida e eficientemente.
- **Compartimentalização:** é um processo de defesa da árvore para isolar tecidos lesados e, assim, evitar a propagação de patógenos (Shigo, 1984). Tem duas etapas: a) alterações químicas, como a produção e acumulação de substâncias antimicrobianas, para retardar a propagação de organismos fitopatogênicos que se desenvolvem após o ferimento; b) o câmbio forma um tecido protetor (i.e., uma barreira) entre os tecidos lesionados e os novos tecidos formados após o ferimento. Esse processo permite que a árvore continue a crescer apesar da presença de feridas e agentes patogênicos. Deve-se notar que a compartimentalização é diferente da formação de calos; embora o tecido caloso possa crescer sobre uma ferida, ele não cria a barreira capaz de proteger os novos tecidos contra patógenos.

Trado de incremento

O trado de incremento, também conhecido como sonda de Pressler, é a principal ferramenta para coleta de amostras em troncos de árvores para análises dendrocronológicas, sendo também utilizado, com outras finalidades, para a extração de baguetas de toras, postes e outras peças de madeira (Grissino-Mayer, 2003). Esse instrumento de precisão foi desenvolvido na Alemanha por volta de 1855 (Pressler, 1866) e, desde então, sua estrutura e projeto mudaram muito pouco (Schweingruber, 2001). O manuseio adequado e a boa manutenção do trado garantem sua funcionalidade por décadas. Além disso, conhecimentos detalhados de sua estrutura, manutenção e uso são fundamentais para o êxito dos trabalhos do usuário durante a extração de baguetas em árvores, como descrito a seguir.

Componentes do trado de incremento

O trado de incremento possui três componentes principais: cabo (alavanca ou manípulo), sonda (haste oca com ponta roscada com função de broca) e extrator (bandeja para extrair a bagueta do interior da sonda) (Figura 6A). Quando o equipamento não está em uso, o extrator é armazenado no interior da sonda que, por sua vez, é guardada dentro do cabo (Figura 6B), formando uma unidade compacta (Figura 6C).



Figura 6. Componentes de um trado de incremento: sonda, extrator e cabo (A). Processo de armazenamento da sonda e do extrator no interior do cabo (B), formando uma unidade compacta (C).

Alguns acessórios facilitam o uso, a conservação e a manutenção do trado de incremento, tais como: apoio de trado para iniciação de furo, adaptador de trado para furadeira, estojo porta-sonda e kit para amolar e afiar a broca (Figura 7).

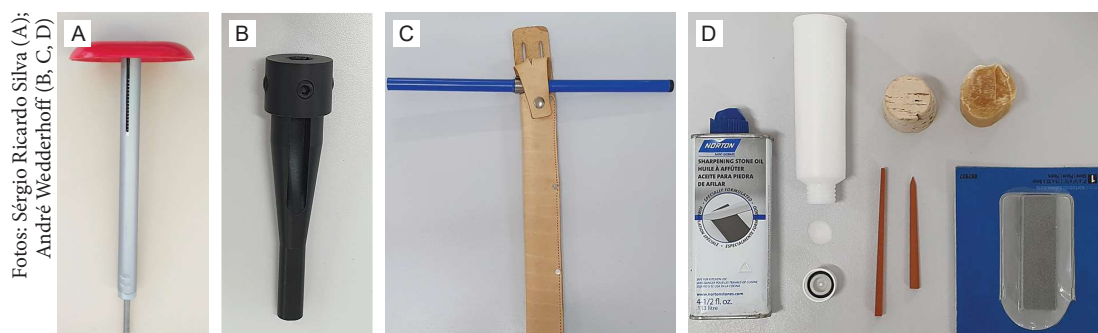


Figura 7. Acessórios de trado de incremento: apoio para iniciação de furo (A), adaptador de trado para furadeira (B), estojo de couro porta-trado (C) e kit para amolar e afiar a broca (D).

Seleção do modelo de trado de incremento

A escolha do modelo de trado de incremento leva em consideração o comprimento, o diâmetro e o tipo de broca da sonda, que devem ser adequados para as condições de uso local:

- **Comprimento da sonda:** está diretamente relacionado ao tamanho da árvore a ser amostrada. Portanto, quanto maior o diâmetro do tronco, maior deverá ser o comprimento da sonda. Em árvores menores, é usual que a amostra de bagueta contemple toda a secção transversal do tronco, passando pela medula. Por outro lado, em árvores maiores, uma opção é extrair duas baguetas nos sentidos diametralmente opostos do tronco, que juntas representarão toda a secção do tronco. Vale destacar que o preço do trado de incremento aumenta muito à medida que se amplia o comprimento da sonda, que varia de 10 a 100 cm, sendo mais comuns no meio científico sondas variando de 30 a 60 cm. Considera-se como “comprimento efetivo” da sonda a porção que pode ser inserida no tronco, ou seja, desde a ponta da broca até o início da expansão circular na outra extremidade (Figura 8).



Figura 8. Comprimento efetivo da sonda de um trado de incremento.

- **Diâmetro interno da sonda:** corresponde ao diâmetro efetivo da amostra de madeira que será extraída do tronco. Este diâmetro é medido na abertura localizada na ponta da sonda, ou seja, na região de corte que entrará em contato com a árvore. Vale destacar que o diâmetro aumenta gradualmente dentro da sonda, em direção ao cabo, para que a bagueta não fique atolada (i.e., congestionada) em seu interior (Figura 9A). Os diâmetros de 4,3 e 5,15 mm são utilizados com mais frequência para a maioria das finalidades florestais (Figura 9B). Por sua vez, 5,15 mm é o diâmetro preferido para a sonda utilizada em avaliação de tratamento químico para preservação da madeira. Finalmente, sondas com 8, 10 e 12 mm de diâmetro são mais apropriadas para obtenção de amostras maiores utilizadas para análises de qualidade de madeira (e.g., densidade aparente), estudos químicos e análises das dimensões celulares (Jozsa, 1988). Ressalta-se que, quanto maior o diâmetro da sonda maior será o esforço físico necessário para girar o trado durante a amostragem. Por outro lado, amostras de bagueta com maior diâmetro permitem melhor visualização dos anéis de crescimento e facilitam o estudo anatômico da madeira.

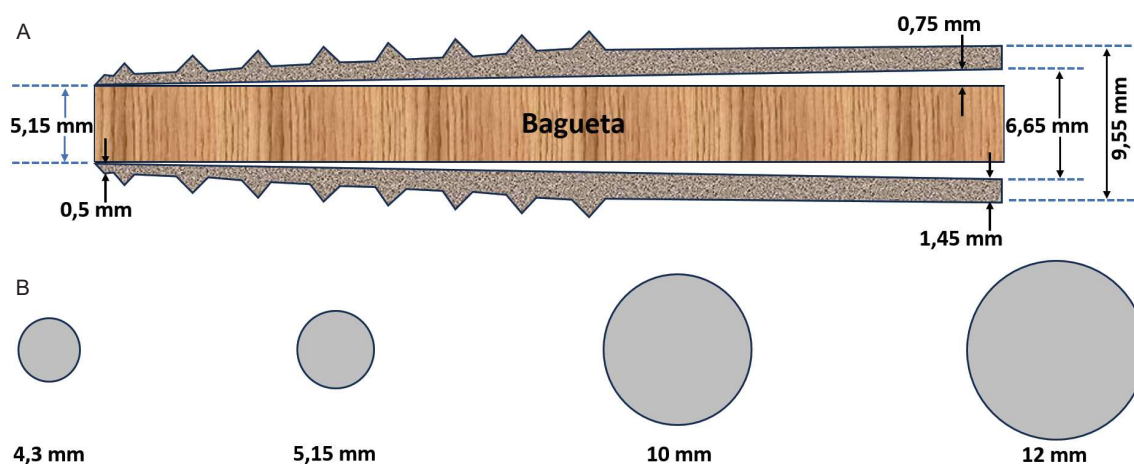


Figura 9. Aumento do diâmetro interno da sonda a partir da ponta de corte (A) e diâmetros internos mais comuns das sondas (B).

Ilustração: Sérgio Ricardo Silva

- **Tipo de broca da sonda:** há brocas com dois ou três fios helicoidais de corte (Figura 10). A escolha é feita considerando a dureza da madeira e a preferência de cada usuário. Brocas com dois fios helicoidais (distanciados em 180° na borda frontal de corte) são ideais para madeiras duras, pois facilitam o início do furo e o processo de girar a sonda no interior do tronco, uma vez que são mais lentas, penetrando o tronco na taxa de 8 mm por rotação. Por outro lado, brocas com três fios helicoidais (com 120° entre si) são mais apropriadas para madeiras macias, cujas amostras de bagueta são retiradas com menor fricção e mais rapidamente (12 mm por rotação), porém, o início do furo na madeira é mais difícil. Ressalta-se que, além da dureza e de propriedades de fricção da madeira, a facilidade de extração da bagueta do tronco da árvore também depende da habilidade e força de cada operador.

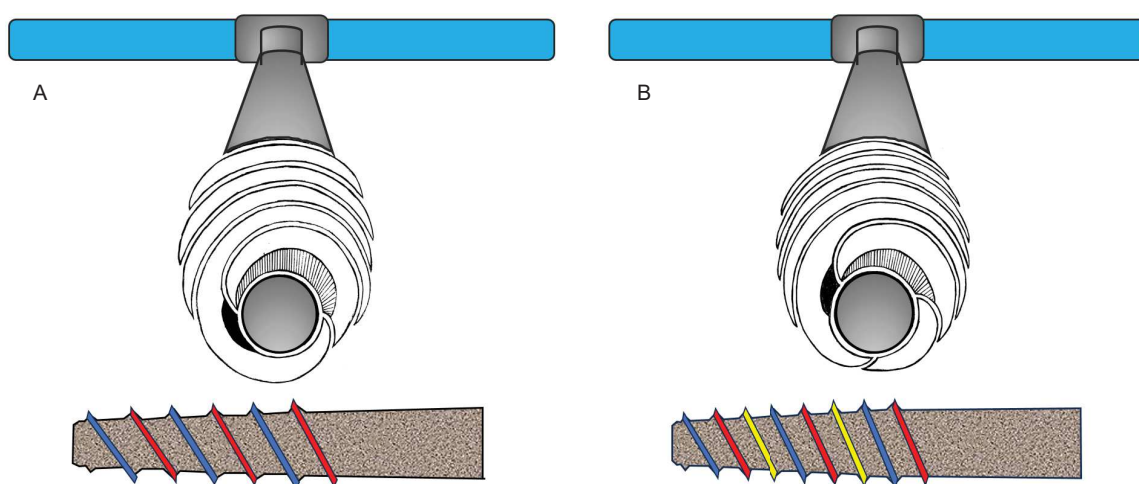


Figura 10. Visualização frontal e lateral de brocas de sondas de trado de incremento com dois (A) e três fios helicoidais (B).

Ilustração: Sérgio Ricardo Silva

Os trados de incremento vendidos no Brasil são importados, sendo que os principais fabricantes estão localizados na Suécia (Haglof), Finlândia (Suunto), Reino Unido (Mattson) e China (Timberline). Deste modo, muitas vezes a escolha por um tipo específico de trado é condicionada por sua disponibilidade no estabelecimento comercial do revendedor autorizado, que geralmente aceita encomendas de outros tipos de trados para importação do fabricante. O usuário também pode realizar a compra direta de revendedores internacionais, mas precisa estar atento às questões alfandegárias, como restrições, tarifas e impostos.

Manutenção e cuidados para conservação do trado de incremento

Os trados de incremento, de diferentes marcas e modelos, são fabricados com materiais de alta resistência. Além disso, a sonda é geralmente revestida com Teflon (politetrafluoretileno) que favorece o uso em condições de alta fricção, inerentes ao processo de extração de baguetas de árvores. Este revestimento reduz o atrito com a madeira, protege a sonda contra oxidação (i.e., ferrugem) e a mantém limpa. No entanto, para manter a eficiência e ampliar a vida útil do trado, o usuário precisa adotar alguns cuidados, tais como:

- **Lubrificação e limpeza:** a cera de abelha é geralmente utilizada, antes de cada perfuração, para revestir os fios de corte helicoidais da broca. Isto facilita a inserção e a retirada da sonda do tronco da árvore, pois reduz a fricção e aumenta a capacidade de deslizamento dos componentes metálicos em contato com a madeira. Por sua vez, o lubrificante WD-40 é excelente para a limpeza do trado, pois previne a oxidação

dos elementos metálicos, reduz o atolamento de madeira no interior da sonda e diminui o som incômodo de rangido durante a tradagem (Jozsa, 1988). Além disso, este produto remove a seiva que entrou em contato com a sonda, evitando a sua oxidação ácida. Recomenda-se que, ao final de um dia de trabalho, ou várias vezes ao dia em caso de amostragens em árvores resinosas, o WD-40 seja pulverizado dentro e fora da sonda, além de cobrir toda a superfície do extrator. A seguir, utilizar uma estopa limpa ou outro tecido absorvente para concluir a limpeza e retirar o excesso do produto. Em algumas situações, se ainda permanecerem resíduos aderidos no trado, esfregar suavemente uma lâ de aço muito fina (código: #000) juntamente com WD-40 para remover estes resíduos do extrator e das superfícies externa e interna da sonda. Neste caso, deve-se ter cuidado para não esfregar a lâ de aço nos fios de corte da broca, pois, o contato de qualquer metal sobre estes fios pode torná-los “cegos” ou com menor capacidade de corte. Finalmente, realizar uma nova limpeza do trado com um tecido limpo e absorvente. Outro cuidado importante é evitar a lubrificação do exterior do cabo do trado de incremento com WD-40, porque é necessário segurá-lo firmemente durante o processo de perfuração do tronco.

- **Remoção da sonda da árvore:** para reduzir a possibilidade de atolamento da sonda no interior do tronco, é fundamental retirá-la o mais rápido possível após a extração da amostra de bagueta. O orifício aberto no tronco reduz gradualmente de diâmetro, relativamente em curto espaço de tempo, por ação da própria árvore. Assim, atenção especial deve ser despendida nesta atividade, de modo a evitar trabalho adicional ou mesmo a perda da sonda.
- **Afiação e amolamento das estruturas de corte da broca:** os trados de incremento mais recentes são produzidos com materiais cortantes de alta resistência, sendo eficientes no processo de perfuração de centenas de troncos, por décadas. No entanto, se mal manejados ou em contato com pedras e objetos de alta dureza, podem ocorrer danos diversos que tornam os fios helicoidais e a ponta da broca com baixa capacidade de corte, pois ficam “cegos” ou chanfrados. Uma broca está “cega” quando ela não é capaz de iniciar com facilidade o corte da madeira. Nestas situações é necessário amolar e/ou afiar estas estruturas de corte. São vendidos kits de afiação (i.e., para desgastar a parte arredondada que perdeu o corte) e amolamento (i.e., tornar o fio de corte reto novamente) especialmente desenvolvidos para brocas de trados de incremento (Figura 7D); mas também é possível utilizar outras ferramentas e produtos convencionais encontrados no mercado. De forma sumária, as principais etapas deste processo são: a) amolar a ponta da broca com uma pedra de amolamento plana, para eliminar as irregularidades; b) afiar internamente o fio de corte da ponta da broca, com auxílio de uma pedra cônica que é inserida dentro da ponta oca da broca; c) afiar externamente o fio de corte da ponta da broca, com uma pedra afunilada; e d) afiar individualmente os fios de corte helicoidais com auxílio de uma pedra do tipo “indiana”. É fundamental o uso de óleo lubrificante nestas pedras, durante as etapas de afiação e amolamento. Por ser um processo meticuloso, que requer alta precisão, pode ser conveniente contratar um profissional habilitado capaz de realizar esta prestação de serviço. Outra recomendação é sempre levar para o campo vários trados de incremento, pois, se houver danos nos elementos de corte em algum deles, haverá equipamentos sobressalentes. Maiores detalhes sobre o processo de afiação e amolamento da broca de um trado de incremento podem ser consultados no trabalho de Grissino-Mayer (2003).
- **Armazenamento da sonda dentro do cabo:** ao retirar e guardar a sonda dentro do cabo, cuidado especial deve ser despendido para evitar que os fios de corte da broca toquem a borda do orifício do cabo ou qualquer parte dele, pois, sendo metálico, pode danificar os elementos cortantes da broca, tornando-os cegos. Inicialmente, proteja a broca com a palma da mão e deposite-a cuidadosamente no interior do orifício do cabo e, a seguir, deslize o restante da sonda, sem soltá-la, até que ela atinja o fundo do compartimento (Figura 6B). Deve-se cuidar para não pressionar a palma da mão contra os fios de corte da broca, de modo a evitar ferimentos na pele.
- **Armazenamento do trado:** quando não estiver sendo utilizado, todos os componentes do trado devem estar limpos, secos e lubrificados antes de seu armazenamento em local adequado.

- **Desentupimento da sonda:** quando ocorrer o atolamento de uma amostra de madeira dentro da sonda, nunca tente inserir um material metálico (e.g., bandeja extratora, prego, vergalhão etc.) na ponta da broca da sonda para empurrar a amostra congestionada, pois isto certamente danificará a borda cortante. Às vezes, basta inserir uma cavilha ou lápis de madeira de menor diâmetro e pressioná-los contra o material obstruído. Se isto não funcionar, tentar retirar a amostra atolada a partir da parte de trás da sonda, utilizando um kit com brocas finas e longas especialmente desenvolvido para esta finalidade, que é facilmente encontrado em lojas de ferramentas para construção. Em alguns casos, é melhor levar a sonda para uma oficina com torno mecânico, para fixar a sonda e facilitar o processo de desobstrução.
- É importante tratar o trado de incremento como uma ferramenta de precisão, de alto valor, protegendo-o de qualquer objeto que possa danificá-lo, principalmente seus elementos cortantes. Por isso, mesmo durante o caminhamento entre as árvores, guardar a sonda e o extrator dentro do cabo. Manter o interior do cabo sempre limpo e livre de areia, pequenas pedras ou outros objetos que podem criar entalhes na ponta da broca ou nos fios helicoidais, o que geralmente acontece quando a sonda é deslizada para dentro ou para fora do cabo. Outro cuidado importante a tomar é não amostrar árvores com suspeita de conterem pregos ou outros elementos metálicos inseridos no tronco. Finalmente, nunca martelar o cabo durante o processo de tradagem no tronco. Até mesmo uma pressão exagerada do trado sobre o tronco pode danificar os fios de corte da broca.
- Cuidado adicional deve ser atribuído à bandeja extratora durante o processo de amostragem. Evite colocá-la sobre o solo ou vegetação ao redor da árvore que está sendo amostrada, pois é muito fácil perdê-la de vista e pisoteá-la, causando seu dobramento e, conseqüentemente, sua inutilização. Sempre guarde a bandeja dentro de uma bolsa resistente ou a insira no bolso de trás da calça. Além disso, sugere-se amarrar uma fita brilhante e colorida (preferencialmente de cor amarelo ou vermelho) no orifício posterior da bandeja para melhorar sua visualização, em caso de deixá-la cair acidentalmente em algum lugar, principalmente em meio à vegetação (Figura 11).



Figura 11. Bandeja extratora identificada com fita brilhante e colorida (A) para melhorar sua visualização em meio à vegetação (B, C).

Quando o trado de incremento é utilizado em larga escala, para amostragens em grande número de árvores, o processo de tradagem pode demandar grande esforço muscular, especialmente para a retirada de baguetas com maior diâmetro e comprimento em madeira que apresenta alta densidade. Neste caso, é interessante utilizar alguns acessórios a serem adaptados à sonda para facilitar o trabalho de tradagem, como furadeiras elétricas equipadas com baterias portáteis, que podem aumentar o rendimento operacional em até três vezes, quando comparado com a amostragem manual convencional (Krottenthaler et al., 2015; Kagawa; Fujiwara, 2018; Caetano-Andrade et al., 2021). No entanto, o uso destas furadeiras exige cuidado e perícia do usuário, de modo a não danificar os anéis de crescimento mais externos do tronco.

Método de amostragem de baguetas

A seguir serão descritas as principais etapas do método utilizado para a amostragem de baguetas em árvores nativas de araucária, particularmente daquelas localizadas em áreas de preservação ambiental. Este método contempla procedimentos operacionais utilizados pela comunidade científica internacional para diversas espécies florestais, com alguns ajustes para a araucária, validados pela equipe de pesquisa da Embrapa Florestas. Vale destacar que baguetas extraídas adequadamente das árvores resultam em amostras de melhor qualidade, o que é fundamental para a acurácia e precisão das determinações dendrocronológicas; além de poupar tempo, esforços humanos e recursos financeiros.

Crítérios para escolha da árvore e do local no tronco para extração da bagueta

Evitar retirar baguetas em árvores que possuem madeira de reação. Por exemplo, uma árvore de araucária inclinada na direção norte apresentará madeira de compressão neste lado (Figura 5). Caso se realize a amostragem de bagueta nesta madeira de compressão, a sonda pode ficar congestionada dentro do tronco devido à pressão emitida pela madeira comprimida. Por outro lado, caso se opte por retirar a bagueta no lado sul, a perfuração será realizada em madeira cuja largura dos anéis de crescimento pode não representar adequadamente a árvore. Neste caso exemplificado, se não houver a possibilidade de substituir a árvore a ser amostrada, recomenda-se perfurar o tronco no sentido leste-oeste.

Em áreas de encosta, a bagueta deve ser extraída em ângulo reto (90°) em relação ao sentido da declividade do relevo, ou seja, seguindo a direção das curvas de nível. Árvores crescendo nestas condições, mesmo estando eretas, geralmente apresentam madeira de reação na direção da declividade, o que é causado pela ação de ventos fortes, irregularidades do terreno, dentre outros fatores. Essas árvores exibem crescimento excêntrico, onde a maioria dos anéis de crescimento estarão concentrados na porção do tronco voltada para o lado de cima da declividade, no caso de espécies do grupo de gimnospermas (Figura 5). Assim, quando for amostrar uma araucária, é importante considerar que o centro da medula da árvore estará deslocado para cima, em relação à direção da inclinação do terreno.

Quando a finalidade da amostragem é estimar a idade da árvore, extrair a amostra de bagueta na altura do DAP (1,3–1,4 m) é raramente justificável. O correto é extrair a bagueta o mais próximo possível do nível do solo, pois é onde a secção transversal do tronco apresenta o maior número de anéis de crescimento, que decresce em direção ao ápice da árvore (Figura 3B) (Grissino-Mayer, 2003). Para este propósito, alguns pesquisadores têm utilizado a adaptação de uma catraca entre o centro do cabo e o fim da sonda, o que permite movimentos de meia volta durante a perfuração do tronco. Também há cabos modificados que facilitam o movimento giratório do trado mais próximo ao solo, como o Quad-B (*Brown's bent boomerang borer handle*), desenvolvido pelo pesquisador Peter Brown, que possui forma de bumerangue (Brown, 2007).

Sempre inserir a sonda no tronco na região com tecido saudável e sem nós, pois o objetivo é amostrar todos os anéis de crescimento que refletem o crescimento radial do tronco ao longo dos anos.

É fundamental incluir uma fina porção de casca na amostra de bagueta para preservar todos os anéis de crescimento, o que aumentará a acurácia do método de estimativa de idade da árvore. Esta casca também é importante para mostrar onde se inicia o primeiro anel de crescimento a partir da porção mais externa do tronco.

Uma dúvida recorrente é sobre quantas amostras retirar de cada árvore e em que locais. Isto depende do delineamento experimental e da necessidade de cada pesquisador. Em geral, apenas uma amostra desde a casca até a medula do tronco é o suficiente. No entanto, duas amostras retiradas em 180° proporcionam melhor acurácia nas avaliações dendrocronológicas, pois resultam na amostragem de todo o transecto do tronco, passando pela medula.

Fritts e Swetnam (1989) apresentam considerações adicionais sobre escolhas de árvores, espécies e locais para amostragens com fins dendrocronológicos.

Procedimentos para extração de bagueta com trado de incremento

A seguir é apresentado um passo a passo operacional para a extração de uma amostra de bagueta do tronco de uma árvore por meio de um trado de incremento:

- Retire a sonda e o extrator do interior do cabo. Coloque o extrator dentro do bolso de seu colete ou calça para protegê-lo contra danos e facilitar sua localização.
- Acoplamento da sonda no cabo: abra o trinco de bloqueio do cabo (Figuras 12A e 12B); insira a ponta quadrada da sonda dentro do cabo (Figuras 12C e 12D); e retorne o trinco de bloqueio para a posição de fechamento, envolvendo e travando o colar da ponta da sonda (Figura 12E).

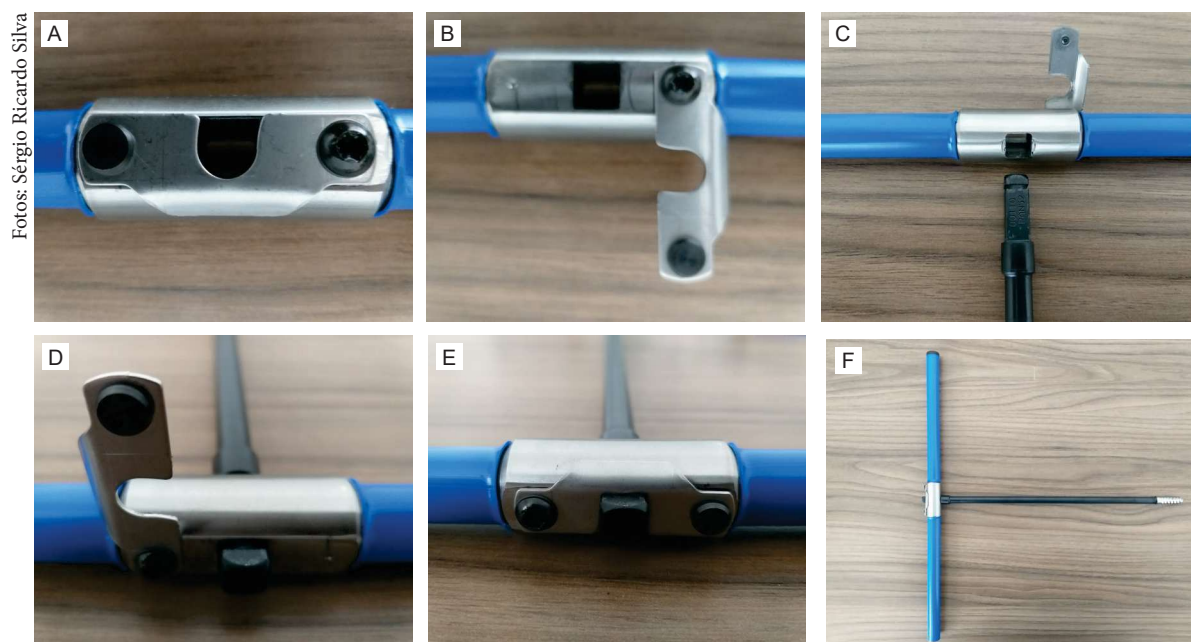


Figura 12. Etapas de acoplamento da sonda no cabo de um trado de incremento: abertura do trinco de bloqueio (A, B); inserção da ponta quadrada da sonda dentro do cabo (C, D); travamento do trinco de bloqueio em torno do colar da ponta da sonda (E, F).

- Após o acoplamento da sonda no cabo, o trado de incremento estará pronto para uso (Figura 12F). Para facilitar o processo de perfuração do tronco, sugere-se aplicar uma fina camada de cera de abelha sobre os fios helicoidais da ponta da broca.
- Antes de iniciar o processo de perfuração, é importante alinhar adequadamente o trado no tronco da árvore. O primeiro alinhamento da sonda é em direção à medula da árvore, que nem sempre está no centro geométrico do tronco. Assim, uma maneira prática para melhorar este alinhamento é utilizar um galho da árvore como guia, pois os galhos geralmente apontam em direção ao centro da medula (Figura 13A). Há outra técnica para estimar a direção em relação ao centro da medula, mas ela demanda a retirada prévia de outra amostra de bagueta na mesma árvore, como descrito por Phipps (1985).
- Também é fundamental que a sonda do trado esteja alinhada em ângulo reto (90°) em relação ao eixo longitudinal do tronco (Figuras 13B e 13D). Se houver qualquer desalinhamento da sonda (Figuras 13C e 13E), haverá uma distorção na interpretação dos anéis de crescimento visualizados na bagueta, gerando resultados equivocados na estimativa da taxa de crescimento da árvore. Por exemplo, se o alinhamento apresentar um desvio de 5° (i.e., ângulos de 85° ou 95°), os anéis de crescimento na bagueta se tornarão um pouco mais largos.

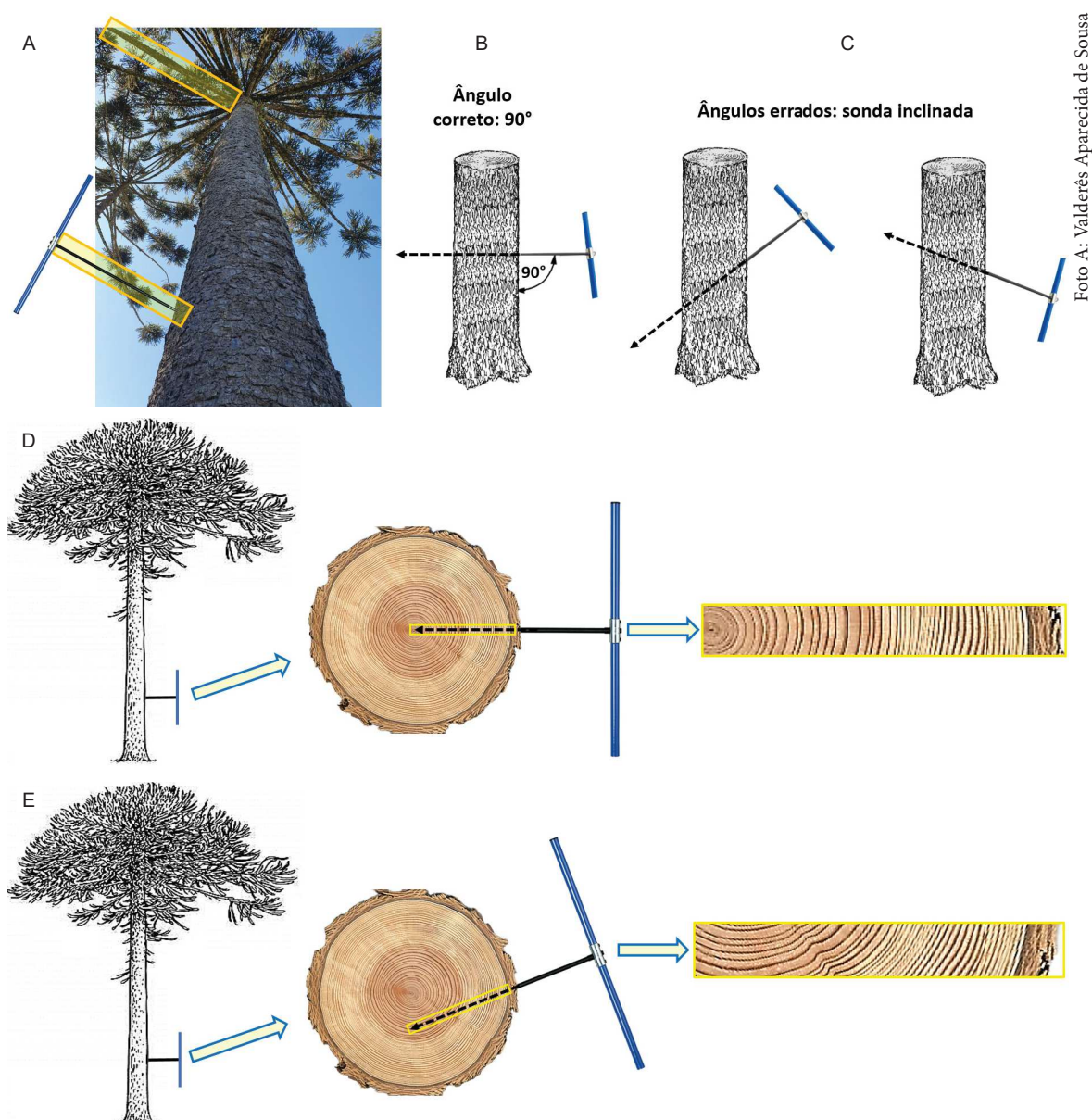


Figura 13. Utilização de um galho de *Araucaria angustifolia* como guia de alinhamento da sonda de um trado de incremento em direção à medula, previamente à perfuração para extração de bagueta (A). Exemplos de alinhamentos em ângulo reto de uma sonda em relação ao tronco da árvore (B, D) e de desalinhamentos (C, E).

Ilustração: Sérgio Ricardo Silva

- Para iniciar a perfuração, a ponta da broca deve ser posicionada contra o tronco da árvore, em algum local onde a casca seja bem fina ou, de preferência, dentro de alguma fenda natural na casca, ou dentro de um orifício superficial aberto com um formão reto chanfrado, porém, deixando uma película de casca para também ser amostrada. A seguir, com uma das mãos sobre a sonda, manter a broca sobre o local exato onde será iniciado o furo e, com a outra mão sobre a parte mediana do cabo, girá-lo suavemente em sentido horário ao mesmo tempo em que se aplica uma pressão moderada (Figura 14A), até que os fios helicoidais da broca penetrem a madeira em quantidade suficiente (± 3 cm) para que a sonda se mantenha firme no tronco da árvore, sem o auxílio das mãos (Figura 14D). Destaca-se que a tentativa de incluir uma casca espessa, durante a tradagem do tronco, pode ocasionar o congestionamento e a torção da amostra dentro da sonda, cuja desobstrução é geralmente difícil, mas pode ser realizada com o uso de algumas técnicas especiais, como aquelas propostas por Tyminski (2011).



Figura 14. Estágios de perfuração do tronco de uma árvore com o trado de incremento para retirada de bagueta: início do furo no sentido horário, com uma mão sobre a sonda e a outra mão sobre a parte central do cabo (A) ou, alternativamente, com ambas as mãos sobre o cabo, com auxílio do “apoio para iniciação de furo” (B, C), até estabilização da sonda na árvore (D); rotação do cabo com ambas as mãos até conclusão do processo (E, F); inserção do extrator dentro da sonda com o lado côncavo voltado para baixo (G, H); giro do cabo por meia volta no sentido anti-horário (I); retirada da bagueta do interior da sonda (J, K, L).

- O restante da perfuração, até a profundidade desejada (geralmente até o centro da medula), é realizado com ambas as mãos nas extremidades do cabo, mantendo as palmas preferencialmente abertas durante o movimento no sentido horário, sendo recomendado não aplicar pressão da sonda sobre o tronco (Figuras 14E e 14F). Durante todo o processo, manter a sonda bem alinhada em relação ao tronco (em ângulos retos), de modo a evitar o corte de uma amostra torta, o que pode ocorrer devido a movimentos “para cima e para baixo” ou “de um lado para o outro”. Para estimar a profundidade já perfurada em direção ao centro da árvore, basta subtrair do comprimento total da sonda a porção que estiver externa ao tronco. No entanto, isto só é válido se não houver congestionamento da amostra dentro da sonda, como será discutido mais adiante. Deve-se notar que, em árvores com menor diâmetro do tronco, a perfuração

pode ser realizada ao longo de toda a secção transversal, caso o comprimento da sonda seja suficiente para amostrar completamente esse diâmetro (Figura 14L).

- Uma alternativa às duas etapas anteriores é iniciar a perfuração do tronco com ambas as mãos nas extremidades do cabo, quando se dispõe do acessório “apoio para trado para iniciação de furo” (Figuras 7A e 14B). Neste caso, a pressão inicial da sonda sobre o tronco é proporcionada pela região peitoral da pessoa, enquanto as mãos ficam livres para girar o cabo (Figura 14C). Esta pressão é realizada desde o início do furo até a broca da sonda penetrar aproximadamente 3 cm na madeira, quando o “apoio para trado” se torna desnecessário. Deve-se notar que a utilização deste acessório ajuda a evitar a torção ou destruição dos primeiros anéis de crescimento localizados de 1 a 2 cm sob a casca, pois estabiliza a sonda, mantendo-a devidamente alinhada, sem oscilações de direção que poderiam ser causadas por uma mão trêmula segurando diretamente a sonda.
- Concluída a perfuração da árvore, deslizar o extrator no interior da sonda, com o lado côncavo voltado para baixo e sobre a bagueta (Figuras 14G e 14H), até atingir o final da amostra, o que é percebido pela resistência que impede a continuidade do deslocamento do extrator. A seguir, girar o cabo em 180° (meia volta) no sentido anti-horário (Figura 14I), o que promoverá a ruptura da extremidade da amostra, no ponto de sua ligação com a árvore. Então, puxar cuidadosamente o extrator até sua completa retirada do interior da sonda (Figuras 14J, 14K e 14L). A amostra de bagueta estará voltada para cima, posicionada sobre a calha da bandeja, sendo retida neste local por meio de pequenas garras serrilhadas (“dentes”) localizadas na ponta do extrator (Figura 6A). Algumas vezes esta amostra pode estar quebrada em pedaços que, geralmente, estarão unidos em sequência sobre a calha da bandeja. Neste contexto, uma amostragem bem conduzida, com uma sonda limpa e uma broca bem afiada e amolada, via de regra resulta em uma amostra reta, sólida e em peça única. Recomenda-se retirar a bagueta de dentro da sonda na brevidade possível, pois a amostra de madeira tende a inchar com o passar do tempo, podendo ficar congestionada dentro da cavidade da sonda. Não tentar inserir toda a extensão da bandeja extratora dentro da sonda, respeitando o limite indicado pela resistência ao atingir o final da amostra. Caso se exceda este limite, a bandeja pode dobrar e, sendo bastante frágil, ela pode ser danificada.
- Imediatamente após a retirada do extrator com a bagueta, deixe-os protegidos em um lugar próximo, com a bagueta voltada para cima. Priorize a remoção da sonda do tronco da árvore, girando o cabo no sentido anti-horário, com ambas as mãos. Se perceber que o cabo está girando livremente sem recuo para o exterior, é sinal que os fios helicoidais da broca não estão engajados na madeira. Neste caso, puxar o cabo com força moderada enquanto estiver girando-o, até que os fios da broca penetrem na madeira e, a partir de então, o cabo poderá ser apenas girado, sem puxá-lo, até a completa remoção da sonda. Cuidado para não tocar a broca com as mãos imediatamente após a retirada da sonda da árvore, pois ela pode estar muito quente devido à sua fricção com a madeira. A rápida remoção da sonda é importante para evitar seu congestionamento no tronco, pois a árvore tende, com o passar do tempo, a exercer cada vez mais pressão na região perfurada, devido a um processo de dilatação da madeira na tentativa de fechar o orifício aberto em sua estrutura. Caso a sonda fique presa na árvore, é preciso utilizar um mini guincho manual com catraca, comumente utilizado para apertar os fios de uma cerca de arame. Este processo de remoção, que exige perícia do usuário, é descrito detalhadamente por Grissino-Mayer (2003).
- Na sequência, com auxílio de um estilete ou tinta, fazer uma pequena marca na parte mais externa da amostra (i.e., aquela mais próxima da casca), para que, no laboratório, as avaliações sejam realizadas na mesma posição em que a amostra estava na árvore. A seguir, retirar com cuidado a bagueta da calha da bandeja, transferindo-a para o interior de um canudo de papel ou plástico, para o transporte seguro da amostra. No entanto, recomenda-se evitar os canudos de plástico, pois a bagueta pode mofar em seu interior. Por outro lado, os canudos de papel permitem a secagem da bagueta, evitando o mofo. Esses canudos de papel geralmente possuem 42 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro, permitindo o acondicionamento adequado de baguetas com 4,3 ou 5,15 mm de diâmetro. Lembrar de identificar o canudo da amostra

com uma etiqueta, escrevendo o nome da espécie, data, local (com coordenadas geográficas), número da parcela experimental etc. Os canudos podem ser transportados no interior de um tubo telescópico porta-mapas, ou tubo de PVC com tampas, para evitar danos às amostras. Recomenda-se abrir pequenos orifícios nas tampas desses tubos para permitir a passagem de ar, de modo a evitar a formação de câmara úmida e, conseqüentemente, o mofo nas amostras.

- Finalmente, realizar o desacoplamento da sonda no cabo do trado de incremento, ou seja: abrir o trinco de bloqueio; retirar a ponta quadrada da sonda de dentro do cabo; e travar novamente o trinco. Limpar cuidadosamente a sonda e o extrator, e acondicioná-los dentro do cabo.
- Observação: o atolamento (i.e., congestionamento) da sonda dentro do tronco pode ser ocasionado por amostra quebrada, casca ou nó do tronco, madeira apodrecida etc. Portanto, quando perceber uma mudança significativa em tensão enquanto estiver perfurando a madeira, deve-se parar imediatamente e retirar a sonda do tronco. Essa mudança de tensão pode ser exemplificada assim: quando a broca da sonda atinge uma porção apodrecida da madeira, ficará muito fácil girar o cabo no processo de tradagem. Por outro lado, se a broca entrar em contato com um nó, isto exigirá maior força para girar o cabo. Em ambos os casos, a amostra pode torcer no interior da sonda e ficar atolada, dificultando sua posterior retirada com a bandeja extratora. Portanto, suspender a amostragem antes de chegar a este ponto crítico. Para avaliar se a amostra está torcendo e/ou atolando dentro da sonda basta conferir o comprimento da amostra a cada 5-10 giros do cabo. Para isso, inserir a bandeja extratora no interior da sonda até que ela toque a ponta externa da amostra. Então, colocar o dedo polegar sobre o ponto da bandeja no final da sonda, remover a bandeja do interior do equipamento e, a seguir, sobrepor a bandeja com a parte externa da sonda (que está fora da árvore). Ambos os comprimentos devem ser iguais, ou seja: a parte da bandeja que foi inserida dentro da sonda = a parte da sonda que ainda está no exterior da árvore. No entanto, se a amostra estiver sendo comprimida (atolando) dentro da sonda, o primeiro comprimento será maior. Neste caso, parar imediatamente a tradagem, inserir a bandeja sobre a amostra até alcançar o final da sonda, girar o cabo em 180° no sentido anti-horário e retirar a bandeja com o pedaço da amostra que estiver atolada.

Preparo de amostra de bagueta para análise de anéis de crescimento

Ao retornar ao laboratório, deixar a bagueta recém-amostrada secar ao ar por vários dias, antes de montá-la sobre um suporte de madeira anatômico, especialmente desenvolvido para acondicioná-la (Figura 15). É importante que essa montagem não seja realizada com a amostra ainda úmida, pois ela encolhe depois de perder umidade e pode quebrar sobre a canaleta do suporte caso seja colada antes de secar adequadamente.

Há alguns detalhes a serem observados durante a montagem de uma bagueta sobre o suporte, para permitir boa visualização dos anéis de crescimento, inclusive em nível de estrutura celular, por meio de microscópio ou imagem digital. A qualidade desta visualização celular é particularmente importante para distinguir os “falsos anéis” de crescimento [i.e., bandas interanuais de madeira tardia (*late wood*)] (Figura 16).

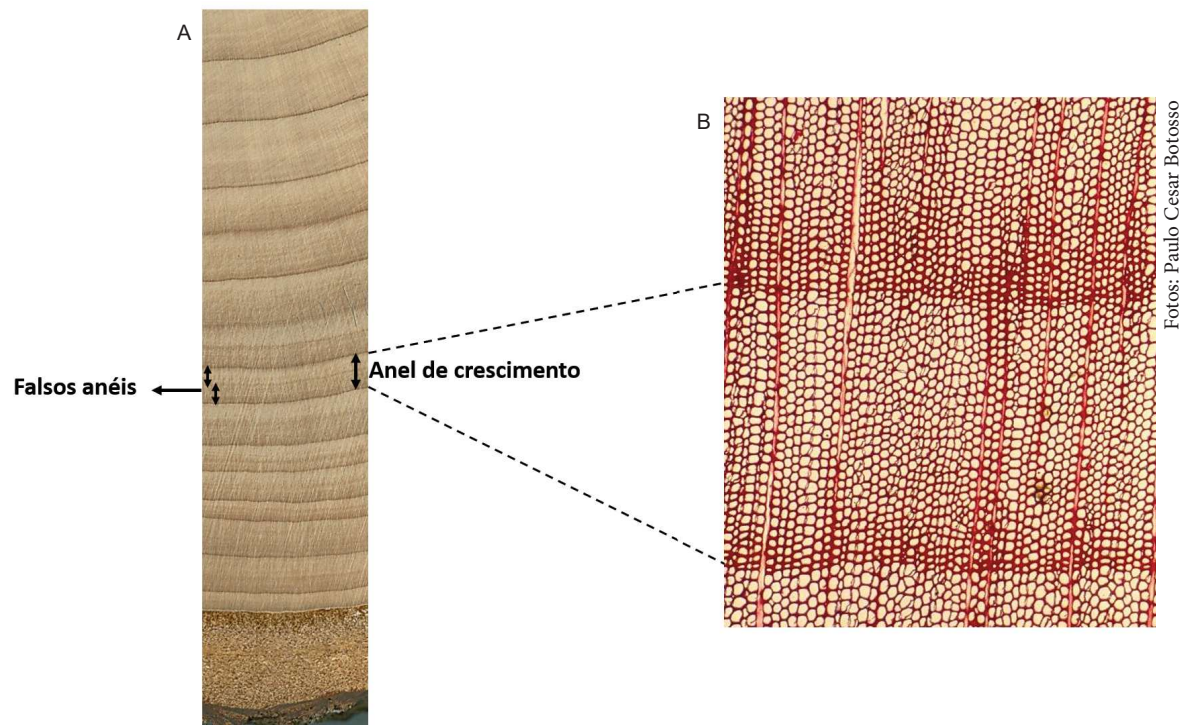
A seguir serão apresentadas algumas informações práticas para auxiliar uma boa montagem da bagueta no suporte e/ou a visualização celular dos anéis de crescimento.

- **Qualidade da amostra de bagueta:** uma amostragem bem-feita no tronco da árvore é fundamental para que os anéis de crescimento fiquem perpendiculares ao campo de visão após a colagem da bagueta no suporte (Figura 17A). Assim, amostras torcidas, quebradas, ou provenientes de perfurações desalinhadas (i.e., não realizadas em ângulo reto com o tronco), resultam em baixa qualidade de alinhamento dos anéis de crescimento (Figura 17B). Em caso de amostras torcidas, é possível endireitá-las direcionando um jato de vapor comprimido sobre toda a extensão da bagueta. Após alguns minutos de exposição ao vapor, com auxílio dos dedos, destorcer delicadamente a amostra em todo o seu comprimento.



Fotos: Sérgio Ricardo Silva

Figura 15. Bagueta de *Araucaria angustifolia* acondicionada em suporte de madeira, no formato de calha, com detalhes da vista lateral (A) e superior (B).



Fotos: Paulo Cesar Botosso

Figura 16. Anéis de crescimento e “falsos anéis” de *Araucaria angustifolia*, vistos por meio de macrofotografia (A) e microfotografia (B).

Fonte: Botosso (2011)



Figura 17. Anéis de crescimento alinhados entre si em ângulo reto (A) e desalinhados (B), provenientes de baguetas extraídas de tronco de *Araucaria angustifolia*.

- **Suporte de madeira para bagueta:** o suporte pode ser feito cortando uma tira de madeira geralmente com comprimento entre 40 e 50 cm (de acordo com o padrão de amostras de bagueta do laboratório e diâmetro do tronco), 2 cm de altura e com largura ± 6 mm superior ao diâmetro da bagueta (e.g., para uma amostra de 4,3 mm de diâmetro, cortar uma tira de madeira com $\pm 10,3$ mm de largura). A seguir, utilizando uma túbica equipada com fresa em formato em “U”, fazer um sulco arredondado do tipo “meia cana” (com largura um pouco superior ao diâmetro da bagueta) ao longo da extensão da tira de madeira (Figura 18). É um trabalho relativamente simples para um marceneiro. Recomenda-se construir um suporte individual para cada bagueta (e não um suporte coletivo para várias amostras), pois, às vezes é necessário comparar duas amostras pareadas lado a lado, dentre aquelas coletadas.

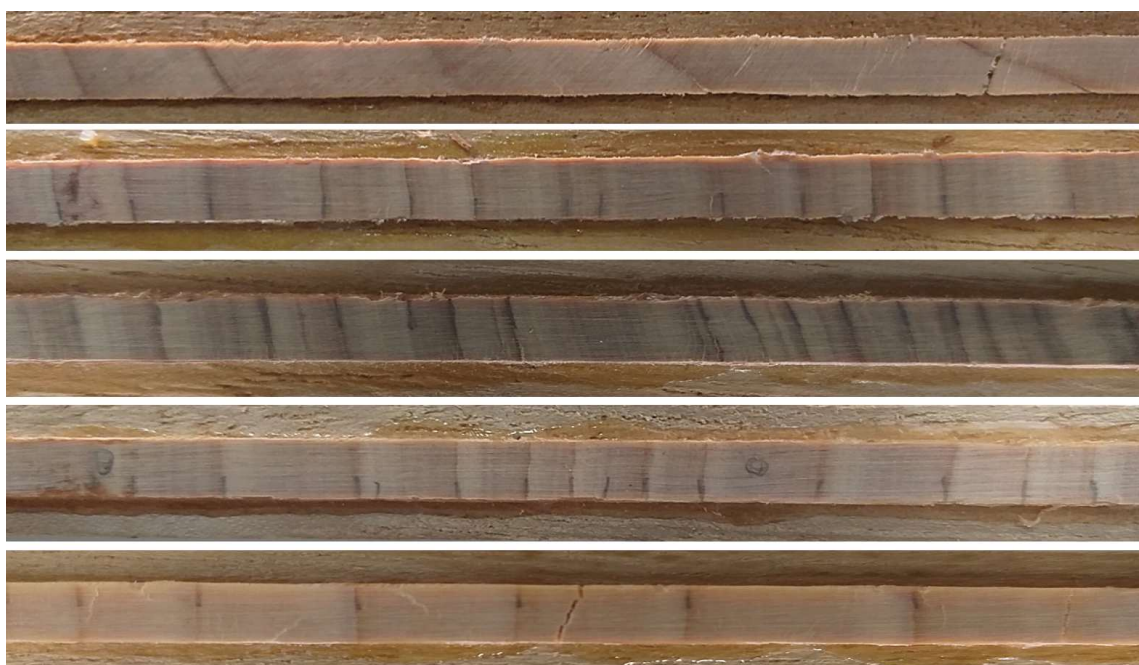


Figura 18. Suportes de madeira simples (A) e duplo (B) contendo sulco arredondado do tipo “meia cana”, para acondicionamento de baguetas. Vista lateral (C) e superior (D) do suporte simples.

- **Posicionamento e identificação da bagueta no suporte:** a bagueta deve ser montada sobre o suporte exatamente como ela foi retirada da árvore, ou seja, identificar no suporte as duas extremidades da amostra: aquela mais próxima da casca (i.e., mais externa) e a outra mais próxima da medula do tronco (i.e., mais interna). Este critério é imprescindível, considerando que, durante a análise em microscópio, a pessoa geralmente inicia a observação dos anéis mais externos em direção àqueles mais internos, com a amostra orientada verticalmente em relação ao campo de visão. Adicionalmente, registrar no suporte o nome da espécie, a data e o local de amostragem (com coordenadas geográficas), dentre outras informações que identifiquem a amostra.
- **Colagem da bagueta sobre o suporte de madeira:** recomenda-se que se utilize cola branca solúvel em água para colar a bagueta no suporte. Isto é importante, pois, se for necessário refazer a montagem, basta imergir o conjunto em água durante algumas horas até dissolver a cola. Vale lembrar que, neste caso, a amostra de bagueta deve ser novamente seca ao ar durante alguns dias antes de uma nova colagem.

Nos casos de amostras fragmentadas, é preciso utilizar fita adesiva para prender cada fragmento no suporte antes da imersão em água, para evitar que os fragmentos de bagueta boiem na água e sejam misturados, dificultando a remontagem.

- **Aplainamento e lixamento da superfície da bagueta:** esta etapa é fundamental para melhorar a visualização dos anéis de crescimento e sua estrutura celular. O primeiro passo é aplainar a superfície da bagueta com uma plaina manual ou elétrica, até ficar bem alinhada paralelamente com a face superior do suporte, porém sem atingi-la, reservando aproximadamente 1 mm de espessura da bagueta para o processo de lixamento. A seguir, com auxílio de uma lixadeira de cinta ou lixas manuais, fazer o acabamento final da superfície da amostra. É recomendado o uso de uma série de lixas, começando com uma de grão 220, depois grão 320 e, finalmente, grão 400, ou seja, da granulometria mais grossa para a mais fina. Alguns pesquisadores realizam um enceramento da superfície lixada com cera de carnaúba ou similar. Ao final do processo, a amostra estará pronta para análise com auxílio de uma lupa ou microscópio (Figura 19).
- **Contagem e mensuração dos anéis de crescimento:** geralmente é realizada uma marcação manual de cada anel de crescimento, com base na observação visual auxiliada por uma lupa. A seguir é mensurada a largura de cada anel por meio de equipamentos e softwares especialmente desenvolvidos para esta finalidade, como o LinTab™ (Figura 20) e o TSAP-Win™, respectivamente, que resultam em precisão de 0,01 mm (Rinn, 1996; Canetti et al., 2016). Finalmente, a acurácia da datação cruzada (*cross-date*) pode ser verificada com o software Cofecha (Holmes, 1983), que compara, ano a ano, as larguras dos anéis de crescimento do conjunto de árvores amostradas.
- **Observação dos anéis de crescimento no microscópio:** para uma melhor visualização dos anéis de crescimento e de sua estrutura celular, recomenda-se utilizar uma lente ocular de 10× (e não de 15 ou 20×) e um zoom entre 0,7 e 4×, atingindo uma faixa de aumento entre 7 e 40×, suficiente para este tipo de observação.



Fotos: Sérgio Ricardo Silva

Figura 19. Baguetas de *Araucaria angustifolia* acondicionadas em suportes de madeira e devidamente aplainadas, lixadas e enceradas, para posterior análise dos anéis de crescimento.

Foto: Sérgio Ricardo Silva

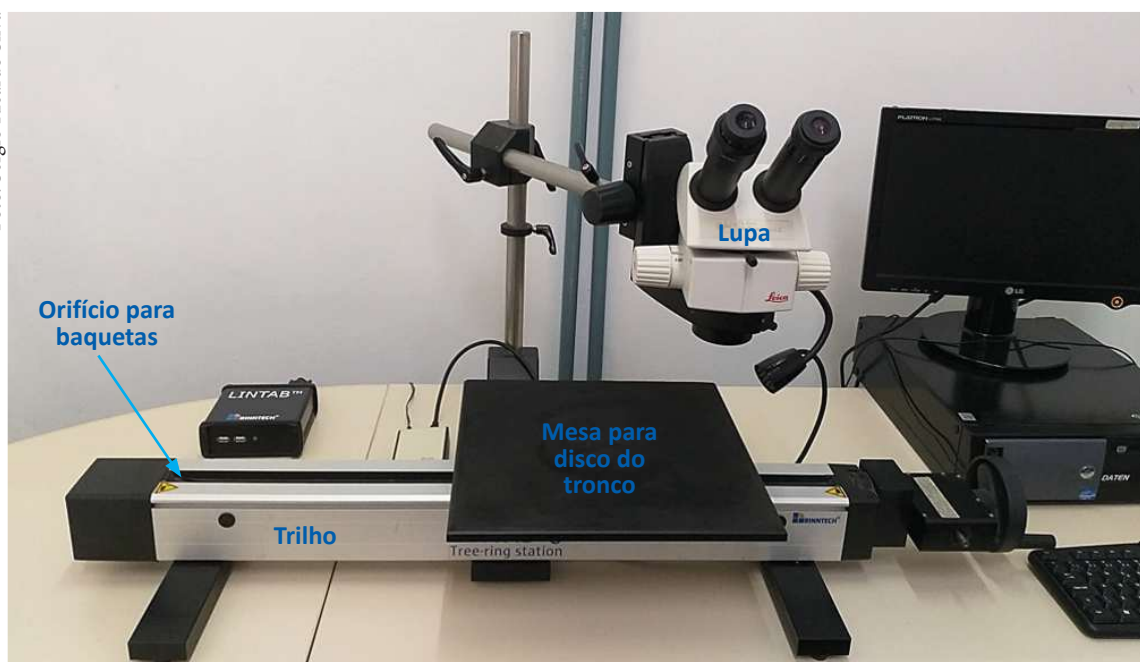


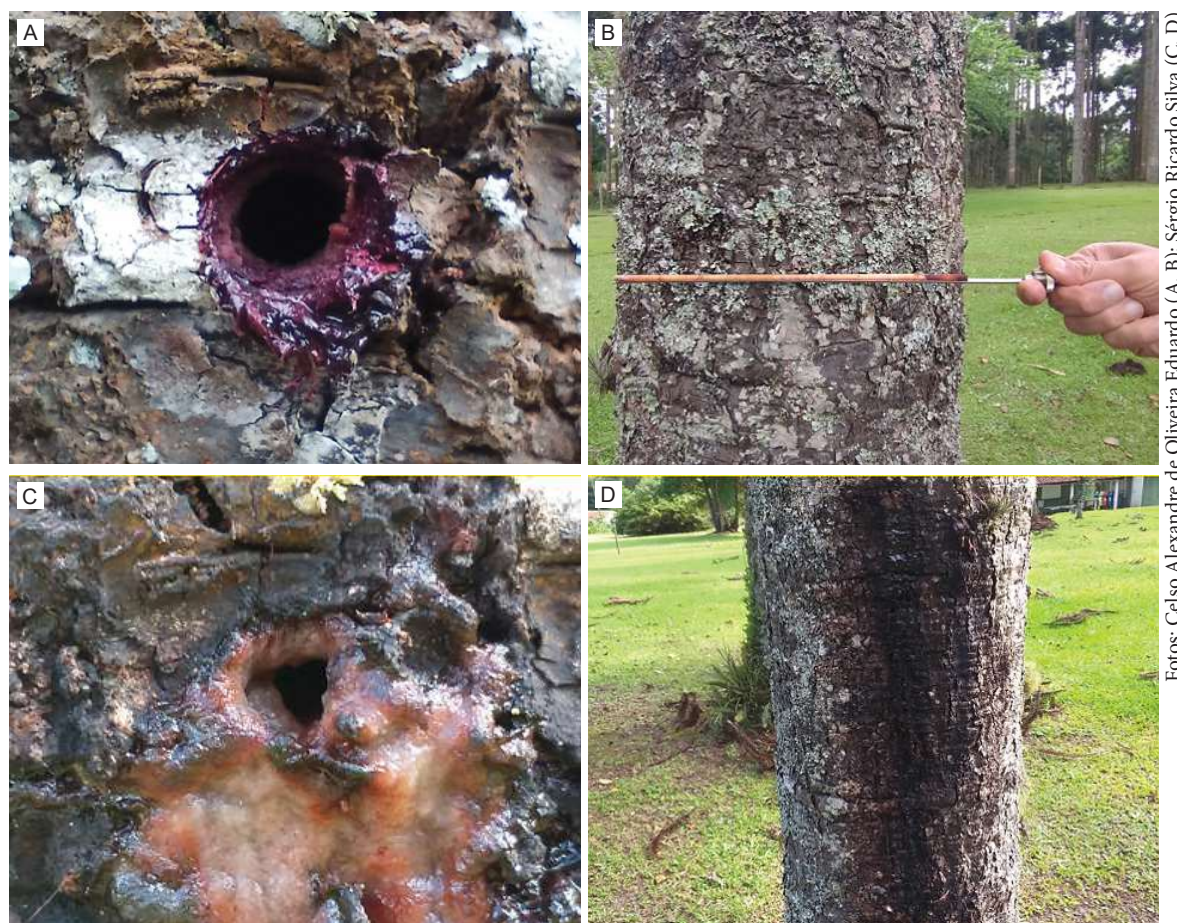
Figura 20. Sistema LinTab™ utilizado para mensuração da largura de anéis de crescimento em amostras de bagueta ou disco do tronco de *Araucaria angustifolia*.

Cuidados com a integridade e sanidade das árvores amostradas

Uma dúvida comum ao se extrair uma bagueta: será que a perfuração do tronco com o trado de incremento causa alguma injúria na árvore? Ainda não há consenso entre os cientistas sobre este tema, especialmente considerando efeitos de longo prazo (Fay; Berker, 2018). Na maioria das vezes, a árvore se curará rapidamente, com o fechamento do pequeno orifício aberto em seu tronco (Figura 21), de modo similar ao que acontece quando se realiza uma desrama ou poda, cujo local cortado “cicatriz” em poucos dias. No entanto, se esta preocupação for grande para um grupo especial de árvores, como as ancestrais ou raras, deve-se repensar se é realmente necessário realizar esta amostragem de bagueta ou se há outras alternativas para atingir o objetivo da pesquisa.

A maioria dos estudos relatam que a perfuração do tronco com trado de incremento não produziu impactos negativos sobre a taxa de crescimento, capacidade reprodutiva da árvore, resistência do tronco e risco de morte, particularmente para coníferas, que apresentam melhor habilidade para compartimentalizar o tecido afetado e rapidamente preencher com resina o orifício aberto no tronco (e.g., Campbell, 1939; Hepting et al., 1949; Shigo, 1984; Chave et al., 2006). Entretanto, há determinados trabalhos que reportam significativas injúrias nas árvores, algumas vezes fatais, diretamente associadas a esta técnica de amostragem (e.g., Lorenz, 1944; Hepting et al., 1949; Clark, 1966; Florens, 2013, 2014; Fay; Berker, 2018). Infelizmente, a quantidade de informação disponível sobre este assunto é muito escassa e restrita a um pequeno conjunto de estudos, desenvolvidos principalmente para espécies de clima temperado. Esta incerteza sobre os impactos da amostragem de baguetas sobre a sanidade de árvores foi discutida por Tsen et al. (2016), que alertaram sobre a importância de considerar caso-a-caso a decisão sobre realizar ou não a amostragem.

Uma forte limitação dos trabalhos científicos sobre este assunto se refere ao curto prazo das avaliações após a extração das baguetas, usualmente menores que 1 a 2 anos. Considerando que algumas espécies podem viver centenas de anos, os danos ocasionados pela tradação na madeira precisam ser melhor investigados por maior período de tempo. Fay e Berker (2018) reportaram que a formação de um calo obstruindo o orifício criado pela retirada da amostra não pode ser igualado à “cicatrização” ou cura do tecido lesado, pois injúrias causadas pela ação da broca da sonda podem ser de longo prazo. Por exemplo, a passagem da sonda através de um tecido doente, compartimentalizado em uma região do tronco, pode espalhar os patógenos para toda a extensão do



Fotos: Celso Alexandre de Oliveira Eduardo (A, B); Sérgio Ricardo Silva (C, D)

Figura 21. Orifício aberto em tronco de *Araucaria angustifolia* (A) durante a extração de uma bagueta com 5,15 mm de diâmetro (B) com uso de trado de incremento. Mesmo orifício cinco meses após a amostragem (C) e aspecto do tronco escurecido devido ao escorrimento de resina durante este período (D).

orifício aberto na madeira, amplificando os danos. Além disso, à medida que a broca perfura a madeira, surgem microfissuras em várias direções e extensões no tecido vegetal que circunda a estrutura metálica da broca, o que pode causar danos à árvore.

Assim, é importante que se utilize a técnica de amostragem de baguetas considerando os riscos inerentes ao processo, particularmente para um espécimen raro e de alto valor. Variações observadas na capacidade de recuperação de uma árvore amostrada também estão associadas à combinação entre genética (i.e., características inatas) e variáveis ambientais (Tsen et al., 2016). Por exemplo, a combinação de fortes estresses ambientais, como uma seca prolongada, agindo sobre uma árvore debilitada (i.e., que esteja com baixa capacidade de defesa natural contra injúrias naturais) pode dificultar sua recuperação após perfurada com um trado de incremento. Por outro lado, árvores saudáveis em ambientes que permitem expressivo crescimento das plantas, usualmente curam suas feridas mais rapidamente, isolando o orifício aberto no tronco contra a deterioração.

Estudos fitopatológicos requerem cuidado especial, pois os microrganismos (bactérias e fungos) podem ser transportados entre árvores por meio do trado de incremento (Grissino-Mayer, 2003).

Dentre os cuidados com a integridade e sanidade das árvores submetidas à extração de baguetas, pode-se destacar:

- Os fios helicoidais e a ponta da broca devem estar bem afiados e amolados, de modo que o orifício aberto no tronco seja reto e sem fissuras ou lascamentos, o que facilitará o processo de recuperação da árvore, com o fechamento natural do orifício.

- Para reduzir a propagação de doenças entre árvores é recomendado, a cada amostragem, imergir o trado de incremento dentro de solução de álcool etílico 70% (70° INPM), ou mesmo o uso de fungicidas e bactericidas. No entanto, a eficiência desta técnica apresenta limitações, pois é temporária e não contempla toda a diversidade de patógenos (Lorenz, 1944). Assim, em locais com suspeita de presença de agentes fitopatogênicos danosos, a amostragem de baguetas deve ser estritamente controlada, de modo a evitar a disseminação de doenças entre as árvores.
- Retirar o mínimo possível de baguetas por árvore, de preferência restritas da casca até a medula, evitando amostrar toda a secção transversal do tronco. Quanto maior for a extensão dos orifícios abertos, maior será a probabilidade de ocorrerem infecções nos tecidos lesionados. Para a maioria dos trabalhos científicos, uma amostra por tronco é o suficiente, exceto para estudos dendroclimáticos que usualmente requerem um mínimo de duas amostras para cada árvore (Norton, 1998).
- Recomenda-se aguardar um período de 5 a 6 anos entre duas amostragens consecutivas em uma mesma árvore, de modo a evitar maiores danos no tronco.
- Após retirar a bagueta, não se recomenda preencher o orifício aberto no tronco com nenhum material (inclusive com a própria bagueta), pois, ao limitar as trocas gasosas, isto pode causar mais danos do que benefícios à árvore, além de dificultar o processo de compartimentalização contra agentes fitopatogênicos.

Considerações finais

Baguetas de alta qualidade são a base para análises dendrocronológicas precisas. Portanto, o conteúdo apresentado neste capítulo auxilia a evitar os principais problemas durante o processo de amostragem, quais sejam: a) amostras quebradas e com superfície áspera, devido ao uso de brocas com fios de corte cegos; b) torção ou destruição dos anéis de crescimento mais externos durante o início do processo de tradagem, nos primeiros 1 a 2 cm sob a casca, geralmente ocasionadas pela imperícia da pessoa ao manusear o trado, como mãos trêmulas, mudanças bruscas de direção da broca etc.; c) descoloração e/ou apodrecimento de amostras devido ao armazenamento inadequado das baguetas.

A preservação da integridade dos fios de corte da broca do trado de incremento, quanto ao amolamento e afiamento, é a principal medida para evitar amostras quebradas e/ou com a superfície áspera e esfarrapada, além do atolamento da bagueta no interior da sonda. Portanto, o bom treinamento do usuário é fundamental para que ele saiba manejar adequadamente este instrumento de precisão e realizar manutenções preventivas e reparadoras.

Vários problemas com o trado e com a bagueta podem ser evitados com a escolha adequada da árvore a ser amostrada. Portanto, se houver suspeitas de que o tronco contenha tecido deteriorado (apodrecido ou atacado por cupins ou brocas) ou qualquer objeto metálico (e.g., pregos, farpas, grampos etc.) inserido na madeira, é recomendado não usar o trado de incremento nessa árvore.

À medida que o usuário adquire experiência com o uso do trado de incremento, ele desenvolve uma maior percepção de problemas ocorrendo durante a amostragem de uma bagueta. Por exemplo, sons estranhos ao tradar o tronco podem indicar que a broca atingiu alguma madeira de compressão ou que está ocorrendo um atolamento no interior da sonda. Portanto, uma pessoa experiente é geralmente mais perspicaz e eficiente no processo de amostragem do que um novato.

Um princípio básico para melhorar a precisão das avaliações dendrocronológicas é realizar a datação cruzada, ou seja, a avaliação simultânea de anéis de crescimento de árvores vizinhas (Phipps, 1985; Sheppard et al., 1988). Esta técnica permite identificar anéis ausentes ou falsos que podem ter sido ocasionados por condições climáticas atípicas, como secas prolongadas, chuvas extremas e temperaturas excepcionalmente quentes ou frias.

Referências

- ALBIERO-JÚNIOR, A.; VENEGAS-GONZÁLEZ, A.; RODRÍGUEZ-CATÓN, M.; OLIVEIRA, J. M.; LONGHI-SANTOS, T.; GALVÃO, F.; TEMPONI, L. G.; BOTOSSO, P. C. Edge effects modify the growth dynamics and climate sensitivity of *Araucaria angustifolia* trees. **Tree-Ring Research**, v. 76, n. 1, p. 11-26, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3959/TRR2018-9>.
- BIONDI, F. From dendrochronology to allometry. **Forests**, v. 11, artigo 146, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11020146>.
- BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras**: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 65 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 194). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137126/1/Doc194Papel.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. de. **Conhecer a idade das árvores**: importância e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 25 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 75). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17085/1/doc75.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.
- BRANDES, A. F. das N.; ALBUQUERQUE, R. P.; LISI, C. S.; LEMOS, D. N. de; NICOLA, L. R. M.; MELO, A. L. F.; BARROS, C. F. The growth responses of *Araucaria angustifolia* to climate are adjusted both spatially and temporally at its northern distribution limit. **Forest Ecology and Management**, v. 487, artigo 119024, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119024>.
- BROWN, P. M. A modified increment borer handle for coring in locations with obstructions. **Tree-Ring Research**, v. 63, n. 1, p. 61-62, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3959/1536-1098-63.1.61>.
- CAETANO-ANDRADE, V. L.; SCHÖNGART, J.; AYALA, W. E.; MELINSKI, R. D.; SILVA, F.; DOBRINDT, R.; ROBERTS, P. Advances in increment coring systems for large tropical trees with high wood densities. **Dendrochronologia**, v. 68, artigo 125860, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125860>.
- CAMPBELL, W. A. **Damage from increment boring**. Washington, DC: Division of Forest Pathology, Bureau of Plant Industry, U. S. Department of Agriculture, 1939. 7 p.
- CANETTI, A.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; RICKEN, P.; PELLICO NETTO, S. Retrospective analysis of competition in a forest remnant: a case study of *Podocarpus lambertii* in Araucaria Forest. **Dendrochronologia**, v. 40, p. 43-49, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2016.05.003>.
- CARRER, M. Individualistic and time-varying tree-ring growth to climate sensitivity. **PLoS ONE**, v. 6, n. 7, artigo e22813, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022813>.
- CARVALHO, P. E. R. Pinheiro-do-Paraná: *Araucaria angustifolia*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 799-812. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231760/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Pinheiro-do-Parana.pdf>. Acesso em: 09 out. 2023.
- CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H. C.; BAKER, T. R.; EASDALE, T. A.; STEEGE, H. ter; WEBB, C. O. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological Applications**, v. 16, n. 6, p. 2356-2367, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2356:RAPVOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2).
- CLARK, F. B. Notes and observations: increment borers cause serious degrade in black walnut. **Journal of Forestry**, v. 64, n. 2, p. 814, 1966. Disponível em: <https://academic.oup.com/jof/article-abstract/64/12/814/4672712?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 12 out. 2023.
- COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. **Methods of dendrochronology**: applications in the environmental sciences. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989. 351 p.
- CURTO, R. de A.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; PELLICO NETTO, S. Growth and retrospective analysis of competition in an overstocked stand of *Araucaria angustifolia*. **Forest Ecology and Management**, v. 483, artigo 118766, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118766>.
- DOUGLASS, A. E. Dating our prehistoric ruins: how growth rings in trees aid in the establishing the relative ages of the ruined pueblos of the southwest. **Natural History**, v. 21, n. 1, p. 27-30, 1921.

- EDVARDSSON, J.; ALMEVIK, G.; LINDBLAD, L.; LINDERSON, H.; MELIN, K-M. How cultural heritage based on dendrochronology can be improved through two-way communication. **Forests**, v. 12, artigo 1047, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12081047>.
- FAY, N.; BERKER, N. **A review of the theory and practice of tree coring on live ancient and veteran trees**. Edinburgh: Scottish Natural Heritage, 2018. 58 p. (Research report, 789). Disponível em: <https://www.nature.scot/snh-research-report-789-review-theory-and-practice-tree-coring-live-ancient-and-veteran-trees>. Acesso em: 28 mar. 2023.
- FLORENS, F. B. V. Research no matter the risks? A reply to Boura et al. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 29, n. 3, p. 134-135, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.01.006>.
- FLORENS, F. B. V. Research safeguards protected areas: the important role of governments. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 9, p. 504-505, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.06.011>.
- FRITTS, H. C.; SWETNAM, T. W. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. **Advances in Ecological Research**, v. 19, p. 111-188, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60158-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60158-0).
- GRISSINO-MAYER, H. D. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. **Tree-Ring Research**, v. 59, n. 2, p. 63-79, 2003.
- HEPTING, G. H.; ROTH, E. R.; SLEETH, B. Discolorations and decay from increment borings. **Journal of Forestry**, v. 47, n. 5, p. 366-370, 1949. Disponível em: <https://academic.oup.com/jof/article-abstract/47/5/366/4708137?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 12 out. 2023.
- HOLMES, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-Ring Bulletin**, v. 43, n. 1, p. 69-78, 1983. Disponível em: https://www.ltrr.arizona.edu/~ellisqm/outgoing/dendroecology2014/readings/Holmes_1983.pdf. Acesso em: 11 out. 2023.
- JOZSA, L. A. **Increment core sampling techniques for high quality cores**. Vancouver: Forintek Canada Corporation, 1988. 26 p. (Special publication, 30). Disponível em: https://home.cyf-kr.edu.pl/~rlbednar/increment_core_sampling.pdf. Acesso em: 11 out. 2023.
- KAGAWA, A.; FUJIWARA, T. Smart increment borer: a portable device for automated sampling of tree-ring cores. **Journal of Wood Science**, v. 64, p. 52-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10086-017-1668-6>.
- KROTTENTHALER, S.; PITSCH, P.; HELLE, G.; LOCOSSELLI, G. M.; CECCANTINI, G.; ALTMAN, J.; SVOBODA, M.; DOLEZAL, J.; SCHLESER, G.; ANHUF, D. A power-driven increment borer for sampling high-density tropical wood. **Dendrochronologia**, v. 36, p. 40-44, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2015.08.005>.
- LOIOLA, T. M.; HESS, A. F.; KLEIN, D. R.; KREFTA, S. M.; DALLABRIDA, J. P.; DENEGA, A.; NASCIMENTO, B. Análise dendrocronológica do crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no planalto serrano de Santa Catarina. **Holos**, v. 35, n. 2, artigo e4927, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.4927>.
- LORENZ, R. C. Discolorations and decay resulting from increment borings in hardwoods. **Journal of Forestry**, v. 42, n. 1, p. 37-43, 1944. Disponível em: <https://academic.oup.com/jof/article-abstract/42/1/37/4706966>. Acesso em: 12 out. 2023.
- MARCON, A. K.; MARTINS, K. G.; BOTOSSO, P. C.; LONGHI-SANTOS, T.; BLUM, C. T.; GALVÃO, F. Growth ring response of two Atlantic Forest tree species pre- and post-dam operation in Southern Brazil. **Dendrochronologia**, v. 71, artigo 125917, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125917>.
- MATTOS, P. P. de; CURTO, R. de A.; BRAZ, E. M.; PÉLLICO NETTO, S. How do *Araucaria angustifolia* trees grow in overstocked stands? **Dendrochronologia**, v. 74, artigo 125976, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.125976>.
- NORTON, D. A. **Impacts of tree coring on indigenous trees**. Wellington: Department of Conservation, 1998. 6 p. (Conservation Advisory Science Notes, 186).
- OLIVEIRA, J. R. de; ADENESKY-FILHO, E.; ESEMANN-QUADROS, K. Avaliação do crescimento do lenho de *Araucaria angustifolia* no planalto norte de Santa Catarina. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 155-164, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i2.43134>.
- PEARL, J. K.; KECK, J. R.; TINTOR, W.; SIEKACZ, L.; HERRICK, H. M.; MEKO, M. D.; PEARSON, C. L. New frontiers in tree-ring research. **The Holocene**, v. 30, n. 6, p. 923-941, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683620902230>.

- PEDRAZZI, C.; DICK, G.; COLDEBELLA, R.; GENTIL, M.; GIESBRECHT, B. M.; da ROSA, R. C. **Química da madeira**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, 2019. 69 p. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/370/2021/05/QUIMICA_DA_MADEIRA_19_08_19_final.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.
- PHIPPS, R. L. **Collecting, preparing, crossdating, and measuring cores**. Reston: United States Geological Survey, 1985. 48 p. (Water-Resources Investigations Report, 85). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/wri/1985/4148/report.pdf>. Acesso em: 09 out. 2023.
- PRESSLER, M. R. Der forstliche zuwachsbohrer neuester construction. **Tharandter Forstliches Jahrbuch**, v. 17, p. 155-223, 1866.
- RINN, F. **TSAP – time series analyses presentation**: reference manual (version 3.0). Heidelberg: RinnTech, 1996. 263 p.
- SCHWEINGRUBER, F. H. **Dendroökologische holzanatomie**: anatomische grundlagen der dendrochronologie. Berne: Paul Haupt Verlag, 2001. 472 p.
- SHEPPARD, P. R.; MEANS, J. E.; LASSOIE, J. P. Cross-dating cores as a nondestructive method for dating living, scarred trees. **Forest Science**, v. 34, n. 3, p. 781-789, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestscience/34.3.781>.
- SHIGO, A. L. Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. **Annual Review of Phytopathology**, v. 22, p. 189-214, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.22.090184.001201>.
- SILVA, D. O. da; PRESTES, A.; KLAUSNER, V.; SOUZA, T. G. G. de. Climate influence in dendrochronological series of *Araucaria angustifolia* from Campos do Jordão, Brazil. **Atmosphere**, v. 12, artigo 957, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12080957>.
- STEPKA, T. F.; MATTOS, P. P. de; FIGUEIREDO FILHO, A.; BRAZ, E. M.; MACHADO, S. do A. Growth of *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* and *Ocotea porosa* in different locations within the Araucaria Forest in the southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 486, artigo 118941, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118941>.
- TSEN, E. W. J.; SITZIA, T.; WEBBER, B. L. To core, or not to core: the impact of coring on tree health and a best-practice framework for collecting dendrochronological information from living trees. **Biological Reviews**, v. 91, n. 4, p. 899-924, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12200>.
- TYMINSKI, W. P. Preventing bark-caused increment borer jams: a modified technique for core extraction. **Tree-Ring Research**, v. 67, n. 2, p. 123-126, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3959/2011-3.1>.
- VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; OLIVEIRA, J. T. da S.; ARANTES, M. D. C. Propriedades da madeira de reação. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 26-37, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.041>.
- WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões, com plantas de porte reduzido**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125311/1/CT-351-Ivar.pdf>. Acesso em: 09 out. 2023.