



17

## **Uso dos produtos da araucária: madeira e coprodutos**

Patrícia Raquel Silva Zanoni  
Ana Cláudia da Silveira  
Edson Alves de Lima  
Patrícia Póvoa de Mattos  
Rafaella de Angeli Curto  
Washington Luiz Esteves Magalhães  
Marcelo Lazzarotto







## Introdução

Dentre os produtos derivados da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., a madeira historicamente tem posição de destaque. Desde a segunda metade do século XIX, as florestas nativas de araucária foram intensivamente exploradas visando aos mais diversos usos da madeira, tais como a construção de casas e a fabricação de móveis. Durante muito tempo, esta foi a principal espécie madeireira da região Sul, e chegou a representar 92 % das exportações de madeira do País em 1963 (Wendling; Zanette, 2017). Em contraposição ao impacto econômico positivo, esta atividade indiscriminada culminou no esgotamento das reservas nativas, que ficaram restritas a uma área menor que 3% daquela original (BRDE, 2005). Embora tenham sido empreendidas iniciativas de cultivo de araucária, particularmente, por grandes empresas na década de 1960, estas lograram resultados de produtividade abaixo do esperado por diversos motivos. Paralelamente, a introdução de espécies exóticas de rápido crescimento (eucalipto e pínus) induziu uma gradativa preferência por estas espécies em detrimento da araucária. Além disso, sua inclusão na lista de espécies ameaçadas de extinção motivou o recrudescimento da legislação que atualmente proíbe o corte das nativas, embora regulamente a exploração das plantadas, desde que os requisitos legais do órgão ambiental competente sejam atendidos (Mattos et al., 2011; Wendling; Zanette, 2017). Diante desta situação, reduziu-se, gradativamente, a participação da madeira de araucária no cenário comercial nacional e internacional e ganharam força seus derivados não madeireiros. O mais importante deles é certamente o pinhão, que está discutido no Capítulo 16 deste livro. Mas também emergiram pesquisas relativas a outras formas de aproveitamento da árvore de araucária em pé, tais como o uso de resíduos<sup>1</sup> como cascas de pinhão, acículas etc para geração de energia, elaboração de materiais ou obtenção de bioativos.

Esse capítulo aborda características da madeira e suas aplicações tradicionais (como madeira serrada e roliça, produção de celulose e papel, energia), bem como potenciais formas de aproveitamento de outras partes da araucária (galhos, casca, nós, resina, acículas, falhas e cascas de pinhão) e perspectivas futuras. A intenção é apresentar esta valiosa espécie nativa como uma possível provedora de múltiplos produtos e usos, que vão além dos conhecidos pinhão e madeira (Figura 1).

Ressalta-se que não estão aqui contempladas, mas são igualmente importantes, as utilizações da araucária para fins paisagísticos e ambientais, provendo proteção e alimento para fauna, sequestro de carbono, proteção para o solo e águas, recuperação ambiental, além de estímulo ao turismo e singular efeito ornamental, dentre outros benefícios.

<sup>1</sup> Diante da perspectiva de usos que será mostrada para estes “resíduos”, serão tratados como “coprodutos”.

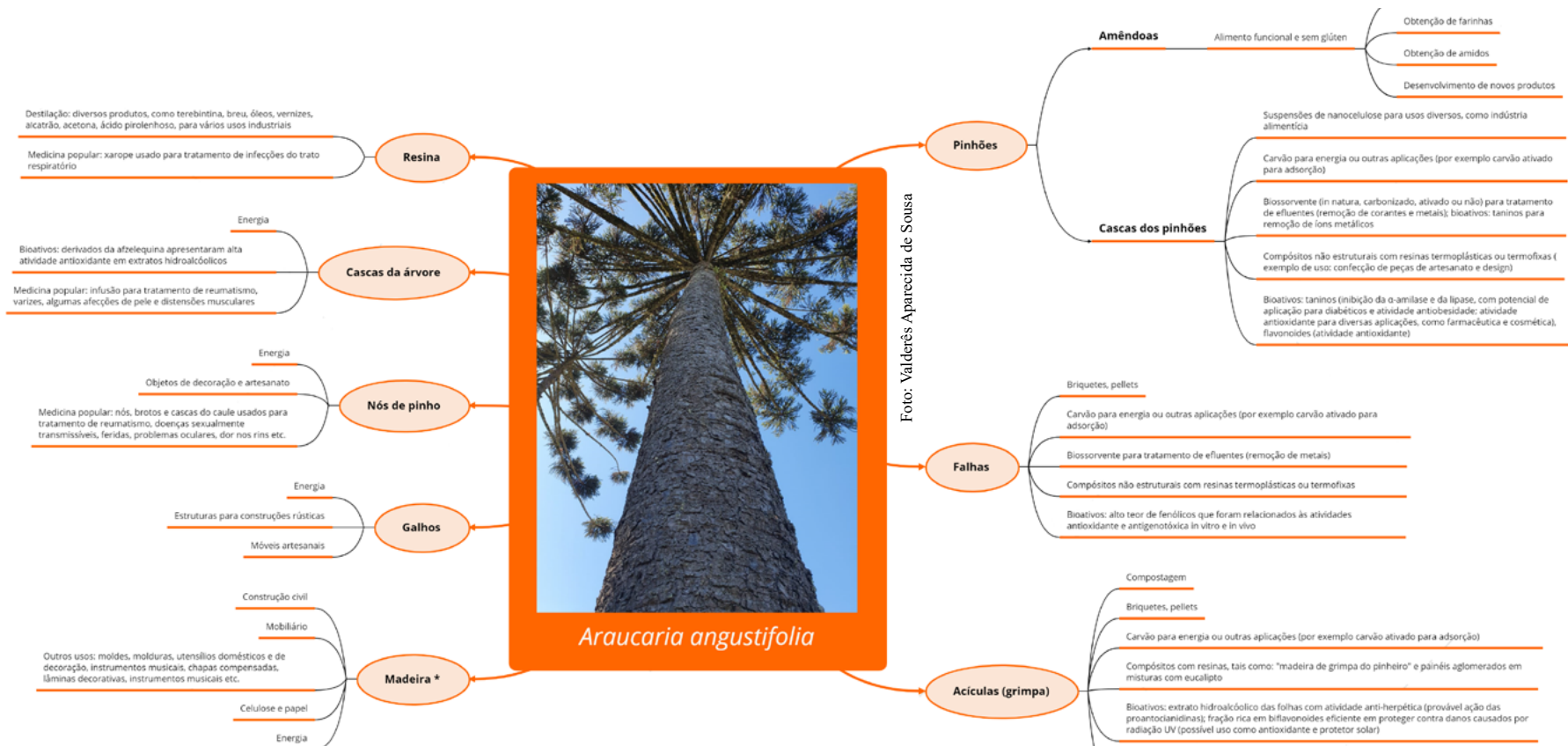


Figura 1. Produtos de *Araucaria angustifolia* e possíveis aplicações.

**Tabela1.** Ficha técnica da madeira de araucária.

| Pinho-do-paraná                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Fonte                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Nome científico:</b> <i>Araucaria angustifolia</i> (O. Bertol.) Kuntze, Araucariaceae<br><b>Outros nomes populares:</b> pinheiro-do-paraná, pinho, pinho-brasileiro<br><b>Ocorrência:</b> Brasil: Mata Atlântica, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                             |
| Características gerais                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Características sensoriais:</b> alburno e cerne pouco distintos pela cor, cerne branco-amarelado, freqüentemente com manchas largas róseo-avermelhadas (em árvores mais velhas, o cerne pode apresentar coloração amarronzada); brilho moderado; cheiro e gosto pouco acentuados, característicos de resina, agradável; densidade baixa; macia ao corte; grã direita; textura fina<br><br><b>Descrição anatômica macroscópica:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parênquima axial: invisível mesmo sob lente</li> <li>• Raios: visíveis apenas sob lente no topo, na face tangencial é invisível mesmo sob lente</li> <li>• Camadas de crescimento: distintas; transição suave entre o lenho inicial e tardio</li> <li>• Canais de resina: ausentes</li> </ul> | IPT (1983, 1989a)                                           |
| Durabilidade/tratamento                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Durabilidade natural:</b> a madeira de pinho-do-paraná, em ensaio de laboratório, demonstrou ter baixa resistência ao apodrecimento e ao ataque de cupins-de-madeira-seca<br><br>A madeira é muito susceptível aos fungos causadores da mancha azul, cupins e perfuradores marinhos. Ocasionalmente podem ocorrer danos causados por brocas do grupo dos curculionídeos. O alburno não é susceptível às brocas de madeiras do gênero <i>Lyctus</i><br><br><b>Tratabilidade:</b> a madeira de pinho-do-paraná, em ensaios de laboratório, quando submetida à impregnação sob pressão, demonstrou ter alta permeabilidade às soluções preservantes                                                                                                                          | IPT, 1989a<br><br>Berni et al. (1979)<br><br>IPT (1989a)    |
| Características de processamento                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Trabalhabilidade:</b> a Madeira de pinho-do-paraná é fácil de ser trabalhada com ferramentas manuais ou máquinas. Se ocorrer Madeira de compressão, pode haver distorção durante o aplainamento. Fácil de colar e aceita bem acabamentos superficiais<br><br>É fácil de desdobrar, aplainar e colar permitindo bom acabamento<br><br><b>Secagem:</b> a secagem ao ar é difícil por apresentar tendência à torção e rachaduras. O processo de secagem em estufa deve ser controlado cuidadosamente, para que se possa obter madeira de qualidade. Programa de secagem pode ser obtido em Jankowsky (1990)                                                                                                                                                                  | Jankowsky (1990)<br><br>IPT (1989a)<br><br>Jankowsky (1990) |
| Propriedades físicas                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Densidade de massa (r):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparente a 15% de umidade (rap, 15): 550 kg/m<sup>3</sup></li> <li>• Básica (rbásica): 458 kg/m<sup>3</sup></li> </ul> <b>Contração:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radial: 4,0 %</li> <li>• Tangencial: 7,8 %</li> <li>• Volumétrica: 13,2 %</li> </ul> Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | IPT (1989a)                                                 |

Continua...





| Pinho-do-paraná        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Fonte                     |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Propriedades mecânicas | <p><b>Flexão:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Resistência (f<sub>M</sub>): Madeira verde: 59,7 MPa<br/>Madeira a 15% de umidade: 85,6 MPa</li><li>• Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 25,1 MPa</li><li>• Módulo de elasticidade - Madeira verde: 10719 MPa</li></ul> <p>Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85)</p> <p><b>Compressão paralela às fibras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Resistência (f<sub>c0</sub>): Madeira verde: 26,3 MPa<br/>Madeira a 15% de umidade: 41,4 MPa</li><li>• Coeficiente de influência de umidade: 4,7%</li><li>• Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 20,6 MPa</li><li>• Módulo de elasticidade - Madeira verde: 13514 MPa</li></ul> <p>Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85)</p> <p><b>Outras propriedades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Resistência ao impacto na flexão - Madeira a 15% (choque): 14,7</li><li>• Cisalhamento - Madeira verde: 6,7 MPa</li><li>• Dureza janka paralela - Madeira verde: 2687 N</li><li>• Tração normal às fibras - Madeira verde: 3,4 MPa</li><li>• Fendilhamento - Madeira verde: 0,4 MPa</li></ul> <p>Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85)</p> | IPT (1989a)               |
| Usos                   | <p><b>Construção civil:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Leve interna, estrutural: ripas, partes secundárias de estruturas</li><li>• Leve interna, utilidade geral: cordões, guarnições, rodapés, forros, lambris</li><li>• Uso temporário: pontaletes, andaimes, fôrmas para concreto</li></ul> <p><b>Mobiliário:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Utilidade geral: móveis estândar, partes internas de móveis inclusive daqueles decorativos</li></ul> <p><b>Outros usos:</b></p> <p>Moldes e modelos, molduras para quadros, instrumentos musicais ou parte deles, cabos de vassoura, lápis, palitos, chapas compensadas, lâminas decorativas, artigos de esporte e brinquedos, embalagens, utensílios domésticos, montantes de escadas singelas ou extensíveis</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | IPT (2021) e Zenid (2009) |

\*Foram elencados usos possíveis da madeira, mas sua exploração está em declínio devido às restrições legais e ambientais. Madeira escassa e em processo rápido de substituição. Existem reflorestamentos feitos com esta espécie. Os dados apresentados nesta ficha também servem como referência para a busca de espécies alternativas ao pinho-do-paraná.



## Estado da arte

### Características e aplicações da madeira de araucária

#### Características da madeira

As características sensoriais, anatômicas, físicas e mecânicas da madeira de *A. angustifolia*, bem como o aspecto das faces tangencial/radial e fotomacrografia (10x) podem ser vistos na Tabela 1 e na Figura 2. Outros dados de composição química (teor de extrativos, lignina e holocelulose), poder calorífico e dimensões médias de traqueídeos são apresentados na Tabela 2. Destaca-se, no entanto, que se trata de informações gerais levantadas com base na amostragem da espécie e que, na prática, os valores podem variar sensivelmente.



**Figura 2.** Aspecto das faces tangencial/radial (A e B) e fotomacrografia - 10x (C).

Fonte: IPT (2021).

**Tabela 2.** Caracterização da madeira de *Araucaria angustifolia* (floresta plantada) com 38 anos de idade, amostrada em Rio Negro, PR.

| Propriedade                                        | Resultado |
|----------------------------------------------------|-----------|
| Densidade básica da madeira ( $\text{g cm}^{-3}$ ) | 0,425     |
| Densidade básica da casca ( $\text{g cm}^{-3}$ )   | 0,395     |
| Composição química                                 |           |
| Teor de extrativos (%)                             | 3,8       |
| Teor de lignina (%)                                | 27,8      |
| Teor de holocelulose (%)                           | 68,4      |
| Poder calorífico ( $\text{cal g}^{-1}$ )           | 4.670,0   |
| Dimensão média dos traqueídeos                     |           |
| Comprimento (mm)                                   | 5,84      |
| Largura ( $\mu\text{m}$ )                          | 54,95     |
| Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )              | 7,3       |

Fonte: Mattos et al. (2006).

Diversos fatores podem afetar as características tecnológicas da madeira, tais como a procedência da árvore e da semente que a originou, a idade, o local e a altitude (Ladrach, 1986), bem como a proporção de lenhos inicial e tardio, a presença ou não de madeira de reação, se é madeira juvenil ou adulta etc (Kellison, 1981). Mais importante é, portanto, compreender as tendências destas variações.

Experimentos conduzidos por Curto et al. (2016) exemplificam esta situação para o caso da massa específica básica, que é uma das principais características adotadas pelo setor florestal para inferir a qualidade da madeira. Em um plantio de *A. angustifolia*, com 65 anos, localizado na Floresta Nacional (Flona) de Assungui, no município de Campo Largo, PR, com relatos de intervenção de desbaste apenas realizado entre as idades de 24 e 34 anos, verificou-se uma grande amplitude diamétrica, entre 10 cm e 70 cm, devido à falta de manejo da área. No entanto, independente da classe diamétrica das árvores amostradas, a variação da massa específica básica ao longo do fuste foi semelhante. Considerando todas as amplitudes diamétricas observadas no povoamento, houve tendência de redução da massa específica básica na direção longitudinal, porém, a 60% da altura comercial, a massa específica média foi maior que a 40% da altura comercial (Curto et al., 2016). A diminuição da massa específica básica com o aumento da altura é tendência geral para espécies coníferas (Elliott, 1970), sendo tal comportamento observado para *Pinus elliottii* (Palermo et al., 2003), *Picea abies* (L.) Karst (Jyske et al., 2008) e para *A. angustifolia* (Mattos et al., 2011). Assim, o efeito do aumento da massa específica em determinada altura do fuste identificado por Curto et al. (2016) estaria relacionado à forte competição exercida no povoamento, bem como possível reflexo do desbaste tardio, apenas aos 24 anos de idade. Isso porque, de acordo com Larson (1963) e Kollmann e Côté Júnior (1968), com o aumento progressivo da competição, há redução no tamanho das copas e na eficiência dos ramos; de modo que a proporção de lenho tardio aumenta, aumentando a massa específica para as árvores, e resultando em mudanças na distribuição do crescimento ao longo do fuste.

Após o aumento da massa específica a 60% da altura comercial, Curto et al. (2016) identificaram a redução significativa da copa, devido ao aumento da taxa de crescimento, sugerindo ligação com a ocorrência de desbaste tardio efetuado no povoamento. De acordo com Larson (1963), após desbaste, a eficiência da copa viva aumenta, resultando em maior produção de madeira, podendo ocorrer alterações na qualidade. Deste modo, a falta de uniformidade da madeira verificada ao longo do fuste é um indicativo dos efeitos negativos da falta de manejo florestal.

Quanto à variação da massa específica na direção radial, houve aumento no sentido medula-casca, e tal comportamento se manteve à medida que se aumentou a altura da árvore. Tendência de aumento da massa específica básica na direção radial em coníferas foi verificada por Rezende et al. (1995), Nogueira e Vale (1997), Pereira e Tomaselli (2004) e Amaral et al. (1971). Embora este comportamento seja uma tendência geral, indicado para coníferas (Elliott, 1970), vários fatores podem interferir nesse padrão.

A massa específica básica de árvores de *A. angustifolia* em plantio comercial, avaliado por Rolim e Ferreira (1974), também aumentou no sentido medula-casca, sendo verificada maior variação de massa específica nos primeiros anos de plantio, ao avaliar anéis anuais. Deste modo, a redução das taxas de crescimento inicial, por meio do controle da densidade inicial da população e programações de desbaste, pode resultar em menor proporção de madeira juvenil e, consequentemente, no aumento da massa específica (Hans et al., 1972). Por outro lado, mantendo o povoamento sem desbaste por longo período, é possível que as árvores estejam com reservas insuficientes para desenvolver copas mais amplas após o desbaste, além de poder conter grande proporção de folhas de sombra, que são danificadas por exposição direta ao sol (Kramer; Kozlowski, 1960).

A massa específica básica média verificada na Flona de Açungui, para *A. angustifolia*, foi  $0,443 \text{ g cm}^{-3}$ , valor semelhante àquele encontrado por outros autores, em diferentes condições de plantio e idades, podendo-se citar: Mattos et al. (2006), em plantio com 38 anos de idade, que observaram massa específica básica da madeira de  $0,425 \text{ g cm}^{-3}$ ; Melo et al. (2010), em plantio de 50 anos de idade, que encontraram valor médio de  $0,435 \text{ g cm}^{-3}$ ; Mattos et al. (2011) para árvores





com 19 anos, que sofreram duas intervenções de desbaste, obtiveram valores médios de  $0,40 \text{ g cm}^{-3}$ ; e Rosa et al. (2013), avaliando árvores com idade entre 24 a 29 anos, encontraram massa específica básica média de, aproximadamente,  $0,435 \text{ g cm}^{-3}$ . Os resultados apontam que a massa específica básica média tende a não variar muito com a idade e com as práticas silviculturais, mas com variações ao longo do fuste, gerando irregularidades e prejudicando usos da madeira que demandem matéria-prima mais homogênea.

Em experimentos relatados por Hillig et al. (2012) com indivíduos de diversas idades provenientes da Flona de Irati, município de Irati, PR, observou-se a tendência de diminuição da soma das contrações radial e tangencial com o aumento da posição do fuste, seguindo o comportamento da massa específica aparente. Madeiras retiradas do topo do fuste teriam, portanto, maior estabilidade dimensional. Seguindo a mesma lógica, Melo et al. (2010) reportaram que maior estabilidade foi observada em amostras obtidas mais próximas da casca (madeira adulta) do que da medula (juvenil).

Beltrame et al. (2010) realizaram estudo em povoamento implantado em 1966, para investigar o efeito do estrato fitossociológico nas propriedades físico-mecânicas da madeira de *A. angustifolia*. Os autores não verificaram diferenças significativas para a flexão estática e resistência ao impacto, mas os valores de massa específica aparente e de compressão perpendicular e axial foram, geralmente, maiores, para os estratos médio e superior.

É comum comparar as propriedades desta conífera nativa do sul do Brasil com aquelas de espécies de *Pinus*, tais como *P. elliottii* e *P. taeda*, originárias dos Estados Unidos, que bem se adaptaram no sul do Brasil. Em geral, os estudos apontam superioridade da madeira da araucária. Exemplo é o trabalho de Santini et al. (2000) que avaliaram essas duas espécies de pinus com 13 anos de idade (um desbaste) e de araucária com 19 anos de idade (dois desbastes). Embora não tenha sido observada diferença significativa nos quesitos de massa específica básica e coeficiente de contração da madeira, a araucária apresentou melhor desempenho aos parâmetros de compressão axial (tensão no limite proporcional, módulo de ruptura e de elasticidade), flexão estática (módulo de elasticidade e tensão no limite proporcional) e dureza axial.

## Aplicações da madeira

A araucária, ou pinheiro-brasileiro, foi durante muito tempo a espécie mais explorada na indústria madeireira do sul do Brasil e o fornecimento de sua madeira contribuiu decisivamente para o desenvolvimento econômico do País e de tantos outros, para os quais a espécie foi exportada. Lamentavelmente, a exploração predatória e consequente restrição da lei, além da falta de incentivos e planos adequados de reflorestamento e manejo florestal para a espécie, resultaram no desinteresse crescente deste produto no mercado madeireiro.

Inúmeras aplicações são reportadas para a madeira de araucária serrada, roliça ou processada, a saber: uso em construções em geral (p. ex.: ripas, partes secundárias de estruturas, cordões, guarnições, rodapés, forros, lambris, pontaletes, andaimes, fôrmas para concreto), compensados, laminados, mobiliário, fabricação de lápis e fósforos, carrocerias, carretas e carrinhos de mão, mourões para cerca, porteiras e cancelas, postes, utensílios domésticos (p. ex.: rolos de massa, tábuas de carne, cabos de vassoura, escovas), objetos de decoração e escolares, cabos de ferramentas, brinquedos e artigos esportivos, construção de pontes e pontilhões, tanoaria, caixaria para acondicionamento de frutas, máquinas, instrumentos musicais (p. ex.: violões, cavaquinhos, pianos) e até mesmo embarcações, dentre outros (Mattos, 1972; Mainieri; Chimelo, 1989; Carvalho, 2003; Ferreira, 2003). Tal foi a sua relevância para a construção civil que a espécie

consta em manuais técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e parceiros (Zenid, 2009), como material de referência à seleção de madeiras alternativas para os itens de: construção civil leve interna estrutural, construção civil leve interna de utilidade geral e uso temporário (Tabela 1). Juntamente com a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), a madeira de araucária foi usada como matéria-prima durante várias décadas pelo setor de construção civil, sendo os principais fornecedores as madeiras das regiões Sul e Sudeste (Zenid, 2009).

Como vantagens para tais aplicações da madeira, podem ser citadas: as ideais características físicas e mecânicas, o fuste reto e quase cilíndrico da espécie e o maior rendimento no desdobro mecânico, comparativamente às espécies de pínus (BRDE, 2005). Hillig et al. (2006) avaliaram a geração de resíduos em indústrias madeireiras do Rio Grande do Sul e verificaram que o aproveitamento médio de madeiras de araucária no desdobro e beneficiamento (73%) foi superior ao de pínus e eucalipto (63% e 64%). Isto foi atribuído, sobretudo, ao fato de o pinheiro nativo ter, em geral, maior idade e diâmetro no momento de corte e processamento (Hillig et al., 2006), já que atinge melhor desenvolvimento por volta dos 30 anos (BRDE, 2005). Ressalta-se que os resíduos gerados nas operações de processamento da madeira, incluindo os da araucária, podem ser adequadamente reutilizados, visando à agregação de valor. Podem ser destinados para a geração de energia térmica ou elétrica (na forma de lenha, briquete, carvão, licor pirolenhoso, alcatrão, gás etc.) ou para outras formas de valorização como a composição de cama de aviário, adubação, fabricação de materiais compósitos, dentre outras. Dias et al. (2017) avaliaram a qualidade de madeira e toras de araucária de um plantio com 39 anos de idade, visando à aplicação na produção de painéis laminados. Apresentou alta estabilidade dimensional e médio grau de colapso da madeira, o que a torna adequada para a composição de painéis laminados.

Em contraposição, há também desvantagens relativas à madeira de araucária tais como: alta susceptibilidade natural ao ataque de cupins e ao apodrecimento da madeira, além de tendência a apresentar rachaduras e torções durante secagem ao ar. A adoção de tratamentos preservativos e processos controlados de secagem da madeira em estufa podem ser algumas soluções para os respectivos problemas (Carvalho, 2003). Entretanto, o maior entrave atual é o fato de a espécie estar ameaçada de extinção e sua exploração estar sob a égide de uma rigorosa legislação, o que restringe enormemente sua comercialização nos mercados interno e externo. Enquanto o corte de árvores nativas está proibido, as plantações da espécie podem ser exploradas, desde que autorizadas pelo órgão ambiental competente do Estado da Federação em que o plantio for estabelecido, tal como a nova Lei Estadual nº 20.223/2020 (Paraná, 2020) que estabelece regras de plantio, cultivo e exploração comercial da espécie no Paraná. Para evitar eventuais infrações ambientais, os consumidores cada vez mais têm preferido madeiras de espécies de pínus em detrimento da araucária, mesmo havendo superioridade de características técnicas desta em relação àquela, em alguns aspectos. Embora restrito, ainda existe mercado para a madeira proveniente da araucária e podem ser encontradas, sobretudo, no estado do Paraná, algumas serrarias e laminadoras que ainda processam as toras desta espécie. Segundo o BRDE (2005), a maior parte desta matéria-prima encontrava-se sob o domínio de algumas poucas fábricas de papel e celulose, sendo esta mais uma de suas aplicações.

No passado, a araucária era a única conífera nativa de importância comercial no Brasil e a principal fonte de fibras longas da indústria de papel e celulose. Dentre as características que a tornam apta para esta aplicação, podem-se citar: rendimento em celulose e composição química adequados (teor de holocelulose de 68,4% e de lignina de 27,8 % (Mattos et al., 2006)) e traqueídeos longos, próximos de 6 mm (Mattos et al., 2006), que conferem maior resistência e qualidade ao papel produzido (Inoue et al., 1984; Mainieri; Chimelo, 1989). Além disso, a cor clara implica em menor



necessidade de branqueamento químico durante o processamento e, consequentemente, menor impacto ambiental decorrente (Guerra et al., 2002).

Diversos tipos de processos foram utilizados para produzir celulose de araucária no Brasil, como os de pasta mecânica, celulose sulfito e, posteriormente, celulose kraft. Atualmente, esta última é a tecnologia mais empregada no País e, embora sejam outras as matérias-primas majoritárias, a celulose resultante apresenta alta resistência, sendo indicada para a produção de sacos de cimento e outros, papel de embrulho etc. (Mattos, 1972). Foelkel (1973) estudou as características da madeira e da polpa obtida por processo kraft de quatro espécies utilizadas no Brasil: *A. angustifolia* (árvores nativas com cerca de 15 a 20 anos de idade), *Pinus elliottii*, *P. taeda* e *P. caribaea* (com idades de 8, 11 e 8 anos, respectivamente). As três espécies de pinus eram madeiras de desbaste com alta porcentagem de madeira juvenil. A espécie nativa apresentou fibras mais longas e com parede mais espessa, com maior densidade específica e teor de celulose, além de menor conteúdo de lignina. Já as polpas resultantes mostraram-se resistentes ao rasgo, porém com menor resistência ao estouro e à tração que as madeiras jovens de pinus. Para obter a mesma densidade da folha de papel, foram necessários maiores tempos de refino para *A. angustifolia* e *P. caribaea*. Embora se tenha demonstrado que as polpas kraft das espécies exóticas apresentavam propriedades de resistência adequadas, o autor reportou que os rendimentos em polpa eram mais baixos do que os obtidos com araucária.

Diante da escassez da matéria-prima nativa, o setor de papel e celulose adaptou seus processos para o uso das fibras longas de pinus e curtas de eucalipto. Entretanto, Guerra et al. (2002) reportaram que algumas fábricas ainda utilizavam a madeira de araucária proveniente de desbastes nas áreas de reflorestamento, com o objetivo de compor um mix destinado à produção de papéis mais resistentes, como o papel Kraft e o de imprensa (Guerra et al., 2002).

Por fim, a madeira de araucária foi também explorada durante muito tempo para a aplicação energética, na forma de lenha, carvão etc. (Mattos, 1972). Entretanto, para esta finalidade o nó de pinho é preferido em relação à madeira.

## Características e aplicações dos coprodutos da araucária

### Características dos coprodutos e aplicações gerais

Além da madeira e do pinhão, *A. angustifolia* pode fornecer outros coprodutos, tais como: nó de pinho, galhos, cascas da árvore e resina, além de cascas de pinhão, falhas de pinhão (escamas estéreis) e grimpas contendo as folhas chamadas acículas. Na Tabela 3 encontram-se as características de alguns destes materiais.

**Tabela 3.** Características de coprodutos da araucária: cascas de pinhão, falhas (escamas estéreis) e grimpas.

| Amostra                        | Cinzas (%) | Extrativos em água (%) | Extrativos em etanol:tolueno (%) | Extrativos totais (%) | Lignina Klason (%) | Lignina solúvel (%) |
|--------------------------------|------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| Casca de pinhão <sup>(1)</sup> | 1,3        | 17,1                   | 2,07                             | -                     | 33,1               | 0,90                |
| Falha <sup>(1)</sup>           | 3,6        | 22,9                   | 0,90                             | -                     | 34,3               | 1,07                |
| Falha <sup>(2)</sup>           | 2,4        | -                      | -                                | 7,55                  | 41,9               | -                   |
| Grimpa <sup>(2)</sup>          | 7,9        | -                      | -                                | 19,95                 | 42,2               | -                   |
| Grimpa <sup>(3)</sup>          | 5,1        | 11,0                   | 12,57                            | 24,95                 | 47,4               | -                   |

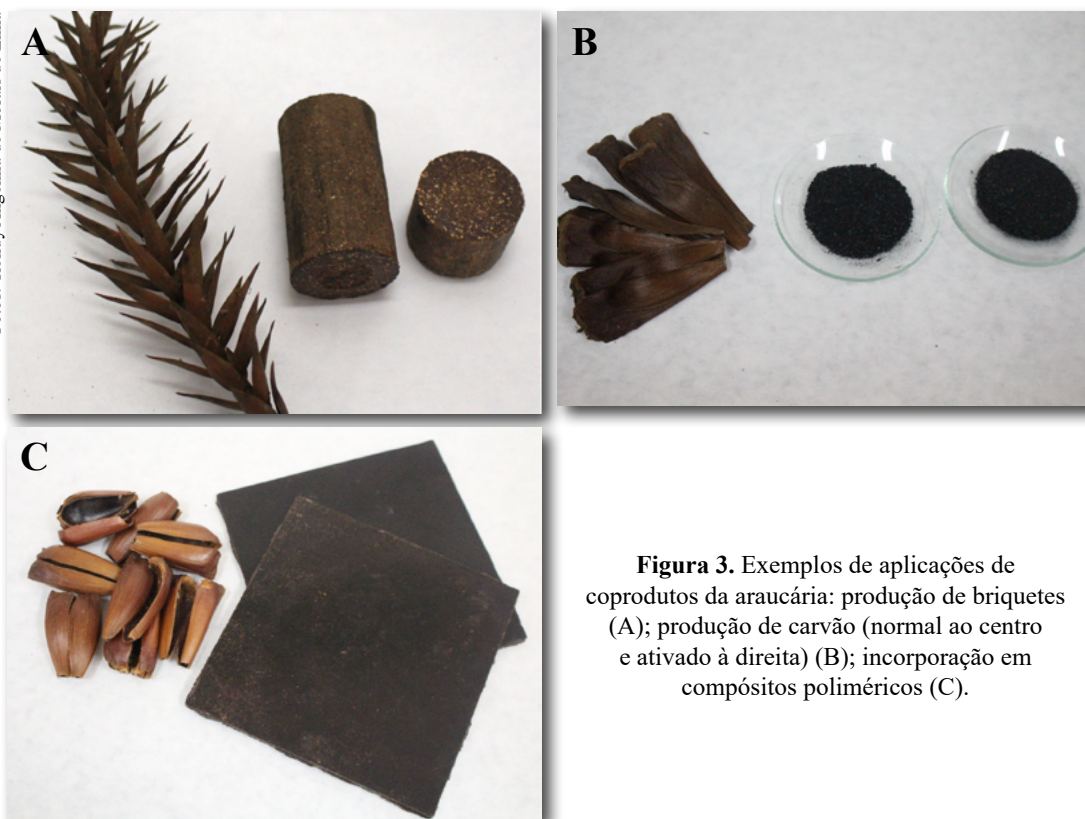
<sup>(1)</sup>Lima et al. (2020); <sup>(2)</sup>Jacinto (2017); <sup>(3)</sup>Rios et al. (2015). Ressalta-se que pode haver diferenças nas metodologias empregadas para análise, prejudicando a comparação direta de resultados.

Os nós originam-se da inversão dos galhos da araucária, sendo o material que permanece engastado no tronco envolvido por camadas lenhosas. Possuem formato aproximadamente cônico e comprimento médio de 30 cm, embora haja registros de peças maiores com até 1,20 m (Tortato, 1998; Carvalho, 2003). Antigamente, eram largamente utilizados como substituintes do carvão mineral em embarcações, locomotivas e indústrias, dentre outros. Testes comparando o poder calorífico da madeira com o do nó do pinheiro resultaram em valores de  $19.928 \text{ kJ kg}^{-1}$  e  $23.674 \text{ kJ kg}^{-1}$ , respectivamente (Mattos, 1972). Além de alto poder calorífico, apresenta elevada massa específica, alto teor de resina e grande resistência ao apodrecimento. Também tem sido empregado para a confecção de objetos de decoração e artesanato (Inoue et al., 1984; Carvalho, 2003). Além dos nós, reporta-se que a casca de indivíduos adultos também tem bom poder calorífico e pode ser utilizada para geração de energia. A casca de árvores adultas é normalmente espessa e tem aspecto esponjoso e pode conter resina e taninos.

Cada árvore gera grande quantidade de ramos contendo acículas (comumente chamados de ramos secundários ou grimpas), que caem ao solo e possuem alta combustibilidade e inflamabilidade (Braine et al., 2011; Beutling, 2013). Por este motivo, um dos principais usos estudados para este material tem sido como combustível.

Lima et al. (2016 - dados não publicados<sup>2</sup>) avaliaram a produção de briquetes de grimpas de araucária (Figura 3A). A principal motivação da pesquisa era fornecer uma opção de aproveitamento deste resíduo para reduzir seu acúmulo em áreas de pastejo e, consequentemente, a incidência de danos

Fotos: Tiéldy Angelina de Moraes de Lima



**Figura 3.** Exemplos de aplicações de coprodutos da araucária: produção de briquetes (A); produção de carvão (normal ao centro e ativado à direita) (B); incorporação em compósitos poliméricos (C).

<sup>2</sup> Lima, E. A. de; Magalhães, W. L. E. Tabela 1 - Características físico-energéticas de briquetes produzidos a partir da grimpas da araucária. 2016. Dados não publicados.





ao gado. Estudos indicam que lesões externas e respiratórias em bovinos podem estar relacionadas à aspiração de acículas, devido a seu formato lanceolado e pontiagudo (Evangelista et al., 2014). Na Tabela 4 estão apresentadas algumas características físico-energéticas de briquetes de grimpas, comparativamente aos briquetes de serragem de pinus. Uma das vantagens da grimpas é a baixa umidade, já que está normalmente seca quando cai (cerca de 15% de umidade). O poder calorífico dos briquetes produzidos a partir da grimpas foi cerca de 3% inferior ao briquete produzido com serragem de pinus, possivelmente devido ao maior teor de cinzas. As cinzas resultantes da queima do briquete podem ser utilizadas como adubo, para aproveitamento dos compostos inorgânicos da grimpas, cerca de 20 vezes mais abundantes que aqueles da madeira.

**Tabela 4.** Características físico-energéticas de briquetes produzidos a partir da grimpas da araucária, da falha do pinhão e da serragem de pinus.

| Amostra                                         | Densidade<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | Friabilidade<br>(%) | PCS<br>(kcal kg <sup>-1</sup> ) | Análise química imediata<br>(%) |      |       |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|-------|
|                                                 |                                    |                     |                                 | TV                              | TC   | TCF   |
| Briquete de serragem de pinus <sup>(1)</sup>    | 1,00                               | 18,0                | 4.860                           | 81,16                           | 0,23 | 18,61 |
| Briquete de grimpas de araucária <sup>(2)</sup> | 1,47                               | 1,83                | 4.710                           | 88,15                           | 5,60 | 6,25  |
| Briquete de falha de pinhão <sup>(3)</sup>      | 1,13                               | -                   | 4.508                           | 72,32                           | 2,89 | 24,79 |

PCS = poder calorífico superior; TV = teor de voláteis; TC = teor de cinzas; TCF = teor de carbono fixo. <sup>(1)</sup>Silva et al. (2015); <sup>(2)</sup>Lima et al. (dados não publicados); <sup>(3)</sup>Jacinto et al. (2016).

A opção de briquetagem foi também estudada para as falhas, que são escamas estéreis ou não fertilizadas presentes no estróbilo feminino da araucária, juntamente com os pinhões (Jacinto et al., 2016). Algumas características dos briquetes produzidos a partir das falhas também estão compiladas na Tabela 4. Embora as falhas tenham apresentado menor conteúdo energético e maior quantidade de material residual após a queima, em comparação com a madeira, a queima ocorreria mais lentamente. Outras vantagens apontadas pelos autores seriam: maior teor de lignina e de extrativos, que acarretaria melhor capacidade ligante e dispensabilidade de moagem das falhas para a produção dos briquetes. Por outro lado, a elevada umidade das falhas in natura (61%) é um ponto negativo, já que esta inviabiliza o seu uso energético sem um tratamento prévio.

Ainda na linha da densificação, a grimpas e as falhas do pinhão foram avaliadas para a elaboração de pellets, em presença ou não de maravalhas de pinus, sendo os produtos classificados quanto aos parâmetros de qualidade estabelecidos na norma ISO 17225-2, para pellets de biomassa destinados à geração de energia (Jacinto et al., 2017). Além da alta umidade das falhas, um dos problemas encontrados foi justamente o alto teor de cinzas e, sobretudo, das grimpas, o que limita o uso dos resíduos separadamente. Para uso industrial somente o pellet feito com 100% de grimpas não se enquadrou em nenhuma das categorias de qualidade. Para o uso residencial/comercial, quatro composições atenderam às especificações: uma das misturas de falhas e pinus (75% falhas e 25% pinus) e três misturas de grimpas e pinus (nas proporções de 75/25; 50/50 e 25/75), sendo este último o melhor tratamento.

Outra possível aplicação energética é a carbonização, a qual tem sido estudada para diversos resíduos da araucária, tais como grimpas (Gabardo et al., 2011), cascas de pinhão (Gotti et al., 2013) e falhas de pinhão (Figura 3B). Para a grimpas, obteve-se rendimento mássico de 40% em carvão, sendo este com cerca de 9% de cinzas e 6.685 kcal kg<sup>-1</sup> de poder calorífico (Gabardo et al., 2011) (Tabela 5). Para as cascas, obteve-se rendimento mássico de 46% em carvão, sendo este com cerca de 8% de cinzas e 6.769 kcal kg<sup>-1</sup> de poder calorífico (Gotti et al., 2013). Novamente, o

alto teor de cinzas destes resíduos apresentou efeito negativo para esta aplicação, uma vez que um carvão de boa qualidade para energia deve apresentar baixo teor de cinzas (abaixo de 3%); a fim de contornar a situação, foi sugerida a mistura com resíduos de madeira - como serragem de eucalipto (Gotti et al., 2013).

**Tabela 5.** Características físico-energéticas de materiais in natura (eucalipto, casca de pinhão e grimpa) e após conversão em carvão.

| Biomassa                       | In natura                       | Carvão            |                                 |                       |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                                | PCS<br>(kcal kg <sup>-1</sup> ) | Rendimento<br>(%) | PCS<br>(kcal kg <sup>-1</sup> ) | Teor de cinzas<br>(%) |
| Eucalipto <sup>(1)</sup>       | 4.296                           | 29                | 7.717                           | 1,22                  |
| Casca de Pinhão <sup>(1)</sup> | 4.409                           | 46                | 6.769                           | 7,91                  |
| Grimpa <sup>(2)</sup>          | 4.681                           | 40                | 6.685                           | 9,10                  |

PCS = poder calorífico superior. <sup>1</sup>Gotti et al. (2013); <sup>2</sup>Gabardo et al. (2011).

Há uma série de estudos referentes ao uso de “resíduos” de araucária para bio sorventes de baixo custo, para a remoção de contaminantes como metais e corantes, com ampla aplicação no tratamento de efluentes de curtumes e indústrias metalúrgicas ou têxteis, por exemplo. Brasil et al. (2006) demonstraram a retirada de cromo (VI) de soluções aquosas utilizando um bio sorvente preparado a partir de cascas de pinhão, as quais representam cerca de 22% da semente. O material apresentou capacidade de adsorção comparável àquela do carvão ativado e àquela da quitosana modificada, sendo provavelmente associada à presença de polifenóis nas cascas. Mais tarde, foi apresentada a possibilidade de reutilizar o bio sorvente já carregado com cromo para, posteriormente, remover corante Vermelho Reativo 194, na forma hidrolisada (HRR) e não hidrolisada (NRR). A capacidade de bio sorção foi potencializada mediante tratamento químico com ácido realizado antes da adsorção do cromo (Lima et al., 2008). Foi comprovada também a remoção de cobre (II), a qual foi aumentada quando havia adsorção prévia de corante vermelho do Congo (Lima et al., 2007). Isto permitiria que o material fosse usado para a remoção de corantes e, posteriormente, ao invés de ser disposto diretamente em aterro, pudesse ser reaproveitado para a remoção de cobre (II). Royer et al. (2009) apresentaram o tratamento de soluções aquosas contendo azul de metileno por meio do bio sorvente na forma natural e na forma carbonizada (não ativada), obtida por tratamento químico com ácido sulfúrico. Este último tratamento promoveu aumento de área superficial específica, volume de poros e diâmetro de poros médios. Este mesmo material carbonizado, com ou sem processo adicional de ativação com CO<sub>2</sub>, foi eficientemente usado para a retenção dos corantes Procion Red MX 3B (Calvete et al., 2009) e reativo laranja 16 (RO-16) (Calvete et al., 2010), sendo que a ativação promoveu a melhoria na capacidade adsorptiva. Além das cascas do pinhão, as falhas também se mostraram eficientes para a remoção de cromo e ferro de soluções sintéticas e de efluentes reais de galvanoplastia, com desempenho até superior ao das cascas, segundo os autores (Santos et al., 2011). As vantagens de seu uso incluiriam o fato de ser um material abundante em regiões específicas, de baixo custo, que poderia ser utilizado sem necessidade de tratamento prévio, promovendo uma rápida e eficiente bio redução do Cr(VI) à forma menos tóxica Cr(III).

Os coprodutos da araucária podem ser empregados ainda para o desenvolvimento de novos materiais, tais como compósitos contendo polímeros e fibras. Em pedido de patente depositado em 2005 (Moreira; Bosquet, 2005) propôs-se a produção de um compósito a base de sapé, ou seja, galhos secos de pinheiros ou araucária, e resina do tipo madeireira. O processo consistia basicamente na trituração dos galhos ou ramos secos, peneiramento, mistura mecânica com a



resina (líquida ou em pó) e prensagem em fôrmas. Reportou-se a possibilidade de se obter os mais diversos tipos de artefatos da indústria madeireira com vantagens tais como: baixo custo, elevada resistência e durabilidade do produto, aproveitamento de um resíduo e diminuição das pressões sobre a madeira nativa, dentre outras (Moreira; Bosquet, 2005). A Produção de Madeira de Grimpa do Pinheiro (PMGP), como foi denominada, envolveria cerca de 50% menos energia, já que a grimpa possui baixa umidade, além de 2% a menos de resina em comparação com processos de aglomerado e MDF. Rios et al. (2015) também avaliaram a grimpa triturada como matéria-prima lignocelulósica, para a fabricação de painéis aglomerados, em misturas variadas com *Eucalyptus grandis* (Maiden) Hill (nas proporções de 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100). Chapas de densidade  $0,70 \text{ g cm}^{-3}$  foram produzidas com 12% de resina ureia-formaldeído e 1% de parafina. Quanto às propriedades físicas (densidade, absorção de água e inchamento em espessura), os painéis apresentaram resultados satisfatórios (incluindo a grimpa 100%), enquanto que, para as propriedades mecânicas (MOE, MOR e ligação interna), a mistura de 25% de galhos e 75% de eucalipto e os painéis com 100% de eucalipto atenderam às especificações de comercialização. Em relação à composição química dos galhos para esta aplicação, o alto teor de extrativos poderia prejudicar a produção dos painéis, por exemplo, interferindo na cura da resina, enfraquecendo as ligações entre partículas ou ainda causando manchas em alguns processos de acabamento. Por outro lado, o elevado teor de lignina teria efeito positivo, melhorando a adesão entre as partículas do painel.

Resíduos agroflorestais diversos, tais como as cascas de pinhão, podem ser utilizados para a manufatura de compósitos termoplásticos ou termofixos (Figura 3C), sendo que estes últimos normalmente permitem a incorporação de maior quantidade de carga lignocelulósica. Mattos et al. (2018) mostraram a possibilidade de elaboração de compósitos não estruturais, utilizando cascas de pinhão moídas e resinas termofixas ureia-formaldeído e fenol-formaldeído. Adicionalmente, foram usados sulfato de amônio, como catalisador, e emulsão de parafina para aumentar a repelência à água. O processo permitiu a incorporação de altas quantidades de resíduo (70% e 80% em massa), com boa homogeneidade e afinidade química entre a carga lignocelulósica e a matriz de resina. Para ambas as resinas, a maior proporção de resina (30%) proporcionou melhores propriedades mecânicas e de repelência à água, sendo que os compósitos de ureia-formaldeído apresentaram maior molhabilidade e absorção de água e, conseqüentemente, maior inchamento em espessura.

Na Tabela 6 consta a comparação entre propriedades físicas e mecânicas de compósitos produzidos pela incorporação de casca de pinhão, em resinas termoplásticas (polipropileno - PP) e termofixas (ureia-formaldeído e fenol-formaldeído), conforme estudo de Mattos et al. (2016). Em resumo, pode-se dizer que a resina PP resulta em compósitos com maiores resistências à absorção de água, ao inchamento e à flexão estática. Todavia, o máximo de casca de pinhão que pode ser incorporado em polipropileno (próximo a 50% em peso) é bem inferior comparativamente às resinas termofixas como a ureia-formaldeído e fenol-formaldeído (até mais que 80% em peso).

Além de apresentar vantagens como simplicidade, baixo custo e obtenção de um material de baixa densidade e abrasão, o processo permite o aproveitamento de resíduos do beneficiamento do pinhão. Isto é fundamental na medida em que cresce a demanda por produtos industrializados deste alimento, com potencial de gerar entre 26-29% de resíduos, sobretudo cascas. Uma possibilidade seria a elaboração de materiais compósitos termoplásticos com a incorporação de casca de pinhão em polipropileno visando à fabricação de peças de artesanato e de *design* com maior valor agregado, de forma a propiciar fonte alternativa de renda para pequenas comunidades no entorno da agroindústria (Embrapa Florestas, 2016).

**Tabela 6.** Propriedades físicas e mecânicas dos compósitos de casca de pinhão.

| Amostra   | % AA <sup>(1)</sup><br>(48h) | % IE <sup>(2)</sup><br>(48h) | Densidade<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | Resistência à flexão<br>(MPa) | MOE <sup>(3)</sup><br>(MPa) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| PP60/CP40 | 0,66 ± 0,07                  | 1,93 ± 0,20                  | 0,94 ± 0,04                        | 27,60 ± 2,31                  | 2.279 ± 270                 |
| PP50/CP50 | 1,12 ± 0,16                  | 2,19 ± 0,49                  | 0,88 ± 0,03                        | 22,70 ± 5,34                  | 2.112 ± 608                 |
| UF20/CP80 | 53,60 ± 5,21                 | 22,80 ± 0,31                 | 0,58 ± 0,02                        | 12,80 ± 2,90                  | 1.259 ± 321                 |
| UF30/CP70 | 39,20 ± 9,70                 | 16,00 ± 3,30                 | 0,64 ± 0,01                        | 14,70 ± 5,30                  | 1.527 ± 217                 |
| FF20/CP80 | 53,20 ± 10,21                | 14,70 ± 1,51                 | 0,66 ± 0,01                        | 9,90 ± 3,00                   | 1.314 ± 221                 |
| FF30/CP70 | 45,40 ± 2,82                 | 9,30 ± 1,11                  | 0,72 ± 0,01                        | 18,80 ± 8,70                  | 1.672 ± 666                 |

PP = polipropileno; UF = ureia-formaldeído; FF = fenol-formaldeído; CP = casca de pinhão; os números são equivalentes à proporção percentual em massa de cada componente. <sup>(1)</sup>Porcentagem em peso de absorção de água após 48 h de imersão; <sup>(2)</sup>porcentagem de inchamento na espessura das amostras após imersão em água por 48 h; <sup>(3)</sup>módulo de elasticidade medido nos ensaios de flexão estática.

Fonte: adaptada de Mattos et al. (2016).

Por fim, há alguns poucos estudos onde o maior interesse é o aproveitamento da fração celulósica/hemicelulósica. A casca de pinhão foi um dos resíduos avaliados por Nunes et al. (2013), para a produção de açúcares que poderiam ser convertidos posteriormente a químicos como o etanol. No estudo foi testado um processo envolvendo pré-tratamento alcalino, seguido de hidrólise enzimática. O resíduo do pinhão apresentou a maior perda de massa no pré-tratamento, já que apresenta grande quantidade de lignina, o que comprometeu o rendimento em açúcares. A casca foi, ainda, estudada para a produção de nanofibrilas de celulose visando ao futuro desenvolvimento de alimentos funcionais (Lima et al., 2020). Para tanto, o material foi submetido (ou não) ao processo prévio de branqueamento, seguido de desfibrilação mecânica em moinho coloidal, para a obtenção das suspensões de nanocelulose. Foram realizadas avaliações in vivo em ratos, com o objetivo de avaliar seu efeito no metabolismo e verificar possível toxicidade. Nas concentrações testadas não se observou efeitos tóxicos que pudessem estar associados às nanofibrilas. Adicionalmente, foi constatado efeito reducional no percentual de ganho de massa corporal, índice glicêmico, no colesterol LDL e na taxa de triglicerídeos dos ratos alimentados com a adição dessa suspensão de nanocelulose em ração padrão.

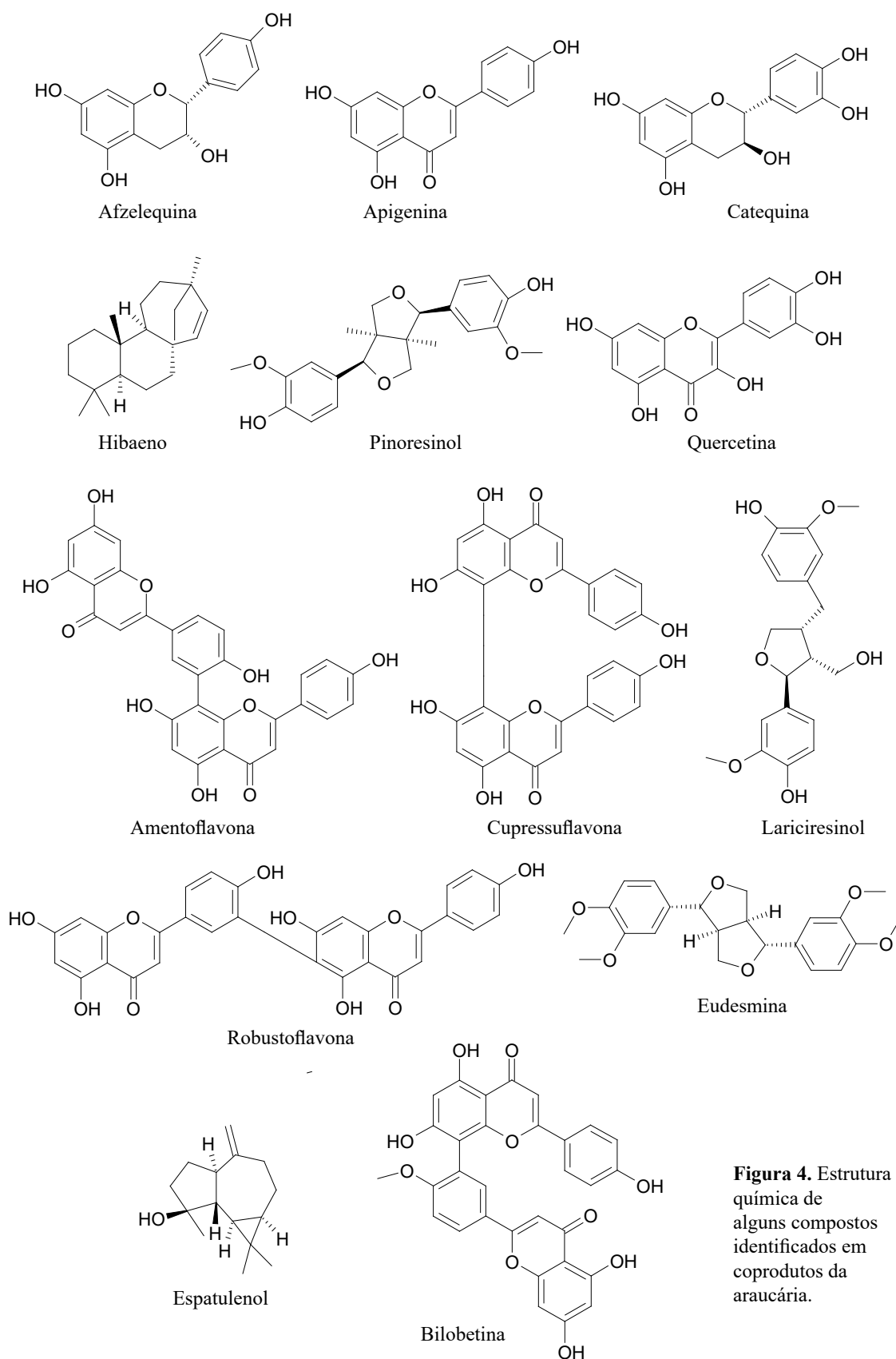
Para efeito de organização e clareza, as aplicações relacionadas à fitoquímica dos coprodutos serão tratadas individualmente no item seguinte.

## Fitoquímica

As espécies florestais são conhecidas pela produção de inúmeros compostos com atividades biológicas (Siqueira et al., 2016; Tabach et al., 2017; Silveira et al., 2018). A busca de novas fontes de moléculas bioativas ou compostos químicos provenientes dos recursos florestais nativos tem sido fonte de diversas discussões visando proteger o patrimônio genético.

Compostos químicos diversificados são produzidos nas diferentes estruturas da árvore de *A. angustifolia* (Peralta et al., 2016). Existem estudos relatando as características fitoquímicas de materiais extraídos das acículas da plântula (parte aérea, radícula e calo), da resina, do cerne, do alburno, do nó, da casca e da periderme (casca externa). As estruturas químicas de alguns compostos identificados nos coprodutos de araucária estão mostradas na Figura 4.





**Figura 4.** Estrutura química de alguns compostos identificados em coprodutos da araucária.

As acículas de *A. angustifolia* são usadas, tradicionalmente, na forma de chá para combater a anemia e alguns tipos de tumores (Franco; Fontana, 1997; Carvalho, 2003). Estudos utilizando o extrato hidroalcoólico das acículas identificaram a presença de polifenóis, flavonoides e taninos (Andrighetti-Fröhner et al., 2005). Dentre os flavonoides destacam-se a quercetina e a apigenina e, dentre os taninos, a catequina e a epicatequina (Souza et al., 2014). Além disso, já foi identificada a presença de proantocianidinas e biflavonoides tais como a bilobetina, robustoflavona e cupressuflavona. Atividade anti-herpética foi relatada para o extrato hidroalcoólico das acículas e frações do mesmo, a qual foi relacionada às proantocianidinas (Freitas et al., 2009).

Dentre as biflavonas identificadas nas acículas, são citadas as derivadas da amentoflavona, incluindo a ginkgetina. Uma fração rica nestes compostos, obtida a partir do extrato metanólico, apresentou eficiência em proteger o DNA contra danos oxidativos e lipossomas contra danos peroxidativos causados por radiação Ultravioleta (Yamaguchi et al., 2005). Estudos posteriores concluíram que estes biflavonoides apresentaram atividade preventiva contra a radiação UV-B mais eficiente que oito dos componentes mais utilizados para este fim, em cosméticos. Apesar de não se apresentarem efetivos contra a radiação UV-A, ainda assim, sua aplicação em filtros solares é promissora (Yamaguchi et al., 2009). O extrato aquoso das acículas apresentou efeito protetor contra danos oxidativos de lipídeos, proteínas e DNA em células humanas (fibroblastos pulmonares). Este extrato, ainda, apresenta alto potencial antioxidante, devido ao seu conteúdo de polifenóis (Souza et al., 2014).

Por outro lado, o óleo essencial das acículas de *A. angustifolia* tem, como principais constituintes, hibaeno (30%) e filocladeno (20%), ambos diterpenos. Os demais compostos do óleo são sesquiterpenos e monoterpênicos. Dentre os sesquiterpenos destacam-se, devido ao seu teor, o germacreno D (8,6%), o biciclogermacreno (3,4%), o  $\alpha$ -cadinol (1,4%) e o espatulenol (2,2%) (Brophy et al., 2000).

A análise fitoquímica da radícula da plântula de *A. angustifolia* identificou a presença do ácido trans-comunico, diterpeno derivado da rota do mevalonato. Enquanto a parte aérea das plântulas apresentaram compostos derivados da amentoflavona, assim como já observado nas acículas. Por outro lado, o calo da plântula (massa de células não diferenciadas) apresentou compostos fenilpropanóides derivados do ácido chiquímico, como isômeros de octadecil-p-cumarato e octadecil-ferulato (Fonseca et al., 2000).

A resina de *A. angustifolia* pode ser utilizada na produção de alguns tipos de tintas, vernizes, laminados plásticos e, ainda, pode ser substituto parcial de resinas fenólicas. A resina e os extrativos do nó compõem-se de açúcares redutores, ácidos graxos, esteroides livres, ésteres, pinoresinol e seus derivados, hinokiresinol, isolariciresinol, secoisolariciresinol e seus derivados, lariciresinol e ciclogalgravina (Anderegg; Rowe, 1974; Fonseca et al., 1978, 1979). Além disso, quando destilada, a resina contém compostos de diversas aplicações industriais, tais como terebintina, breu, óleos e vernizes (Carvalho, 2003).

Do mesmo modo, o extrato etanólico dos troncos da planta ainda apresentou os seguintes constituintes: isoflavanoides como cabreuquina e irisolidona; lignanas como eudesmina e benzaldeídos como p-hidroxibenzaldeído, vanilina, coniferaldeído (Fonseca et al., 2000). Em extratos metanólicos fracionados do cerne, nó, alburno e resina do nó da madeira ainda foram observados compostos como a norlignana 2,3-bis-(p-hidroxifenil)-2-ciclopenteno-1-ona, criptoresinol, dihidroxichalcona, além de secoisolariciresinol, isolariciresinol, pinoresinol monometil éter e hinokiresinol. Com exceção dos dois primeiros compostos, que não estão presentes no alburno, os demais foram observados em todos os produtos extrativos (Ohashi et al., 1992).

Estudo posterior com extrato hidroalcoólico e fração acetato de etila da periderme da casca (casca externa) apresentou compostos como quercetina, ácido benzoico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido protocatecuico e derivados da afzelequina. Neste mesmo estudo, obteve-se forte atividade antioxidante destes compostos (Seccon et al., 2010). Além disso, a casca resulta em bebida medicinal ao ser fermentada ou utilizada na forma de infusão. Segundo informações de uso popular, esta infusão é usada para tratar reumatismo, varizes, algumas afecções de pele e distensões musculares (Carvalho, 2003). Não obstante, o nó, os brotos e a casca são utilizados por populações indígenas, para tratar doenças sexualmente transmissíveis, feridas e problemas oculares, dentre outras doenças (Marquesini, 1995; Carvalho, 2003).

## Considerações finais

Neste capítulo apresentou-se a árvore de *A. angustifolia* como fornecedora de múltiplos produtos, pois o uso sustentável é ferramenta imprescindível para a conservação.

A madeira da araucária tem, em vários aspectos, propriedades superiores àquelas oriundas de pínus e pode ser utilizada para as mais diversas aplicações, como na construção civil e no setor mobiliário. Seu valor de mercado é, na maioria das vezes, maior que o de sua concorrente exótica, para a mesma classe diamétrica. Mesmo assim, o interesse por plantar o pinheiro-do-paraná reduziu-se drasticamente devido ao rigor e às incertezas da legislação que foi originalmente criada para garantir a preservação da espécie. A exploração da madeira é atualmente permitida apenas em plantios florestais, porém não se tem, hoje, garantia de corte no futuro. Urge que as leis sejam modernizadas para atrair novamente os produtores para esta atividade. Espera-se, por exemplo, que cumpra esta finalidade a Lei 20.223/2020 (Paraná), que estabelece normas de incentivo ao plantio de *A. angustifolia* e garantias para o produtor de que as árvores plantadas realmente poderão ser exploradas direta (madeira) e indiretamente.

À medida em que decresceu o interesse pela madeira, aumentou a importância do produto não madeireiro “pinhão”, cuja coleta pode ser feita tanto em plantios como em matas nativas. Esta prática não destrutiva pode ser uma alternativa potencialmente econômica, por exemplo, para pequenos produtores rurais, e um estímulo para a conservação da espécie. Os pinhões são alimentos funcionais e sem glúten que podem ser consumidos localmente ou comercializados, seja in natura ou na forma de novos produtos agroindustriais. Propõe-se que o processo em uma agroindústria utilize inclusive os “resíduos”, tais como as cascas do pinhão. Estas poderiam ser usadas na preparação de compósitos poliméricos e posterior desenvolvimento de objetos com *design* ecológico e de maior valor agregado, sendo mais uma opção de renda para a comunidade e minimização de resíduos. As cascas das árvores e dos pinhões, assim como as falhas e acículas, podem ser submetidas a processos de extração com água e, ou outros solventes, visando à obtenção de compostos bioativos que vão desde antioxidantes até compostos com atividade antitumoral, de grande utilidade nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica.

## Referências

AMARAL, A. C. B.; FERREIRA, M.; BANDEL, G. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze no sentido medula-casca em árvores do sexo masculino e feminino. **IPEF**, n. 2/3, p. 119-127, 1971.

ANDEREGG, B. R. J.; ROWE, J. W. Lignans, the major component of resin from *Araucaria angustifolia* Knots. **Holzforschung**, v. 28, n. 5, p. 171-175, 1974.

ANDRIGHETTI-FRÖHNER, C. R.; SINCERO, T. C. M.; SILVA, A. C.; SAVI, L. A.; GAIDO, C. M.; BETTEGA, J. M. R.; MANCINI, M.; ALMEIDA, M. T. R.; BARBOSA, R. A.; FARIAS, M. R.; BARARDI, C. R. M.; SIMÕES, C. M. O. Antiviral evaluation of plants from Brazilian Atlantic Tropical Forest. **Fitoterapia**, v. 76, p. 374-378, 2005.

BELTRAME, R.; TELLES DE SOUZA, J.; MACHADO, W. G.; VIVIAN, M. A.; BULIGON, E. A.; PAULESKI, D. T.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) em três estratos fitossociológicos. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 2, p. 54-69, 2010.

BERNI, C. A.; BOLZA, E.; CHRISTENSEN, F.J. **South American timbers: the characteristics, properties and uses of 190 Species**. CSIRO, 1979.

BEUTLING, A. **Caracterização para modelagem de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BRAINE, J. W.; AGUIAR, A. C.; BREDNARZUK, M. H.; WACHOWICZ, C. M. Germinação de sementes de alface na presença de acículas de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Estudos de Biologia**, v. 32/33, n. 76/81, p. 67-72, 2011.

BRASIL, J. L.; EV, R. R.; MILCHAREK, C. D.; MARTINS, L. C.; PAVAN, F. A.; DOS SANTOS, A. A.; DIAS, S. L. P.; DUPONT, J.; NORENA, C. P. Z.; LIMA, E. C. Statistical design of experiments as a tool for optimizing the batch conditions to Cr(VI) biosorption on *Araucaria angustifolia* wastes. **Journal of Hazardous Materials**, B133, p. 143-153, 2006.

BRDE. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. **Cultivo da *araucaria angustifolia***: análise de viabilidade econômico-financeira. Florianópolis, 2005. 53 p.

BROPHY, J. J.; GOLDSACK, R. J.; WU, M. Z.; FOOKES, C. J. R.; FORSTER, P. I. The steam volatile oil of *Wollemia nobilis* and its comparison with other members of the Araucariaceae (*Agathis* and *Araucaria*). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 28, p. 563-578, 2000.

CALVETE, T.; LIMA, E. C.; CARDOSO, N. F.; DIAS, S. L. P.; PAVAN, F. A. Application of carbon adsorbents prepared from the Brazilian pine-fruit-shell for the removal of Procion Red MX 3B from aqueous solution-Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 155, p. 627-636, 2009.

CALVETE, T.; LIMA, E. C.; CARDOSO, N. F.; VAGHETTI, J. C. P.; DIAS, S. L. P.; PAVAN, F. A. Application of carbon adsorbents prepared from Brazilian-pine fruit shell for the removal of reactive orange 16 from aqueous solution: Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 1695-1706, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1.

CURTO, R. A.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; NETTO, S. P.; ZACHOW, R. Density of *Araucaria angustifolia* wood from overstocked stand. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 51-59, 2016.

DIAS, A. C. C.; MARCHESAN, R.; PIERONI, G. B.; ALMEIDA, V. C.; VIEIRA, R. S.; MORAES, C. B. de. Qualidade da madeira para produção de lâminas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Floresta**, v. 47, n. 3, p. 333-341, 2017.

ELLIOTT, G. K. **Wood Density in Conifers**. Oxford: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1970. 44 p. (Commonwealth Forestry Bureau. Technical communication, 8).

EMBRAPA FLORESTAS. **Produtos desenvolvidos com design a partir de compósitos de polímeros reforçados com casca de pinhão**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. Folder.

EVANGELISTA, C. M.; OGLIARI, D.; MELCHIORETTO, E.; BIFFI, C. P.; TRAVERSO, S. D.; GAVA, A. “Grimpa” de *Araucaria angustifolia* como causa de morte por insuficiência respiratória em bovinos. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIAGNÓSTICO VETERINÁRIO, 7., 2014, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2014. p. 1-2.

FERREIRA, O. P. (coord.). **Madeira**: uso sustentável na construção civil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas; SindusCon/SP, 2003. 59 p.



- FOELKEL, C. E. B. **Unbleached kraft pulp properties of some of the Brazilian and U. S. pines.** 1973. 192 f. Dissertação (Mestrado) - College of Environmental; Science and Forestry, State University of New York, Syracuse.
- FONSECA, F. N.; FERREIRA, A. J. S.; SARTORELLI, P.; LOPES, N. P.; FLOH, E. I. S.; HANDRO, W.; KATO, M. J. Phenylpropanoid derivatives and biflavones at different stages of differentiation and development of *Araucaria angustifolia*. **Phytochemistry**, v. 55, p. 575-580, 2000.
- FONSECA, S. F.; CAMPELLO, J. P.; BARATA, L. E. S.; RÚVEDA, E. A.  $^{13}\text{C}$  NMR spectral analysis of lignans from *Araucaria angustifolia*. **Phytochemistry**, v. 17, p. 499-502, 1978.
- FONSECA, S. F.; NIELSEN, L. T.; RÚVEDA, E. A. Lignans of *Araucaria angustifolia* and  $^{13}\text{C}$  NMR analysis of some phenyltetralin lignans. **Phytochemistry**, v. 18, p. 1703-1708, 1979.
- FRANCO, I. J.; FONTANA, V. L. **Ervas & plantas: a medicina dos simples.** Erechim: Imprimax, 1997. 177p.
- FREITAS, A. M.; ALMEIDA, M. T. R.; ANDRIGHETTI-FRÖHNER, C. R.; CARDOZO, F. T. G. S.; BARARDI, C. R. M.; FARIAS, M. R.; SIMÕES, C. M. O. Antiviral activity-guided fractionation from *Araucaria angustifolia* leaves extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 126, p. 512-517, 2009.
- GABARDO, R. P.; POIATE, N. M.; LIMA, E. A. de; MAGALHAES, W. L. E. Aproveitamento de resíduos de origem florestal para a produção de carvão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. **Anais [...]**. Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2011. Publicado na Revista Eletrônica do IBEAS. p. 1-4.
- GOTTI, A.; TAVARES, L. B. B.; NETO, J. G.; MOMO, M. R.; DRAEGER, A.; SCABURRI, F.; LIMA, E. A. de. Estudo do aproveitamento de quatro resíduos agroindustriais para produção de carvão vegetal. In: MOSTRA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7., 2013, Blumenau. **Anais [...]**. Blumenau: FURB, 2013.
- GUERRA, M. P.; SILVEIRA, V.; REIS, M. S. dos; SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucária angustifolia*). In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (org.). **Sustentável mata atlântica: a exploração de seus recursos florestais.** São Paulo: SENAC, 2002.
- HANS, A. S.; BURLEY, J.; WILLIAMSON, P. Wood quality in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, Grown in Zambia. **Holzforschung**, v. 26, n. 4, p. 138-141, 1972.
- HILLIG, E.; MACHADO, G. O.; HOLK, D. L.; CORRADI, G. M. Propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função da posição no fuste para diferentes idades. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 257-263, 2012.
- HILLIG, E.; SCHNEIDER, V. E.; WEBER, C.; TECCHIO, R. D. Resíduos de madeira da indústria madeireira: caracterização e aproveitamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006. p. 1-7.
- INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto Madeira do Paraná.** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984. 260 p.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** 2. ed. São Paulo, 1989a. 418 p. (IPT Publicação, 1791).
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Informações sobre madeiras: Pinho-do-paraná.** 2021. Disponível em: [http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras/18-pinho.htm](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/18-pinho.htm). Acesso em: jul. 2021.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras.** São Paulo, 1983. 241 p. (IPT Publicação, 1226).
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Sistema de informações de madeiras brasileiras.** São Paulo: IPT, 1989b. 291 p. (IPT. Relatório, 27 078).
- JACINTO, R. C.; BRAND, M. A.; CUNHA, A. B.; SOUZA, D. L.; SILVA, M. V. Utilização de resíduos da cadeia produtiva do pinhão para a produção de pellets para geração de energia. **Floresta**, v. 47, p. 353-363, 2017.
- JACINTO, R. C.; BRAND, M. A.; RIOS, P. D.; DA CUNHA, A. B.; ALLEGRETTI, G. Análise da qualidade energética da falha de pinhão para a produção de briquetes. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 112, p. 821-829, 2016.
- JANKOWSKY, I. P. (coord.) **Madeiras brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v.1.





JYSKE, T.; MÄKINEN, H.; SARANPÄÄ, P. Wood density within Norway Spruce stems. **Silva Fennica**, v. 42, n. 3, p. 439-455, 2008.

KELLISON, R. C. Characteristics affecting quality of timber from plantations, their determination and scope for modification. In: IUFRO WORLD CONGRESS 17., 1981, Kyoto. **Proceedings** [...]. Kyoto, 1981. p. 77-87.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer Verlag, v. 2, 1968.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p.

LADRACH, W. E. Control of wood properties in plantations. In: IUFRO WORLD CONGRESS 18., 1986, Ljubljana. **Proceedings** [...]. Ljubljana, 1986. p. 369-379.

LARSON, P. R. Stem form development of forest trees. **Forest Science**. Washington: Society of American Foresters, 1963. 42 p. (Monograph, 5).

LIMA, E. C.; ROYER, B.; VAGHETTI, J. C. P.; BRASIL, J. L.; SIMON, N. M.; DOS SANTOS, A. A.; PAVAN, F. A.; DIAS, S. L. P.; BENVENUTTI, E. V.; DA SILVA, E. A. Adsorption of Cu(II) on *Araucaria angustifolia* wastes: Determination of the optimal conditions by statistic design of experiments. **Journal of Hazardous Materials**, v. 140, p. 211-220, 2007.

LIMA, E. C.; ROYER, B.; VAGHETTI, J. C. P.; SIMON, N. M.; DA CUNHA, B. M.; PAVAN, F. A.; BENVENUTTI, E. V.; CATALUNA-VESES, R.; AIROLDI, C. Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution. Kinetics and equilibrium study. **Journal of Hazardous Materials**, v. 155, n. 3, p. 536-550, 2008.

LIMA, G. G. de; MIRANDA, N. B. de; TIMM, T. G.; MATOS, M.; LIMA, T. A. M. de; MAGALHAES, W. L. E.; TAVARES, L. B. B.; HANSEL, F. A.; HELM, C. V. Characterisation and in vivo evaluation of *Araucaria angustifolia* pinhão seed coat nanosuspension as a functional food source. **Food & Function**, v. 11, p. 9820-9832, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0FO02256J>.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., 1989. 419 p.

MARQUESINI, N. R. **Plantas usadas como medicinais pelos índios do Paraná e Santa Catarina, Sul do Brasil: guarani, kaingang, xokleng, ava-guarani, kraô e cayuá**. 1995. 290 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 121-126, 2011.

MATTOS, B. D.; LIMA, I.; MAGALHÃES, W. L. E. Compósitos poliméricos preparados com casca de pinhão. In: ENCONTRO NORDESTE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE POLÍMEROS, 3., 2016, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: ABPOL-NE, 2016. p. 77-79.

MATTOS, B. D.; QUEIROZ, L. M. R. de S. B.; KUMODE, M. M. N.; MAGALHAES, W. L. E. Thermosetting composites prepared using husk of pine nuts from *Araucaria angustifolia*. **Polymer Composites**, v. 39, n. 2, p. 476-483, 2018.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1972. 638 p.

MATTOS, P. P.; DE BORTOLI, C.; MARCHESAN, R.; ROSOT, N. C. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 160). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/307327>.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; DEL MENEZZI, C. H. S.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L.; Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 67-73, 2010.

MIRANDA, N. B. de; TAVARES, L. B. B.; MAGALHAES, W. L. E.; HELM, C. V. Produção e caracterização de nanofibras de celulose de casca de pinhão e avaliação da toxicidade e de metabolismo em ratos. In: MOSTRA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8., 2014, Blumenau. **Anais** [...]. Blumenau: FURB, 2014.



- MOREIRA, S. S.; BOSQUET, M. Processo de obtenção e produto final de composto a base de sapé. **Revista da Propriedade Industrial**, n. 1903, p. 69, 2005. In: ENCONTRO NORDESTE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE POLÍMEROS, 3., 2016, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABPOL-NE, 2016. p. 77-79.
- NOGUEIRA, M. V. P.; VALE, A. T. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a massa específica básica média e variação radial e axial. **Revista Árvore**, v. 21, n. 4, p. 547-554, 1997.
- NUNES, H. C. A.; HELM, C. V.; SILVA, P. R.; HEINZ, K. G. H.; POZZAN, A. M.; SCHOEN, C.; ANDRADE, D.; SCHULTZ, J. Pré-tratamento e hidrólise enzimática de biomassas agroindustriais. In: MOSTRA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7., 2013, Blumenau. **Anais [...]**. Blumenau: FURB, 2013.
- OHASHI, H.; KAWAI, S.; SAKURAI, Y.; YASUE, M. Norlignan from the knot resin of *Araucaria angustifolia*. **Phytochemistry**, v. 31, n. 4, p. 1371-1373, 1992.
- PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; REZENDE, M. A.; NASCIMENTO, A. M.; SEVERO, E. T. D.; ABREU, H. S. Análise da massa específica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 47-57, 2003.
- PARANÁ. Lei nº 20.223 de 25 de maio de 2020. Estabelece regras de estímulo, plantio e exploração da espécie *Araucaria angustifolia*, e adota demais providências. **Diário Oficial Poder Executivo Estadual Paraná**, n. 10694, p. 8, 26 maio 2020.
- PERALTA, R. M.; KOEHNLEIN, E. A.; OLIVEIRA, R. F.; CORREA, V. G.; CORREA, R. C. G.; BERTONHA, L.; BRACHT, A.; FERREIRA, I. C. F. R. Biological activities and chemical constituents of *Araucaria angustifolia*: An effort to recover a species threatened by extinction. **Trends in Food Science and Technology**, v. 54, p. 85-93, 2016.
- PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. A. Influência do Desbaste na Qualidade da Madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 49, p. 61-81, 2004.
- PERTUSSATTI, A.; TAVARES, L. B. B.; MIRANDA, N. B. de; MAGALHAES, W. L. E.; HELM, C. V. Inovação tecnológica com base em nanofibrilas de celulose de casca de pinhão: produção, estudo in vivo e aplicação na área de alimentos. In: MOSTRA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8., 2014, Blumenau. **Anais [...]**. Blumenau: FURB, 2014.
- REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, n. 48/49, p. 133-141, 1995.
- RIOS, P. D'A.; VIEIRA, H. C.; STUPP, A. M.; KNISS, D. D. C.; BORBA, M. H.; CUNHA, A. B. da. Avaliação física e mecânica de painéis reconstituídos compostos por partículas de galhos secos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 283-289, 2015.
- ROLIM, M. D.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função dos anéis de crescimento. **IPEF**, n. 9, p. 47-55, 1974.
- ROSA, T. S.; HILLIG, E.; VIANA, L. C. Propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze e sua relação com os anéis de crescimento. **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2013.
- ROYER, B.; CARDOSO, N. F.; LIMA, E. C.; VAGHETTI, J. C. P.; SIMON, N. M.; CALVETE, T.; VESES, R. C. Applications of Brazilian pine-fruit shell in natural and carbonized forms as adsorbents to removal of methylene blue from aqueous solutions-Kinetic and equilibrium study. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, p. 1213-1222, 2009.
- SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 85-93, 2000.
- SANTOS, F. A. dos; RODRIGUES, M. J.; CANTELLI, M. Tratamento de efluente de galvanoplastia por meio da biossorção de cromo e ferro com escamas da pinha da *Araucaria angustifolia*. **Revista Escola de Minas**, v. 64, n. 4, p. 499-504, 2011.
- SECCON, A.; ROSA, D. W.; FREITAS, R. A.; BIAVATTI, M. W.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. Antioxidant activity and low cytotoxicity of extracts and isolated compounds from *Araucaria angustifolia* dead bark. **Redox Report**, v. 15, n. 6, p. 234-242, 2010.



SILVA, D. A. da.; YAMAJI, F. M.; BARROS, J. L. de.; RÓZ, A. L. da.; NAKASHIMA, G. T. Caracterização de biomassas para a briquetagem. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 713-722, 2015.

SILVEIRA, A. C.; KASSUIA, Y. S.; DOMAHOVSKI, R. C.; LAZZAROTTO, M. **Método de DPPH adaptado:** uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos da erva-mate de forma rápida e reprodutível. Colombo: Embrapa Florestas, 2018. 11 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 421). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101294>.

SIQUEIRA, G. L. A.; LAZZAROTTO, M.; FERNANDES, M.; SILVEIRA, A. C.; LAZZAROTTO, S. R. S.; FILHO, M. A. S. C.; LACERDA, L. G.; QUEIROZ, D. L.; MIGUEL, O. G. Thermoanalytical evaluation of essential oils of the leaves from *Eucalyptus* spp. susceptible and resistant to *Glycaspis brimblecombei*. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2016.

SOUZA, M. O.; BRANCO, C. S.; SENE, J.; DALLAGNOL, R.; AGOSTINI, F.; MOURA, S.; SALVADOR, M. Antioxidant and Antigenotoxic Activities of the Brazilian Pine *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Antioxidants**, v. 3, p. 24-37, 2014.

TABACH, R.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; CARLINI, E. A. Pharmacological and Toxicological Study of *Maytenus ilicifolia* Leaf Extract . Part I – Preclinical Studies. **Phytotherapy Research**, v. 31, p. 915-920, 2017.

TORTATO, M. A. Cultivo de orquídeas em nó-de-pinho. **Boletim CAOB**, n. 34, p. 118-122, 1998.

WENDLING, I.; ZANETTE, F. **Araucária:** particularidades, propagação e manejo de plantios. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 159 p.

YAMAGUCHI, L. F.; KATO, M. J.; MASCIO, P. D. Biflavonoids from *Araucaria angustifolia* protect against DNA UV-induced damage. **Phytochemistry**, v. 70, p. 615-620, 2009.

YAMAGUCHI, L. F.; VASSÃO, D. G.; KATO, M. J.; MASCIO, P. D. Biflavonoids from Brazilian pine *Araucaria angustifolia* as potentials protective agents against DNA damage and lipoperoxidation. **Phytochemistry**, v. 66, p. 2238-2247, 2005.

ZENID, G. J. **Madeira:** uso sustentável na construção civil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, SVMA/SP, SindusCon/SP, 2009. 99 p.