

## **A geometria das partículas das fibras vegetais para aplicação no design de produtos. O exemplo da Araucária**

### **The study of geometry of the vegetable fiber particles and its application in the product design. The example of Araucária**

**Débora Jordão, Universidade Federal do Paraná**  
deborajordao@hotmail.com

**Dalton Razera, Universidade Federal do Paraná**  
daltonrazera@ufpr.br

**Rosilani Trianoski, Universidade Federal do Paraná**  
rosillani@gmail.com

#### **Resumo**

Este artigo relata os fundamentos teóricos e de campo utilizados no estudo de geração de partículas das escamas estéreis da Araucária (*Araucaria angustifolia*). A Araucária é uma espécie vegetal presente na lista das espécies ameaçadas de extinção da *The World Conservation Union* e parte-se da premissa que a espécie pode ser conservada através da sua valorização como árvore frutífera. A sua semente, o pinhão, é um produto alimentar amplamente consumido na região sul do Brasil nos meses de outono e inverno e é formado em um pseudofruto que gera material residual pós-colheita e consumo. O método de pesquisa utilizado é o de revisão bibliográfica e experimental, onde foram observados o comportamento do material na geração e seleção de partículas e as granulometrias obtidas ao fim dos processos. Os resultados indicam as características do material triturado e o seu comportamento durante o estudo.

**Palavras-chave:** Araucária, Geometria de partículas, Design, Produtos moldados.

#### **Abstract**

*This paper reports the theoretical and field fundamentals used in the study of the particle generation of the Araucaria barren scales (*Araucaria angustifolia*). Araucaria is a plant species in the list of endangered species of The World Conservation Union and is based on the premise that the species can be conserved through its valuation as a fruit tree. Its seed, pinhão, is a food product widely consumed in the southern region of Brazil in the autumn and winter months and is formed in a pseudo-fruit that generates post-harvest residual material and consumption. The research method used was the bibliographical and experimental review, where the behavior of the material in the generation and selection of particles and the granulometry obtained at the end of the processes were observed. The results indicate the characteristics of the ground material and its behavior during the study.*

**Keywords:** *Araucaria, Particle geometry, Design, Molded products.*

## 1. Introdução

A Araucária é uma árvore símbolo do planalto sul brasileiro e sua floresta chegou a cobrir mais de um terço de sua extensão tendo sido já a maior floresta original da região. A Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista (FOM) pertence ao Bioma Mata Atlântica e caracteriza-se por ocorrer em lugares com chuvas bem distribuídas ao decorrer do ano (ombrófila) e por combinarem duas floras distintas: a Temperada Austro-Brasileira e a Tropical Afro-Brasileira (mista).

Os ancestrais da espécie *Araucaria angustifolia* viviam em condições ambientais mais homogêneas das que vemos hoje e em um clima frio e seco, o que favorecia o seu desenvolvimento e sua ocupação por áreas maiores das que hoje inventariadas, porém a progressiva tropicalização do clima vem favorecendo a substituição das florestas específicas de clima frio por aquelas que melhor se adaptam ao calor. Contudo a diminuição maciça da Floresta com Araucária ocorreu - tanto no sul como nas demais regiões brasileiras - por ações antrópicas principalmente após a década de 1940 com o aumento de áreas para o cultivo agrícola e a opção por espécies vegetais de crescimento rápido para a fabricação de papel (KOCH, 2002).

A partir do ano de 2001 tornou-se proibida a exploração da madeira da Araucária e de outras espécies ameaçadas de extinção da flora Mata Atlântica (BRASIL, 2001). No estado do Paraná, foi registrada a derrubada de 1.988 hectares de floresta entre os anos de 2014 e 2015 com áreas autorizadas e outras ilegais, colocando o estado como o recordista nacional de devastação da Floresta Atlântica neste período, de acordo com o estudo realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica (BREMBATTI, 2016).

Em contrapartida à proibição da exploração da madeira da Araucária, observa-se o interesse e crescimento de pesquisas que abordam a viabilidade econômica, social e comercial do pinhão, a semente comestível e principal Produto Florestal Não Madeireiro (PFNM) da espécie, como os vistos em Santos *et al* , 2002; Vieira-da-Silva e Reis, 2009; Godoy, Deliza e Negre, 2010; Bittencourt, 2012; CERTI, 2012; Vieira-da-Silva e Miguel, 2014; Costa *et al*, 2013; Luba, 2014; e Bittencourt, Santos e Ribeiro, 2015.

O pinhão é considerado o segundo principal produto da *Araucaria angustifolia* e a sua coleta representa importante fonte de renda adicional entre os meses de março a setembro (período produtivo e legal) para as comunidades e famílias que residem próximas às áreas com Floresta (GODOY, 2012). A semente é um produto extrativista em análise pela Conab para sua inclusão na Política Nacional de Garantia de Preço Mínimo para Produtos da Sociobiodiversidade (PGPMBio), sendo que atualmente fazem parte desta política o açaí, a castanha do Brasil, a cera de carnaúba e a borracha natural, e que se apresentam como importantes produtos para a economia nacional.

De acordo com o professor e pesquisador Flávio Zanette a continuidade das pesquisas é fundamental para o futuro da Araucária, assim como a revisão da legislação, sem tornar as áreas desprotegidas, mas que regulamente o plantio e exploração comercial da árvore como meio de fomento à produção do pinhão (TRISOTO, 2013).

Alternativas para o emprego do pinhão na alimentação são exemplificadas pelas pesquisas da Embrapa Floresta - Projeto Pinalim - com o desenvolvimento do livro “O Pinhão na Culinária” vencedor na categoria *Fruits* no concurso *Gourmand World Cookbook Awards* em 2015 (EMBRAPA, 2015). Outro exemplo vem do Instituto Federal de Santa Catarina (Campus Urupema) que elabora estudos com malte a base de 100% de pinhão para o emprego em cervejas artesanais e o uso do resíduo da casca como carvão ativado para a indústria têxtil (IFSCTV, 2016). E o projeto Araucária+, que coopera com a oferta de pinhão para elaboração de cervejas comercializadas sazonalmente e em condições que prevêm a sustentabilidade da área, também no estado de Santa Catarina (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2015).

Valorizar o pinhão como produto alimentar, tanto *in natura* como beneficiado, oportuniza deixar o senso comum da exploração madeireira possibilitando um novo olhar sobre as aplicabilidades das partes das árvores e que são comumente descartadas ou desconsideradas, como a casca do pinhão, os troncos e galhos secos (grimpas) e os demais componentes da pinha, pseudofruto da Araucária onde o pinhão se origina.

Pela perspectiva do design e do desenvolvimento de produtos, entende-se a necessidade de ações críticas, analíticas e responsáveis em relação às condições de vida (atuais e futuras) que promovam novas formas de identificar problemas e possibilidades para o design, devendo o profissional reconhecer as mudanças ambientais, econômicas, legais e produtivas dos recursos para que consiga, a partir deste entendimento, propor diferentes soluções para as demandas do mercado e da fabricação de artefatos (MEURER, 2001).

De acordo com Bistagnino (2009) o design apresenta normalmente uma abordagem linear, orientado à produção de bens e serviços para o mercado e de forma pontual desconsiderando parte das vezes os valores sociais, culturais e éticos que constituem a essência do produto. Por outro lado, através de uma abordagem sistêmica o design orienta-se às relações que são estabelecidas, com a identificação dos fluxos de matéria e energia que incidem nas entradas e saídas dos processos produtivos.

Portanto estima-se que os profissionais responsáveis pelo desenvolvimento de produtos necessitam dos conhecimentos relativos à origem dos materiais e do seu impacto às estruturas ambientais, sociais e culturais pertencentes, bem como às propriedades físicas e químicas que estes possuem, para que possam, a partir destes fundamentos, propor novas e criativas aplicações para os materiais, compreendendo o potencial dos novos e a oportunidades dos residuais.

Mourão (2011), que investiga a potencialidade criativa dos resíduos vegetais do Cerrado Mineiro a partir da perspectiva do design sistêmico, considera que os resíduos vegetais ainda são visto pelos setores produtivos como poluidores e de baixo valor e a solução adotada para o descarte baseia-se na menos dispendiosa possível. Porém, contrapor o resíduo como um recurso requer da preservação da sua qualidade e de suas propriedades e de forma que o torne atraente e sem perder o seu valor de troca econômica.

Para tanto este artigo apresenta, a partir da premissa da valorização do potencial da Araucária como árvore frutífera e este um meio de manutenção da espécie, o estudo granulométrico da fibra vegetal proveniente da Araucária, especificamente das falhas da pinha, ou escamas estéreis, que

não possuem aplicação prática e normalmente são deixadas no solo, tanto nas áreas de floresta quanto nas urbanas, onde viram resíduo de varrição.

O recorte teórico apresentado refere-se aos fundamentos para moldagem de produtos com fibras vegetais e como estas se comportam em relação às suas dimensões. A geometria das partículas interfere na qualidade percebida dos produtos, portanto quando se objetiva a agregação de valor para os resíduos vegetais, o estudo de suas dimensões é determinante para a padronização dos processos e alternativa para tornar a fibra mais atrativa pelo seu aspecto visual. Os métodos utilizados foram de revisão bibliográfica e experimental, resultando em 3 diferentes amostras de partículas para moldagem com resinas sintéticas no processo de compressão.

## 2. Produtos Moldados com Fibras Vegetais

Historicamente a madeira vem sendo utilizada em sua forma sólida, em troncos e peças serradas (chapas, vigas, entre outros). Porém, com a exploração das grandes florestas houve a diminuição da disponibilidade de árvores de maiores diâmetros ocasionando no aumento de preço para a matéria-prima e para sua produção, fazendo com que parte da indústria madeireira destinasse seu foco para a substituição de grandes árvores por produtos reconstituídos de madeira, já que estes utilizam de material de menor dimensão e maior facilidade de controle de aproveitamento (BERGLUND e ROWELL, 2005).

Quando se utiliza da madeira reconstituída para fabricação de chapas e outros materiais, a mudança das propriedades pode ser estudada por suas fibras, partículas e lascas (*flakes*) que irão compor o material, sendo que suas propriedades irão ser modificadas pela reorganização, combinação e estratificação destes elementos (YOUNGQUIST, 1999).

Portanto, diminuir o tamanho da madeira para o de uma fibra, partícula ou lascas conduz ao estudo de suas propriedades ao nível do menor elemento gerado (do seu tamanho final), sendo que, na redução para a formação de elementos menores a natureza dos processos industriais e as características dos produtos finais se modificam. De acordo com Marra (1992) os produtos de madeira reconstituída irão apresentar:

- maior facilidade de obtenção de formas sinuosas;
- decréscimo da relação resistência/peso e;
- decréscimo de requisitos quanto à qualidade da matéria-prima devido à obtenção de um material mais homogêneo.

Segundo Razera (2006), os produtos feitos de madeira reconstituída podem apresentar de grandes a pequenas dimensões, superfícies lisas e homogeneidade de propriedades. O autor elucida que em termos de mercado é possível encontrar estes produtos em forma de chapas e painéis como o OSB, os aglomerados (MDP) e as chapas de fibra (MDF).

A obtenção da matéria prima para os produtos de madeira reconstituída se dá tanto pelos reflorestamentos de espécies vegetais que serão submetidas aos processos de geração de partículas, quanto aos materiais já parcialmente beneficiados oriundo dos processos industriais,

como as serragens e pós de lixa, como os resíduos de beneficiamento agrícola, exemplo o próprio material aqui estudado, as falhas da pinha da Araucária.

Em termos de mercado, as fibras vegetais vêm sendo utilizadas como matéria-prima para novos materiais e produtos reconstituídos de madeira. O *FluidSolid*® é outro exemplo de material compósito feito a partir de matéria-prima renovável reaproveitada de indústrias e atividade agrícolas.

Os processos de conformação do material envolvem, além da moldagem por compressão, a injeção e extrusão com possibilidade de diversas aplicações como as apresentadas na figura 1.



Figura 1: Produtos feitos a partir de madeira reconstituída. Fonte: Adaptado pela Autora de Sítio Eletrônico FluidSolids® (2016) (<http://www.fluidsolids.com/>).

Outro exemplo é o *Mushroom*®, material desenvolvido pela designer Danielle Trofe junto à empresa *Ecovative*. A linha *MushLume* (figura 2) é moldada a frio com um material feito a partir do micélio de cogumelos que são naturalmente biodegradáveis (RITTNER, 2016).

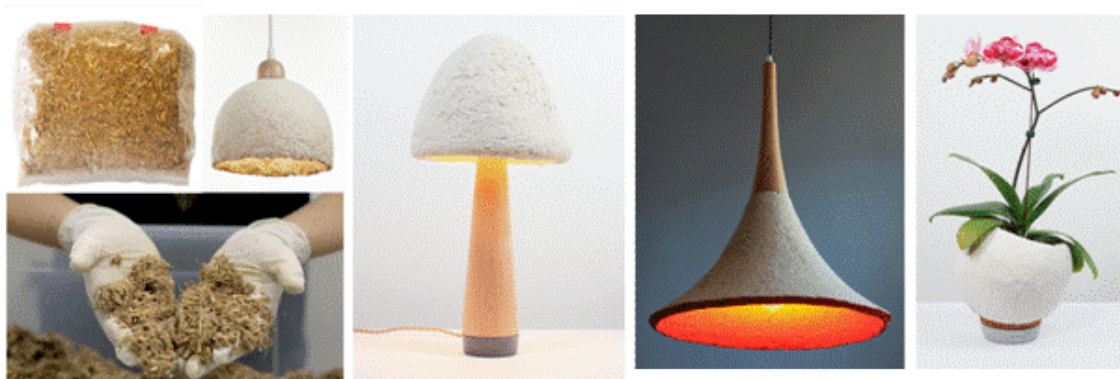


Figura 2: Produtos fabricados a partir de fibras vegetais e resina. Fonte: Adaptado pela Autora do Sítio Eletrônico de Danielle Trofe (2016) (<http://danielletrofe.com/>)

Outro exemplo é a *Organoid*®, uma indústria de revestimento decorativos localizada no Tirol na Áustria, e que utiliza de matéria-prima natural local e sem aplicação de solvente, biocidas ou plastificantes. Os produtos são elaborados considerando o projeto de superfícies que apresentem a biodiversidade vegetal coletada nos Alpes.

A figura 3 apresenta produtos criados em parceria com o estúdio de design austríaco *Nofrontiere* e revestimentos elaborados a partir de cascas de pinheiro, pétalas de rosas e cascas da semente do girassol.





**Figura 3: Produtos e revestimentos decorativos da empresa ORGANOID®. Fonte: Adaptado pela Autora de Sítio Eletrônico Organoid® (2016) (<http://www.organoids.com/>)**

De acordo com Dias (2009), os novos materiais representam boas oportunidades no projeto de produtos, principalmente pela sua aparência, porém ocorrem os riscos da experimentação já que as suas propriedades ainda são, em partes, desconhecidas. Para a autora, a atividade do designer envolve o desenvolvimento de objetos (design de produto), mas também está associado ao desenvolvimento de novos materiais (design da matéria) e da superfície visível do produto (design de superfície) este importante atributo de linguagem visual entre o material e o usuário.

### **3. Compósito com Fibras Vegetais e sua Conformação**

As fibras vegetais podem ser obtidas a partir de madeiras, folhas, sementes, frutos, palhas de cereais entre outros componentes dos vegetais. A eficiência do seu emprego em misturas compostas na geração de produtos relaciona-se à estrutura da celulose e das suas fibrilas (JOHN e THOMAS, 2007).

A aplicação bem sucedida em compósitos necessita da sua preparação ou modificação físico-química e que possibilite, entre outras, a homogeneização de suas propriedades e a boa relação entre a fibra e a matriz sintética (JOHN e THOMAS, 2007).

As fibras vegetais, de acordo com Paiva *et al* (2002), oferecem vantagens quando comparadas às fibras inorgânicas, como exemplo as fibras de vidro, devido à baixa densidade, à alta deformabilidade, e à baixa abrasividade nos moldes e equipamentos de preparo, portanto com menor custo de manutenção e de processamento.

Além do mais as fibras vegetais são abundantes e se originam nos recursos renováveis sendo também biodegradáveis. Incentivar o seu uso possibilita a geração de empregos em áreas rurais e de floresta (MATTOSO *et al*, 1996).

Para Biron (2007) praticamente todas as propriedades dos compósitos sintetizados serão influenciadas pela adição das fibras, considerando:

- I. A quantidade de fibra adicionada.
- II. O tamanho da fibra, que irá determinar o comportamento de adesão entre a fibra e a matriz.
- III. A homogeneidade na distribuição da fibra na peça acabada.
- IV. A ocorrência de anisotropia (propriedades diferentes conforme as direções) de acordo com a orientação das fibras, ocasionando em encolhimento diferente em diferentes direções.

- V. Possível aumento da viscosidade da matriz, tornando os processos contínuos mais difíceis.

O emprego de fibras de origem lignocelulósicas como reforço em compósitos pelos setores industriais se dá para a obtenção de materiais com bom desempenho mecânico e térmico (MARTINS, 2003). Os compósitos com fibras normalmente se apresentam compatíveis aos métodos tradicionais de processamento e de fabricação, porém ainda necessitando de adaptações de técnicas de processamento específicas para as suas propriedades (YAMAJI, 2004).

De acordo com Martins (2003) as fibras naturais têm sido frequentemente misturadas às matrizes termofixas como a uréia, o fenol ou melamina formaldeído. O uso de lignocelulósicos com polímeros termoplásticos aparece associado aos vinis, ao polipropileno, poliestireno e polietileno de alta e baixa densidade (YOUNGQUIST, 1999).

De forma geral, as matrizes (adesivos e resinas) são as matérias-primas mais importantes na produção de compósitos e seu uso envolve também os requisitos ambientais relativos ao ciclo de vida do produto fabricado, incidindo no tratamento das águas residuais, na emissão de produtos químicos voláteis durante o processo e na viabilidade e eficiência da reciclagem do material composto final (DUNKY e PIZZI, 2002).

John e Thomas (2007) colocam que a seleção das resinas para os compósitos com fibras vegetais envolve tanto as resinas termofixas derivadas de petróleo e as termoplásticas - como exemplo o polipropileno (PP) e polietileno (PE) - como também as resinas provenientes de fonte renováveis e biodegradáveis. Exemplos são a PLA e PHA e que combinadas com fibras naturais dá origem aos biocompósitos (*green-composites*).

Segundo Biron (2007), ao se projetar compósitos com fibras, a seleção da resina deve ser compatível com as condições ambientais de utilização de aplicação. A escolha pela resina termoplástica considera que esta não apresenta processos de cura, pode ser soldada e é mais fácil de reciclar, enquanto que as resinas termofixas estão mais estabelecidas no mercado e amplamente utilizadas em produtos, porém necessitando de processo de cura e sendo mais fáceis de processar por determinados métodos.

Ainda sobre os elementos da madeira Razera (2006) coloca que estes se classificarão conforme tipo e tamanho da partícula e sua homogeneidade granulométrica. Portanto os materiais compósitos apresentarão características e propriedades diferentes em função do comprimento, da largura e da espessura dos elementos de madeira, diferenciando também a nomenclatura dada ao produto final. A tabela 1 apresenta a classificação da geometria das partículas e respectivos produtos de acordo com Marra (1992):

ELEMENTO	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	PRODUTO
<i>Wafer</i>	25,4-76	25-76	0,63-1,3	<i>Waferboard</i>
<i>Lascas (Flake)</i>	13-76	13-76	0,25-0,63	<i>Flakeboard</i>
<i>Strands</i>	13-102	6,35-25,4	0,25-0,63	<i>OSB</i>
<i>Slivers</i>	6,3-76,2	0,12-0,63	0,12-0,63	<i>Silverboard</i>
Partículas	1,27-12,7	0,12-1,27	0,12-1,27	Aglomerado

Fibras	1,27-25,4	0,12-0,58	0,63-1,93	Chapas de Fibras
Celulose/Lignina	<i>Dimensões Moleculares</i>			Plásticos/Filmes

**Tabela 1: Dimensão dos elementos da madeira. [Fonte: Adaptado pela autora de Marra, 1992].**

Para Parchen (2012), existem relações métricas das partículas que exercem forte influência nas características física e mecânica dos produtos finais, considerando que “a área superficial específica das partículas e a disponibilidade de resina por unidade de área de partícula, se alteram conforme as diferentes dimensões de partículas”.

O autor também exemplifica outras propriedades que se darão em função da geometria das partículas:

- I. O acabamento da superfície do produto final e que dependerá da geometria e do material que ela provém.
- II. Os processos de fabricação do compósito serão diretamente dependentes do tratamento das partículas e de suas características de origem.
- III. A trabalhabilidade do elemento compósito está diretamente relacionada à geometria de seus componentes.

Portanto a geometria e o tamanho das partículas utilizadas serão fatores determinantes na seleção do processo de conformação e nas posteriores propriedades e características perceptíveis do produto moldado.

Para Razera (2006) a escolha do processo de moldagem irá depender da forma, do tamanho, da resistência necessária ao fim proposto e da aparência final desejada para o produto. O autor ainda expõe que os processos de conformação para os produtos reconstituídos de madeira podem utilizar de altas como baixas temperaturas e de pressão aplicada através de moldes metálicos. Quando misturadas com resinas (termofixas e termoplásticas) as fibras vegetais possibilitam a obtenção de peças complexas, furos e rebaixos gerados diretamente na moldagem do material.

Contudo salienta-se que a temperatura de processamento das fibras vegetais não deve ultrapassar os 200°C. A madeira é considerada como um combustível sólido e com um processo de degradação térmica que apresenta liberação de diversos componentes quando da elevação de sua temperatura. Entre 280°C e 500°C ela libera grande quantidade de gases que alimentam a combustão com a presença de chamas (REMADE, 2011).

#### 4. Método Laboratorial

O método adotado para a elaboração deste estudo foi o experimental, quando foram selecionadas as variáveis capazes de influenciar o objeto de estudo, definindo-se a forma de controle e de observação dos efeitos da variável sobre ele (PRODANOV, 2013). Nesta etapa da pesquisa foi observada a variável granulometria do resíduo da pinha, e como esta:

- a. se comportou no processo de geração e seleção de partículas e;
- b. quantas e quais foram as geometrias obtidas após estes processos.



O procedimento aqui relato foi realizado em laboratório (Laboratório de Painéis da Universidade Federal do Paraná), o que possibilitou ao pesquisador a observação e medição que permitiram o alcance dos resultados.

Foram considerados os parâmetros relativos à (s):

- Quantidade total de material e perdas.
- Quantidade de processos de moagem e de seleção conforme característica do material.
- Granulometrias obtidas após processo de seleção de partículas.
- Compreensão dos elementos constituintes das partículas e como estes se apresentaram em termos de homogeneidade.

O processo de Geração e Seleção de Partículas se deu conforme Iwakiri (2005):

- *Geração de Partículas*: nesta etapa foram definidos os elementos dimensionais da partícula e que irão influenciar nas propriedades mecânicas e dimensionais e nas características de acabamento das superfícies e bordas. O tamanho da partícula deve ser definido de acordo com o produto final desejado e em conformidade com as propriedades que o produto precisará apresentar. Os equipamentos normalmente utilizados neste processo são os picadores de tambor, de disco, de anel de martelo e o moinho de martelos e de disco.
- *Classificação das Partículas*: nesta etapa ocorre a remoção das impurezas e ‘fino’ (pó) e a classificação das dimensões aceitáveis para os processos posteriores. Partículas menores melhoram o acabamento superficial do produto, mas exigem de maior uso de adesivos, enquanto as maiores podem se apresentar menos homogêneas comprometendo a qualidade final. A classificação comumente é feita por peneiras vibratórias (uma ou mais intercaladas e com diferentes malhas).

Para o processamento de moagem das partículas foi utilizado moinho de martelos da marca Lombard, com peneira de 1". As partículas foram classificadas em uma selecionadora de partículas da marca Allgraier, com peneiras de abertura de malha de 2,3mm, 1,4mm, e 0,6mm.

As partículas vegetais utilizadas foram provenientes da pinha da Araucária (*Araucaria angustifolia*), sendo utilizadas somente as escamas estéreis (falha ou palha). As falhas foram empregadas sem cozimento, pois as cascas cruas apresentam maior variedade de coloração e menor teor de umidade, aspecto que auxilia na moagem das partículas sem danificação do maquinário.

A obtenção do resíduo da pinha da Araucária só ocorre no período de produção da semente, durante os meses de março a setembro. Pelo fato da semente da Araucária ser recalcitrante (altamente suscetíveis à perda de água), portanto seu armazenamento e ou estocagem se tornam difíceis sem a perda de suas propriedades, fazendo com que os processamentos ocorram em período próximo a coleta (sugere em até 1 mês) e sem processo de secagem.

O total do material coletado para os processos foi de 2 kg de escamas estéreis (falhas/palhas) coletadas em espaços públicos (bosques) na região do Campo Comprido na cidade de Curitiba, e em propriedades rurais privadas na região de Santa Bárbara de Baixo, no município de Palmeira, Paraná. Houve uma perda de aproximadamente 300g após os processos.

Ambas as coletas foram realizadas no solo e no período de setembro e outubro de 2015. As falhas foram submetidas aos processos de geração e seleção de partículas, resultando em três amostras diferentes, sendo duas variações de tamanho e um pó de fibra.

Estes resultados são apresentados na figura 4:



Figura 4: Quantidade total de material coletado e resultado após moagem e seleção. [Fonte: Os autores]

No processo de geração das partículas o teor de umidade é um importante fator, já que teores de umidade abaixo de 35% dificultam o controle da geometria das partículas e com maior geração de “finos”. Esta condição foi observada neste procedimento, mesmo sem a medição por equipamentos, resultando após a moagem na geração de uma grande quantidade de pó (entre 30% a 40% em relação ao material gerado).

As escamas estéreis (falhas/palha) da pinha da Araucária foram processadas uma única vez no moinho de martelos e a decisão de se utilizar um único processo baseou-se no aumento considerável de quantidade de “finos” gerados e sua relação com a perda do material e condições salubres de trabalho.

Este processo resultou em partículas pouco moídas e heterogêneas em termos de comprimento, largura e espessura. Porém optou-se por manter somente uma moagem e observar se haveria diferença entre as partículas após o processo de classificação de partículas.

As escamas estéreis (falhas/palha) moídas foram duas vezes submetidas à selecionadora de partículas. Um primeiro processo com uma abertura de malha de 0.6mm (fina) para retirada dos “finos” e um segundo processo com abertura de malha de 2.3mm (larga) para verificar a obtenção de geometrias de tamanhos diferentes.

Ao fim destes processos três diferentes amostra granulométricas das escamas estéreis foram obtidas e são apresentadas na figura 5:



Figura 5: Amostras das granulometrias obtidas (3) após processamento na selecionadora de partículas. [Fonte: Os autores].

A Amostra G1, com a maior dimensão obtida, corresponde ao material retido na malha de maior abertura. Observa-se a heterogeneidade dos elementos devido às partes que compõe as escamas estéreis (figura 6). A Amostra G2, com a dimensão intermediária, corresponde ao material que passou pela malha de 2.3mm, apresentando menor heterogeneidade, porém ainda é visível a presença dos elementos característicos que compõe as escamas estéreis e a casca do pinhão. A Amostra G3 correspondeu a um pó fino com a presença de algumas partículas de espessura fina e alongadas.

Abaixo estão representadas as dimensões do material original antes dos processos de moagem e seleção de partículas. As partes destacadas se referem aos elementos que não foram triturados ou separados durante os processos, gerando a heterogeneidade do material.



Figura 6: Elementos que compõe as escamas estéreis não moídos e que tornam o material heterogêneo. [Fonte: Os autores]

## 5. Resultados e Considerações Finais

Após os procedimentos adotados e realizando de acordo com os fundamentos teóricos, observou-se que:

- Deve se considerar o aumento da umidade das partículas para moagem a fim de diminuir a geração de pó (“finos”) no processo (o que causa perda do material) e que poderá

influenciar na quantidade e facilidade de adesão com a matriz polimérica na fase de mistura do compósito.

- Quanto menor a geometria obtida mais homogênea ela se apresenta no que se refere a fibra estudada.
- A submissão a dois processos de moagem deve ser contemplada em processos futuros para verificar se a repetição resulta em partículas mais homogêneas antes da seleção das partículas.
- Que as partículas obtidas após os processos, independente da heterogeneidade, apresentaram granulometria adequada para conformação em processo de compressão.
- Que as partículas obtidas, devido à heterogeneidade, apresentam elementos que podem contribuir na diferenciação de textura para o produto final com agregação de valor.
- Que as partículas moídas sem cozimento e misturadas apresentaram baixa diferenciação na coloração e similar ao resíduo sem processamento (cru).
- Que as partículas das escamas estéreis apresentaram elementos não moídos e que podem interferir no acabamento a nos aspectos da superfície dos produtos, podendo também gerar heterogeneidade da parede e bordas dos produtos, necessitando de processos de acabamento após conformação ou estudos precisos na geração de moldes.

O estudo da granulometria se mostra essencial ao desenvolvimento de materiais compósitos, constatado durante o levantamento bibliográfico e de campo. É a partir do estudo da granulometria que se estabelecem os demais critérios métricos para obtenção de produtos com padrão aceitável de qualidade, sendo que neste estudo foram identificadas três granulometrias e com diferença na dimensão entre as partículas.

Compreende-se também que a eficiência no uso das partículas das escamas estéreis da Araucária se dará a partir do avanço das pesquisas que analisem sua estrutura física e caracterização química assim como dos estudos de novas combinações de mistura com resinas e ensaios para verificação das propriedades mecânicas dos compósitos fabricados com este tipo de partícula vegetal.

A espécie estudada apresentou as vantagens de fácil e abundante acesso ao material dentro da localidade onde ela se forma, sendo que esta etapa da pesquisa se preocupou apenas com o período reprodutivo da espécie para a sua obtenção, ademais a atividade de coleta é simples e só apresentou o custo relativo ao transporte e as atividades de limpeza e separação de outros vegetais, já que o material foi coletado no solo.

A manutenção das propriedades perceptíveis quanto à cor do material e sua perda de umidade se mostraram desvantajosos durante o processo, porém toda a falha coletada e armazenada não apresentou deterioração, apenas perda de parte destas propriedades.

Observou-se a importância da realização das técnicas de geração e seleção das partículas logo após a coleta e limpeza e quando o material ainda apresenta maior teor de umidade.

Identificou-se então que a fabricação e aplicação do material em produtos moldados exigirão dos equipamentos de moldagem, mas com fundamental importância as fases e equipamentos que



determinam o tratamento das partículas, como moinhos e peneiras (ou classificadora) para a sua classificação.

A aplicação das granulometrias obtidas neste estudo em compósitos e sua posterior aplicação em produtos, preferencialmente de pequeno porte e que respeitem a quantidade de material ofertada pela espécie vegetal estudada, pode se apresentar como alternativa viável em termos de investimentos e unidade fabril além de reverenciar a história por detrás do material, sua cultura e singularidade como espécie vegetal.

## Referências

BASSO, C. M. G. A Araucária e a paisagem do planalto sul brasileiro. *Revista de Direito Público*, Londrina, v. 5, n. 2, p. 1-11, ago. 2010.

BERGLUND, L. e ROWEL, R. M. Wood composites. In: *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Florence, Ky: CRC Press, 2005. Disponível em: <[http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl\\_2005\\_berglund001.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl_2005_berglund001.pdf)>. Acesso em 12 jan. 2016. Cap. 10, p. 279-301.

BIRON, M. Thermoplastic composites. In: *Thermoplastics and thermoplastic composites. Technical information for plastic users*. Elsevier, 2007. Cap. 6, p. 769-829. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9781856174787>>. Acesso em: 6 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Thermoplastic processing. In: *Thermoplastics and thermoplastic composites. Technical information for plastic users*. Elsevier, 2007. Cap. 5, p. 715-766. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781856174787500088>>. Acesso em: 6 mar. 2016.

BISTAGNINO, L. Design Sistêmico: uma abordagem interdisciplinar para a inovação. *Caderno de Estudos Avançados em Design. Sustentabilidade II*. Barbacena, p. 13-28, 2009. Disponível em: <[http://www.tcdesign.uemg.br/pdf/Sustentabilidade\\_II.pdf](http://www.tcdesign.uemg.br/pdf/Sustentabilidade_II.pdf)>. Acesso em 6 mai 2016.

BITTENCOURT, A. M. Aspectos econômicos do pinhão nas mesorregiões sudeste e centro-sul do estado do Paraná. 2012. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução N. 278. Dispõe sobre o corte e a exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica. Ministério do meio Ambiente. Julho de 2001.

BREMBATTI, K. Corte de Araucária está proibido até 2017. *Gazeta do Povo*. Curitiba, 20 set. 2016. *Cadernos Vida e Cidadania*. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/corte-de-araucaria-esta-proibido-ate-2017-8cme050kdh3uvb9p1lbs4fq8>>. Acesso em 20 out. 2016.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. 1. Ed. v. 1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo. 2003. p. 801-812.

CERTI. Diagnóstico das cadeias produtivas do pinhão e da erva-mate. Com análise da cadeia de valor e de impactos, normatização, política & efetividade e benchmark. 2012. Disponível em: <[file:///C:/Users/user/Downloads/Volume%20I%20%20Diagnostico%20das%20cadeias%20produtivas%20do%20pinhao%20e%20da%20erva%20mate%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Volume%20I%20%20Diagnostico%20das%20cadeias%20produtivas%20do%20pinhao%20e%20da%20erva%20mate%20(1).pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2015.



COSTA, F. J. O. G. da et al. Metodologia para determinação instrumental da cor de pinhões de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Comunicado Técnico 322. 1º Ed. Embrapa Floresta. Colombo. 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92449/1/CT-322-Catie.pdf>>. Acesso em: 7 mai. 2015.

DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para a produção de pinhões como ferramenta para a conservação. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo. v. 32, n. 72, p. 441-451, out./dez. 2012.

DIAS, M. R. A. C. Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatius. 2009. 368 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

DUNKY, M. e PIZZI, A. Wood Adhesives. In: *Adhesion Science and Engineering*, 2002. v. 1, Cap. XXIII, p.1039-1103. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444511409500238>>. Acesso em 5 mar. 2016.

EMBRAPA. Degustação e oficina do livro “O Pinhão na Culinária” no Mercado Municipal de Curitiba. Portal Embrapa, Notícias, 17 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3693216/degustacao-e-oficina-do-livro-o-pinhao-na-culinaria-no-mercado-municipal-de-curitiba>>. Acesso em 3 mar. 2016.

GODOY, R. Avaliação do potencial do pinhão na alimentação e no desenvolvimento de produtos – PINALIM. Embrapa Floresta. Colombo. 2012.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, 2005.

IFSCTV. Campus Urupema desenvolve cerveja de pinhão. LinkDigital. O blog dos servidores do IFSC, 27 out. 2016. Disponível em: <https://linkdigital.ifsc.edu.br/2016/10/27/campus-urupema-desenvolve-cerveja-de-pinhao/>>. Acesso em 31 out. 2016.

JOHN, M. C. e THOMAS, S. Biofibres and biocomposites. In: *Carbohydrate Polymers*. v. 71, n. 3, p. 343-364, fev, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861707002974>>. Acesso em 26 fev. 2016.

KRUCKEN, L. e TRUSEN, C. A comunicação da sustentabilidade de produtos e serviços. *Cadernos de Estudos Avançados em Design. Sustentabilidade I*. Barbacena, v. 3, p. 65-74, 2013. Disponível em: <<http://www.ppgd.uemg.br/publicacoes/cadernos-de-estudos-avancados-em-design/>>. Acesso em 27 jun. 2016.

KOCH, Z. *Araucária: a floresta do Brasil meridional*. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002. p. 35; 39.

KULA, D. *Materiology the creative industry's guide to materials and technologies*. Besel – Boston – Berlin: Birkhäuser Verlag AG, 2009. p. 135 e 225.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 5.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. v. 1. p. 17.

MEURER, Bernd. The transformation of design. *Design Issues*, v. 17, n. 1 (Winter, 2001). p. 44-53.

MARRA, A.A. *Technology of wood bonding: principles in practice*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

MARTINS, G. S. Preparação e caracterização de compósitos de poli (cloreto de vinila) reforçados com fibra de sisal. 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MATTOSO, L. H. C. et al. Utilização de fibras vegetais para reforço de plásticos. In: Pesquisa em andamento. Embrapa, São Carlos, n. 3, p. 1-4, nov, 1996. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAafaSQAL/fibras-vegetais-reforco-plasticos>. Acesso em 17 fev. 2016.

MOURÃO, N. M. Sustentabilidade na produção artesanal com resíduos vegetais: uma aplicação prática de design sistêmico no Cerrado Mineiro. 2011. 219. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.ppgd.uemg.br/wp-content/uploads/2012/08/Nadja-Maria-Mour%C3%A3o.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2015.

PAIVA, J. M. F. et al. Carbons material from sisal and sugarcane bagasse reinforced lignophenolics matrices composites. In: Natural polymers and composite, 4, 2002. P. 416-421.

PARCHEN, C. F. A . Compósito madeira cimento de baixa densidade produzido com compactação vibro dinâmica. 2012. p. 173. Tese (Pós Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PRODANOV, C.C. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Modo de acesso: [www.feevale.br/editora](http://www.feevale.br/editora).

RAZERA, D. L. Estudo sobre as interações entre as variáveis do processo de produção de painéis aglomerados e produtos moldados de madeira. 2006. p. 157. Tese (Pós Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

REMADE. Revista da Madeira. Comportamento da madeira com fogo. Curitiba: Lettech Editora. n. 128, 2011. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1546&subject=Combust%E3o&title=Comportamento%20da%20madeira%20exposta%20ao%20fogo](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1546&subject=Combust%E3o&title=Comportamento%20da%20madeira%20exposta%20ao%20fogo)>. Acesso em: 17 jan. 2016.

SANTOS, A. J. dos et al. Aspectos produtivos e comerciais do pinhão no estado do Paraná. Revista Floresta, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 163-169, 2002.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. RA'E GA, O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003.

SILVA, J. S. G.; HEEMANN, A. Eco-Concepção: design, ética e sustentabilidade ambiental. In: Encontro em Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí, I. ENSUS. Florianópolis, abr. 2007. Disponível em: <<http://ensus2007.paginas.ufsc.br/files/2015/08/Eco-Concep%C3%A7%C3%A3o-Design-%C3%89tica-e-Sustentabilidade-Ambiental1.pdf>>. Acesso em 7 mai. 2015.

SOARES, T. S. e MOTA, J.H. Araucária – O Pinheiro Brasileiro. Revistas Científicas Eletrônicas – Engenharia Florestal – FAEF, Garça, ano 2, n. 3, fev. 2004.

TRISOTO, F. O pinhão no laboratório. Gazeta do Povo. Curitiba, 6 jun. 2013. Caderno Vida e Cidadania. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/o-pinhao-no-laboratorio-e2qdupr8s6gvantm940gqejbi>. Acesso em: 17 dez. 2015.

VIEIRA-DA-SILVA, C.; MIGUEL L. de A.; REIS, M. S. Utilizações alternativas para as “falhas”, componente da pinha (*Araucaria angustifolia*), e seu potencial para a agricultura de base agroecológica. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia. 7. 2011. Fortaleza. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia.

YAMAJI, F. M. Produção de compósito plástico- madeira a partir de resíduos da indústria madeireira. 2004. p. 182. Tese (Pós Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

YOUNGQUIST, J. A. Wood- based composites and panel products. In: Wood handbook. Wood as an engineering materials. Madison, 1999. cap. 10, p.10-31. Disponível em:

<[http://www.woodweb.com/knowledge\\_base/Wood\\_Handbook.html](http://www.woodweb.com/knowledge_base/Wood_Handbook.html) >. Acesso em 12 fev. 2016.

## **Sobre os autores**

### **Débora Jordão**

Graduada em Desenho Industrial/ Projeto do Produto e especialista em Gestão do Design. Mestre em Design e Sistemas de Utilização e Fabricação. Com atuação profissional em docência do ensino superior nos campos do design, publicidade e marketing. Pesquisadora de novos materiais para o design, sustentabilidade, valorização de resíduos e da biodiversidade vegetal local.

deborajordao@hotmail.com

### **Dalton Razera**

Professor Titular, do Curso de Graduação em Design e do Mestrado e Doutorado do Programa de Pós Graduação - PPGDesign do Departamento de Design da UFPR, com foco na linha de pesquisa de Sistema de Produção e Utilização, com pesquisas em projetos de produtos sustentáveis a base de matéria prima de origem florestal.

daltonrazera@ufpr.br

### **Rosilani Trianoski**

Engenheira Industrial Madeireira pela Universidade Federal do Paraná (2008). Mestrado em Engenharia Florestal (2010) na linha de pesquisa de Painéis de madeira reconstituída e Doutorado em Engenharia Florestal (2012) na linha de pesquisa de Propriedades da madeira e métodos não destrutivos, ambos pela Universidade Federal do Paraná.

rosillani@gmail.com