

Danieli Nejeliski, Lauren da Cunha Duarte \*

# Caracterização do Porongo (*Lagenaria siceraria*): análise termogravimétrica, determinação do teor de umidade, da densidade básica e da densidade aparente

\*

Danieli Maehler Nejeliski é doutoranda no Programa de Pós-graduação em Design da UFRGS, mestra em Design pela UFRGS (2015), bacharel em Desenho Industrial com habilitação em Projeto de Produto pela UFSM (2011). Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul), Campus Pelotas, na área de Design. Atua como pesquisadora no Grupo de Pesquisa Topos, no IFSul.  
<danielinejeliski@gmail.com>  
ORCID: 0000-0002-4487-539X

**Resumo** O porongo (*Lagenaria siceraria*) é um fruto que após a secagem torna-se oco e similar à madeira. Disseminou-se por todos os continentes e é utilizado por diferentes povos na confecção artesanal de recipientes, instrumentos musicais e boias. Com ciclo produtivo anual e alta produtividade, configura-se em alternativa de fonte renovável. Sua utilização no design de novos produtos depende da definição das principais propriedades. A caracterização foi feita através de análise termogravimétrica, determinação do teor de umidade, da densidade básica e aparente e ensaio de absorção de água. Nos gráficos termogravimétricos, o comportamento similar do porongo e da madeira à exposição ao calor confirma que a composição química de ambos tem muitos aspectos em comum. Possui densidade heterogênea, muito baixa, em média  $0,124 \text{ g/cm}^3$ , similar às espumas poliméricas. Quanto à absorção de água, as amostras tiveram aumento de massa de cerca de 150% até a saturação, configurando-se como um material hidrofílico.

**Palavras chave** *Lagenaria siceraria*, Análise termogravimétrica, Densidade.

Lauren da Cunha Duarte tem graduação em geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, especialização em Gemologia - UFOP, mestrado - PPG-Geo/UFRGS, área de concentração geoquímica, doutorado - PPGGeo/UFRGS, área de concentração geoquímica, doutorado sanduiche - Universität Stuttgart - Institute für Mineralogie und Kristalchemie, pós-doutorado - PPG3M/UFRGS, Engenharia de Materiais - materiais naturais, professora do Departamento de Engenharia de Materiais/Escola de Engenharia/UFRGS, 2009 - 2018, professora do departamento de Mineralogia e Petrologia/Instituto de Geociências/ UFRGS, 2018 - atual. <lauren.duarte@ufrgs.br>  
ORCID: 0000-0001-5690-0794

### **Characterization of the Bottle Gourd (*Lagenaria siceraria*): thermogravimetric analysis, determination of moisture content, basic density and apparent density**

**Abstract** *The bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) is a fruit that after drying becomes hollow and similar to the wood. It has spread all over the continents and is used by different peoples in the handmade confection of containers, musical instruments and buoys. With an annual productive cycle and high productivity, is an alternative renewable source. Its use in the design of new products depends on the definition of the main properties. The characterization was done through thermogravimetric analysis, determination of moisture content, basic and apparent density and water absorption test. In thermogravimetric graphs, the similar behavior of bottle gourd and wood species on exposure to heat confirms that the chemical composition of both has many aspects in common. It has a very low heterogeneous density, on average  $0.124 \text{ g / cm}^3$ , similar to the polymer foams. As for the water absorption, the samples had a mass increase of about 150% until saturation, being configured as a hydrophilic material.*

**Keywords** *Lagenaria siceraria, Thermogravimetric analysis, Density.*

## Introdução

O porongo (*Lagenaria siceraria*) pertence à família das cucurbitáceas (Cucurbitaceae), uma das mais importantes famílias de plantas utilizadas pelo homem, relacionada com a origem da agricultura e das civilizações humanas. Seu cultivo é adaptado ao clima tropical, o plantio é anual e deve ser feito ao término do inverno. Cerca de 150 dias após o plantio, ocorre a secagem natural dos frutos e a colheita é realizada manualmente. Ao ser colhido, o fruto é colocado à sombra para que obtenha uma secagem lenta, processo que pode demorar alguns meses (BISOGNIN; SILVA, 2004). Após a secagem, a placenta com as sementes seca e o fruto torna-se oco. A parte interna da casca adquire características semelhantes à da madeira e a casca externa, extremamente fina e lisa, torna-se impermeável. A produtividade de frutos por hectare varia conforme a densidade de plantas, ficando entre 9.000 e 10.000 exemplares (TREVISOL, 2013).

Evidências da utilização do fruto foram encontradas em diferentes continentes e relacionadas a várias civilizações. Exemplares que datam de 11.000 a.C. foram encontrados na Ásia Oriental. No continente americano eram utilizados desde, pelo menos, 10.000 a.C. (KISTLER et al., 2014). Na América do Sul os registros datam de 6.000 a 5.000 a.C. (BISOGNIN, 2002). Com o intuito de esclarecer sua origem e disseminação, um estudo reuniu exemplares de todos os continentes e foram sequenciados 86.000 pares de bases do DNA no cloroplasto (KISTLER et al., 2014). Um exemplar africano selvagem é a origem de tudo, surgiu a aproximadamente 250 mil anos atrás. Os frutos do continente americano compartilham um ancestral comum com os africanos entre 60.000 a 103.000 anos atrás, muito tempo antes dos primeiros homens que migraram para as Américas. A teoria do transporte marítimo é uma das explicações para a disseminação da espécie. As sementes podem ter sido transportadas pelo mar, protegidas pela casca impermeável. Modelos computacionais das correntes marítimas indicam que levaria apenas alguns meses para que as sementes chegassem ao continente americano. Entre as espécies domesticadas, apenas o cachorro se espalhou mais sobre o globo terrestre (KISTLER et al., 2014).

O nome científico *Lagenaria siceraria* significa “vaso de beber” e remete a uma das principais funções do fruto para os diversos povos que o utilizaram (BURTENSCHAW, 2003). Na África, além de ser utilizado na produção de recipientes para alimentos e bebidas, suas excelentes propriedades acústicas são exploradas há milhares de anos na confecção de instrumentos musicais, sendo utilizado como câmara de ressonância de instrumentos de cordas na Índia (BURTENSCHAW, 2003). Uma aplicação que persiste até os dias atuais é como moringa para transporte e armazenamento de líquidos (BASTOS, 2010). O aproveitamento de materiais naturais oriundos de fontes renováveis, além de promover o desenvolvimento local, é uma alternativa aos recursos não renováveis fadados à extinção. Entretanto, a viabilidade da aplicação do porongo no design de novos produtos depende da identificação de suas propriedades básicas, para que possa ser caracterizado como material e potencializar sua utilização.

A identificação das propriedades do material através de análises pre-estabelecidas é importante para potencializar e orientar a utilização da matéria-prima. A seleção de materiais é extremamente importante no processo de design, pois toda a interação do usuário com o produto é baseada nas impressões do material, sendo sensoriais primeiramente e posteriormente relacionadas à funcionalidade do mesmo. Por isso é extremamente importante a identificação das propriedades do material, para que ele possa ser utilizado da maneira mais adequada. O porongo, por ser empiricamente utilizado, carece de estudos mais específicos a respeito de suas propriedades.

A utilização de matérias-primas oriundas de fontes naturais renováveis, como o porongo, vem se tornando mais do que alternativas, mas uma necessidade, quando a exaustão de recursos não renováveis é certa e se aproxima a cada dia. Na iminência da extinção de tais materiais, há que se focar em materiais de fontes renováveis, que ao longo de todo o ciclo de vida agridam menos a natureza. Uma alternativa é a exploração de materiais naturais, oriundos de fontes renováveis, biodegradáveis, de modo que possam ser absorvidos novamente pela natureza ao final de seu ciclo de vida, e que gerem, ao longo deste ciclo, menos gasto de energia e resíduos, sendo assim uma opção ambientalmente mais amigável.

## Materiais e Métodos

A forma e o tamanho dos frutos são variações morfológicas comuns à espécie (SILVA et al., 2002). Podem ser grandes ou pequenos, possuir bulbos arredondados, ovalados ou compridos, assemelhando-se ao formato do número cardinal oito, a garrafas ou jarras (BASTOS, 2010), como pode ser observado na Figura 1A. As amostras de porongo utilizadas nesta pesquisa foram coletadas em Santa Maria, RS. Foram colhidos na safra de 2014 e adquiridos com a Fábrica de Cuías Pires. Foram utilizados três frutos de formato octoforme (Fig. 1B). Foram selecionados exemplares com dimensões similares para que as amostras obtidas de cada fruto também possuíssem dimensões semelhantes.

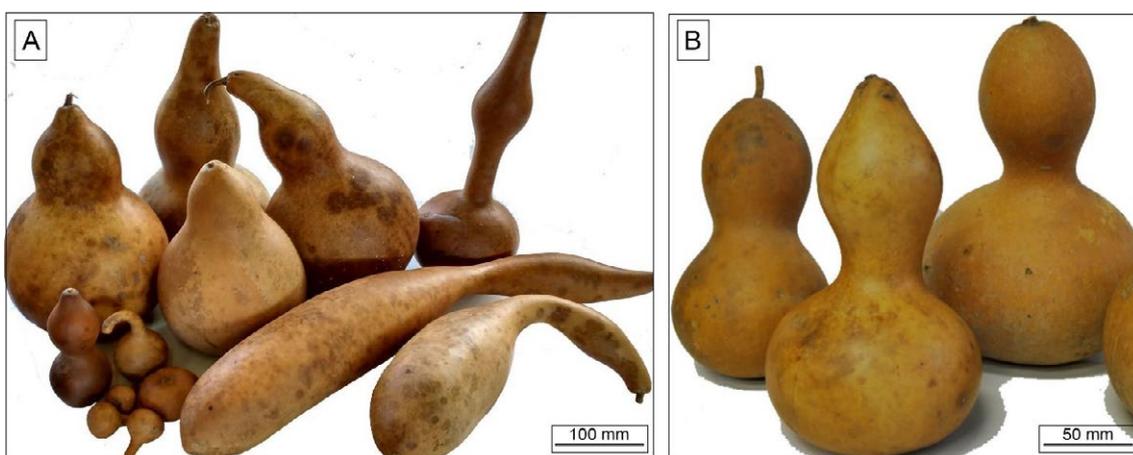


Fig 1. Exemplos de porongos: (A) variações morfológicas comuns à espécie; (B) frutos utilizados para a confecção das amostras para os ensaios de caracterização.

Fonte: as autoras

A análise termogravimétrica (ATG) tem como objetivo identificar as modificações da massa no material devido ao aumento de temperatura, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada. Esta técnica possibilita identificar as temperaturas em que ocorrem alterações provocadas por aquecimento do material, o que permite estabelecer a faixa de temperatura em que este inicia a se decompor. Permite também acompanhar a evolução das reações de desidratação, entre outras informações. Para a realização das análises foram pulverizadas amostras das partes internas e externas do porongo. As análises foram desenvolvidas no Laboratório de Engenharia Química da UFRGS, com um equipamento da marca Mettler-Toledo, modelo SDTA 851e, em um programa de aquecimento controlado de 30°C a 600°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C/min e atmosfera de O<sub>2</sub> a 99,9%.

Para os ensaios de determinação do teor de umidade, da densidade básica e da aparente e de absorção de água, foram confeccionadas amostras de acordo com a NBR 7190-1997: Projeto de estruturas de madeira. Não foi encontrada nenhuma norma específica para o material, ou mesmo para materiais com formas e espessuras heterogêneas. A norma utilizada estabelece que os corpos de prova devam ter a seção transversal retangular medindo 20 mm x 30 mm, e comprimento ao longo das fibras de 50 mm. Como o porongo possui formas côncavas e espessura da casca irregular, adaptaram-se as medidas para 50 mm na transversal do fruto, 30 mm no sentido longitudinal e 5 mm de espessura. No total, foram confeccionadas seis amostras (Fig. 2).



Fig 2. Amostras confeccionadas para os ensaios, com seção transversal retangular medindo 20 mm x 30 mm e comprimento de 50 mm: (A) vista da parte externa das amostras; (B) vista da parte interna das amostras.

Fonte: as autoras

Os ensaios para a determinação do teor de umidade e das densidades aparente e básica das amostras de porongo foram realizados no Laboratório de Seleção de Materiais (LdSM), UFRGS. Segundo a NBR 7190-1997, o teor de umidade corresponde à relação entre a massa de água nela contida e a massa do material seco. Tal definição é representada pela equação 1:

$$U\% = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde:

$m_i$  é a massa inicial, medida em gramas com precisão de 0,01g.

$m_s$  é a massa seca, medida em gramas com precisão de 0,01g.

A massa inicial foi medida com o auxílio de uma balança de precisão. Após este procedimento, as amostras foram levadas para uma estufa, com temperatura de  $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ . A cada 12 horas as amostras foram pesadas, até o momento em que a variação de massa dos corpos de prova entre duas medidas consecutivas atingiu um valor igual ou menor do que 0,01 em relação à última medida. Quando isso acontece, apropria-se como situação de massa seca do material.

A densidade aparente do material é definida como uma massa específica convencional dada pela razão entre a massa e o volume dos corpos de prova com teor de umidade de 12%. Conforme a NBR 7190/1997, quando a umidade relativa do ambiente é menor ou igual a 65%, considera-se que o material apresenta 12% de umidade. A equação 2, utilizada para a determinação da densidade aparente é:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{v_{12}}$$

Onde:

$m_{12}$  é a massa do porongo a 12% de umidade, medida em quilogramas.

$v_{12}$  é o volume do porongo a 12% de umidade, medida em metros cúbicos.

Os ensaios para a determinação da densidade aparente foram realizados em laboratório climatizado com temperatura controlada de  $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ambiente de 50%. As amostras permaneceram no local até as medidas das massas das mesmas se estabilizarem, alcançando assim os 12% de umidade. Posteriormente, as amostras foram pesadas com o auxílio da balança de precisão. Para a definição do volume foi utilizado o método do deslocamento de água, onde a amostra é submersa rapidamente no líquido e é então medido o volume de água deslocada, que corresponde ao volume da peça.

O porongo é um material extremamente poroso, na porção interior do fruto, e de baixa densidade, por isso ele não afunda na água, mesmo quando saturado. Portanto, foi utilizada uma agulha para afundar os corpos de prova e ter a medida do deslocamento da água mais aproximada possível. Para o posterior cálculo do volume dos corpos de prova foi utilizada a equação 3:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Onde:

$r$  é o raio do recipiente que foi utilizado.

$h$  é a altura do deslocamento de água.

Assim, com os valores da massa e do volume dos corpos de prova a 12% de umidade, determina-se a densidade aparente do porongo. Com relação a densidade básica, é definida como uma massa específica convencional dada pela razão entre a massa seca e o volume saturado, obtida pela seguinte equação 4:

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{v_{sat}}$$

Onde:

$m_s$  é a massa seca do porongo, medida em quilogramas.

$v_{sat}$  é o volume do porongo saturado, medido em metros cúbicos.

A massa seca do porongo foi determinada conforme descrito no ensaio do teor de umidade. Após a estabilização na estufa, as amostras foram pesadas e então submersas na água. A cada doze horas os corpos de prova foram pesados, até o momento em que a variação de massa dos corpos de prova entre duas medidas consecutivas atingiu um valor igual ou menor do que 0,01 em relação a última medida, o que significa que as amostras estão saturadas. Repete-se então o procedimento para obtenção do volume das amostras por deslocamento de água, para obter o volume saturado. Assim, com os valores da massa e do volume dos corpos de prova a 12% de umidade, determina-se a densidade básica do porongo.

Para a realização do ensaio de absorção de água foi utilizada como referência a norma ABNT NBR 15316:2014, já que não existe norma específica para o porongo. O ensaio de absorção de água consiste na mensuração do aumento da massa (em água) que um corpo de prova do material apresenta, após ser imerso em água a  $20 \pm 1$  °C pelo tempo de  $24h \pm 36$  min. Os corpos de prova utilizados para o ensaio possuem as mesmas dimensões dos descritos anteriormente: 50 mm x 30 mm, com 5 mm de espessura. Inicialmente devem ser pesados em balança de precisão, em seguida, devem ser acondicionados em um recipiente contendo água a temperatura ambiente. Após duas horas devem ser retirados, removido o excesso de água, e realizada novamente a pesagem. Em seguida devem ser recolocados no recipiente com água por mais 22 horas até completar às 24 horas de imersão, e seus valores registrados para a definição da absorção de água do porongo. Os corpos de prova foram pesados em balança digital da marca Quimis®, para verificar a massa seca. Os valores da massa dos corpos de prova foram registrados para a definição da absorção de água e calculadas as porcentagens a partir da equação 5:

$$A\% = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100$$

$A\%$  é a absorção de água, em percentual.

$M_1$  é a massa inicial do corpo de prova em gramas.

$M_2$  é massa final do corpo de prova após ensaio em gramas

Foram realizadas duas medições, uma após duas horas de imersão na água, e outra após 24 horas na água. A partir dos dados serão gerados gráficos no programa Microsoft Excel® para melhor visualização dos resultados.

## Resultados

Com relação à análise termogravimétrica, Órfão et al. (1999) e Órfão e Figueiredo (2001) distinguem quatro fases envolvidas na pirólise de material celulósico. Até os 150°C ocorre a perda da água absorvida, entre 230°C e 260°C é observado o início da decomposição dos biopolímeros, principalmente hemicelulose. Entre 240°C e 400°C ocorre a decomposição da celulose e da lignina, sendo o primeiro o processo dominante nessa etapa. As curvas da perda de massa em função da temperatura para a casca e a parte interna do porongo são apresentadas no Gráfico 1. Pode-se observar que as duas curvas são muito semelhantes, já que o exocarpo e o mesocarpo são constituídos basicamente por celulose, lignina e água, diferenciando-se pelo espessamento das paredes das células e pela compactação das mesmas, sendo a casca mais densa e a parte interna, à medida que se afasta do exocarpo, menos densa.

Nos gráficos termogravimétricos do porongo podem-se observar as quatro etapas da pirólise de materiais celulósicos. O primeiro evento, próximo aos 100°C indica a perda da água absorvida. A segunda inflexão da curva acontece próximo aos 250°C, faixa de temperatura onde tem início a decomposição dos biopolímeros. Na sequência, entre 330°C e 340°C observa-se outro evento, correspondente ao início da decomposição da celulose e da lignina. Foi registrado um evento de perda de massa no patamar de 490°C, que pode estar relacionado com a decomposição mais tardia da lignina, já que a região do exocarpo possui as paredes mais espessas e maior concentração da substância.

Os termogramas do porongo possuem curvas muito similares aos de espécies de madeira (Gráfico 2) tal como pinus e garapeira. Novamente, pode-se observar as quatro fases propostas (Órfão et al.; 1999; Órfão; Figueiredo; 2001). Aos 90°C ocorre a perda da água, próximo aos 300°C o início da decomposição dos biopolímeros e, por fim, entre 470°C e 490°C, a decomposição da celulose e da lignina.

Através da análise dos termogramas do exocarpo e do mesocarpo do porongo na comparação com as duas espécies de madeira ficam claras as

relações existentes entre os materiais (Gráfico 2). O comportamento similar dos materiais à exposição ao calor confirma que a composição química de ambos tem muitos aspectos em comum. Essa confirmação é importante no sentido de que parâmetros de ensaios e testes utilizados para a madeira podem ser aplicados ao porongo, material que carece de normas específicas.

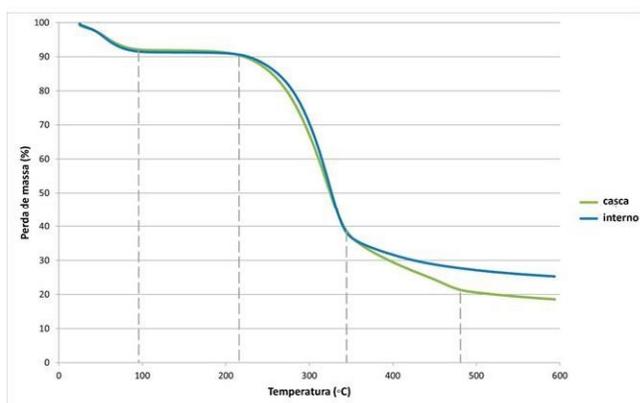


Gráfico 1. Termogramas da casca e da parte interna do porongo

Fonte: As autoras

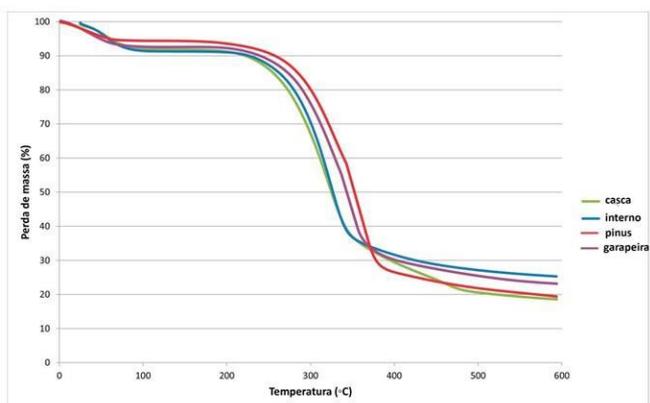


Gráfico 2. Termogramas comparativos entre o porongo, o pinus e a garapeira

Fonte: Bianchi et al. (2010) e as autoras

Nos ensaios de determinação do teor de umidade do porongo, para a obtenção da massa seca das amostras foram necessárias três medições. A Tabela 1 indica as médias dos valores das massas obtidas pelos seis corpos, na estufa para secagem, medidas de doze em doze horas.

Amostra	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
	0h	12h	24h
1	1,731	1,539	1,539
2	1,523	1,359	1,359
3	1,730	1,542	1,542
4	2,801	2,499	2,499
5	1,783	1,591	1,591
6	1,474	1,312	1,312
<b>Média</b>	<b>1,840</b>	<b>1,643</b>	<b>1,643</b>

Tabela 1. Medições das massas dos corpos-de-prova em câmara de secagem

Fonte: As autoras

A partir dos dados da massa inicial das amostras com 12% de umidade, correspondente a primeira medição realizada, e da massa seca, última medição, foi determinado o teor de umidade de cada amostra, bem como a média de todos os valores, conforme observado na Tabela 2.

O teor de umidade obtido para as amostras de porongo foi regular. De um modo geral, o material possui teor de umidade inferior ao de madei-

Amostra	Massa Inicial (g)	Massa seca (g)	Umidade (%)
1	1,731	1,539	11,1%
2	1,523	1,359	10,8%
3	1,730	1,542	10,9%
4	2,801	2,499	10,8%
5	1,783	1,591	10,8%
6	1,474	1,312	11,0%
<b>Média</b>	<b>1,840</b>	<b>1,643</b>	<b>10,9%</b>

Tabela 2. Teor de umidade U (%) do porongo

Fonte: As autoras

ras como angelim, cedro mara, garapeira, entre outras, que possuem variação entre 10,34% e 14,10% (RASEIRA, 2013). Para a obtenção dos dados para o cálculo da densidade aparente das amostras, foram utilizados os valores da massa inicial (Tabela 2) e os valores de volume (Tabela 3). Para o cálculo final, os valores de volume foram convertidos de milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) para centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ). A Tabela 3 mostra a densidade aparente de cada amostra, bem como a média para os valores das seis peças.

Os valores resultantes indicam que o porongo é um material com a densidade média extremamente baixa. Tomando como base a densidade aparente média encontrada de  $0,124 \text{ g/cm}^3$ , é relativamente semelhante e da mesma ordem de grandeza da densidade de algumas espumas poliméricas, como a espuma de PVC ( $0,09$  a  $0,130 \text{ g/cm}^3$ ) e de PU ( $0,08$  a  $0,150 \text{ g/cm}^3$ ) (ASHBY; JOHNSON, 2011). Quando comparado com outros materiais naturais de fontes renováveis, possui densidade muito menor que a do bambu ( $\approx 0,8 \text{ g/cm}^3$ ) e que a da cortiça ( $\approx 0,3 \text{ g/cm}^3$ ), sendo a densidade da madeira balsa com os valores mais semelhantes ( $\approx 0,2 \text{ g/cm}^3$ ) (ASHBY; JOHNSON, 2011).

Amostra	Massa (g)	Volume ( $\text{cm}^3$ )	Densidade aparente
	Umidade 12%	Umidade 12%	( $\text{g/cm}^3$ )
1	1,731	15,82	0,109
2	1,523	12,85	0,118
3	1,730	14,50	0,119
4	2,801	15,82	0,177
5	1,783	15,16	0,117
6	1,474	13,51	0,109
<b>Média</b>	<b>1,840</b>	<b>14,61</b>	<b>0,124</b>

Tabela 3. Densidade aparente para as amostras de porongo

Fonte: As autoras

A densidade básica foi determinada a partir do valor da massa seca (Tabela 2) e do volume saturado. Para a obtenção do volume saturado foram necessárias cinco obtenções de medida com intervalo de 12 horas cada (Tabela 4), onde foi então possível calcular a média dos valores das massas obtidos nas seis amostras submersas em água.

Amostra	Peso (g)				
	0h	12h	24h	48h	60h
1	1,731	3,025	3,894	4,867	4,866
2	1,523	2,618	3,190	3,821	3,823
3	1,730	2,792	3,537	4,297	4,297
4	2,801	4,789	5,854	6,493	6,491
5	1,783	3,122	3,787	4,476	4,476
6	1,474	2,362	3,006	3,483	3,483
<b>Média</b>	1,840	3,118	3,878	4,572	4,572

Tabela 4. Medições das massas dos corpos-de-prova submersos em água

Fonte: As autoras

Com relação à absorção de água, as amostras tiveram alta taxa de absorção de água, conforme esperado por se tratar de um material poroso. Na média, as amostras tiveram um ganho de massa de cerca de 150% de peso até o ponto de saturação. Este dado reforça a informação de que a microestrutura do porongo é constituída por inúmeros espaços vazios interconectados e aptos a serem preenchidos por água, ou outro fluido qualquer (LAGO, 2013). Os dados da Tabela 4 indicam ainda que o maior ganho de massa ocorreu nas primeiras 24 horas, e gradativamente vai sendo reduzido até ficar estável.

Para o cálculo da densidade básica foram utilizados os valores de massa seca (Tabela 2) e os dados do volume saturado foram transformados de milímetro cúbico ( $\text{mm}^3$ ) para centímetro cúbico ( $\text{cm}^3$ ). Estes valores, bem como a densidade básica de cada tipo de amostra, encontram-se na Tabela 5.

Amostra	Massa seca (g)	Volume saturado ( $\text{cm}^3$ )	Densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
N - 1	1,539	16,48	0,093
N - 2	1,359	13,84	0,098
N - 3	1,542	14,83	0,103
N - 4	2,499	16,15	0,154
N - 5	1,591	15,82	0,100
N - 6	1,312	13,51	0,097
<b>Média</b>	1,643	15,10	0,107

Tabela 5. Densidade básica das amostras de porongo

Fonte: As autoras

Similar aos resultados da densidade aparente, a densidade básica do porongo também é muito baixa,  $0,107 \text{ g}/\text{cm}^3$  na média. Com relação aos valores de volume saturado encontrados, chama a atenção o fato de que os valores das amostras com umidade 12% e das saturadas é muito similar, com uma pequena variação, média de  $14,61 \text{ cm}^3$  nas primeiras e  $15,10 \text{ cm}^3$  para as segundas. Esse fato reforça a hipótese de que, apesar de o porongo ser um material altamente hidrofílico, pouco altera suas dimensões iniciais quando saturado, apenas preenchendo os vacúolos internos, sem grandes alterações dimensionais.

## Considerações finais

O porongueiro é uma planta de hábito tropical e adapta-se muito bem em qualquer clima, possui ciclo produtivo anual e alta produtividade, entre 9.000 e 10.000 frutos por hectare. Com relação ao manejo de matérias-primas vegetais, um dos percalços é o tempo de desenvolvimento da planta até adquirir as características necessárias para se transformar em matéria-prima aproveitável. A maioria das madeiras demora mais de dez anos para maturar, com exceção do eucalipto plantado. Já o bambu, que é considerado uma planta de maturação rápida, leva cerca de três anos para estar em condições de ser utilizado. A colheita do porongo é anual, ou seja, seu ciclo é ainda mais curto que o do bambu, o que faz com que seja uma interessante alternativa de matéria-prima natural de fonte renovável de ciclo rápido.

Pelas suas características peculiares de forma, estrutura e superfície, o porongo é um material natural diferenciado. Apesar de ser um cultivo extremamente antigo existem poucas pesquisas científicas sobre as propriedades do material. Os artefatos oriundos do fruto são confeccionados artesanalmente, a partir de conhecimentos empíricos. Nos locais onde é cultivado e beneficiado, é fonte de geração de renda para pequenos agricultores e artesãos. A partir de um estudo sistemático do material e da identificação de suas principais propriedades, podem surgir novas aplicações para o porongo, bem como uma qualificação do que já é produzido. Com um melhor aproveitamento do fruto na confecção de outros artefatos, toda a cadeia produtiva aumenta, assim como o número de pessoas beneficiadas com o processo.

Como matéria-prima natural artesanal, sabe-se que a falta de conhecimento das propriedades é um fator limitante para sua utilização. O porongo possui densidade heterogênea, sendo mais denso na camada do exocarpo, reduzindo quanto mais se aproxima do centro. É um material muito leve, sua densidade média é extremamente baixa, com densidade aparente média de  $0,124 \text{ g/cm}^3$ , é da mesma ordem de grandeza da densidade de algumas espumas poliméricas, como a espuma de PVC ( $0,09$  a  $0,130 \text{ g/cm}^3$ ) e de PU ( $0,08$  a  $0,150 \text{ g/cm}^3$ ) (ASHBY; JOHNSON, 2011). Quando comparado com outros materiais naturais de fontes renováveis, possui densidade muito menor que a de materiais que vêm sendo utilizados em projetos de produto, como o bambu e a cortiça, e densidade semelhante à da madeira balsa.

A partir da definição das principais propriedades físicas, pode-se direcionar a aplicação do porongo na produção de recipientes para alimentos e bebidas, produtos isolantes, revestimentos, filtros e compósitos. A forma orgânica dos frutos vazios e o exocarpo impermeável favorecem a utilização na produção de recipientes. A alta densidade de poros indica que o material possui propriedades isolantes e pode ser aplicado a revestimentos superficiais para conforto acústico. A porosidade ainda indica a possibilidade de aplicação em filtros. A forma dos frutos favorece algumas aplicações, porém limita outras. A produção de compósitos a partir do porongo teria um melhor uso da matéria-prima e permitiria novas aplicações em produtos com uma área plana maior, como mobiliário. As propriedades do material, como baixa densidade, são essenciais para compósitos.

## Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15316: Painéis de fibras de média densidade. Rio de Janeiro, 2014.
- ASHBY, Michael. F.; JOHNSON, Kara. Materiais e design: arte e ciência na seleção de materiais no design de produto. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- BASTOS, Moira Anne Bush. Poética da cabaça: fruto de tradição, arte e comunicação. 2010. Dissertação (Mestrado em Artes) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2010.
- BISOGNIN, Dilson A. Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Revista Ciência Rural: Santa Maria*, v. 32, n. 5, p. 715 – 723, 2002.
- BISOGNIN, Dilson A.; SILVA, André. L. L. A cultura do porongo. Informe técnico, ed. Pelo Departamento de Fitotecnia do centro de Ciências Rurais (CCR) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2004.
- BURTENSHAW, Mike. The first horticultural plant propagated from seed in New Zealand: *Lagenaria siceraria*. *New Zealand Garden Journal*, 2003.
- KISTLER, Logan; MONTENEGRO, Álvaro; SMITH, Bruce D.; GIFFORD, John A.; GREEN, Richard E.;
- NEWSON, Lee A.; SHAPIRO, Beth. Transoceanic drift and the domestication of African bottle gourds in the Americas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* - PNAS, vol. 111, nº 8, 2014.
- LAGO, Tatiana. Caracterização e impregnação polimérica do porongo (*Lagenaria siceraria*) visando aplicação no design de biojóias. Dissertação (Mestrado em Design), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- ÓRFÃO, J. J. M.; ANTUNES, F. J. A.; FIGUEIREDO, J. L. Pyrolysis kinetics of lignocellulosic materials – three independent reactions model. *Fuel*, London, v. 78, p. 349 – 358, 1999.
- ÓRFÃO, J. J. M.; FIGUEIREDO, J. L. A simplified method for determination of lignocellulosic materials pyrolysis kinetics from isothermal thermogravimetric experiments. *Thermochimica Acta*, Amsterdam, v. 380, p. 67 – 78, 2001.
- RASEIRA, C. B. Design e tecnologia aplicados a resíduos de madeira: especificações para o processo de corte a laser em marchetaria. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2013.
- SILVA, André L. L.; et al. Coleta e caracterização morfológica de populações de porongo – *Lagenaria siceraria* (Mol.) Standl. – Cucurbitaceae. *Revista Ciência & Natura: Santa Maria*, p. 91 – 100, 2002.
- TREVISOL, Wolmar. Morfologia e fenologia do porongo: produtividade e qualidade da cuia. Tese (Doutor em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

**Recebido:** 04 de setembro de 2018.

**Aprovado:** 11 de setembro de 2018.