

Utilização de resíduos e derivados de madeira para confecção de uma guitarra elétrica

Using of the residues and wood composites for production of an electric guitar

Felipo Augusto Pereira¹, Rafael dos Santos¹,
Cristiane Inácio de Campos² e Julio Cesar Molina³

Resumo

A geração de resíduos é um problema bastante sério nas mais diversas áreas industriais, inclusive na área madeireira. A busca pela eliminação ou redução do volume de resíduos gerado é incessante, porém limitada, resultando então na busca por um destino ou aproveitamento melhor, ao invés de simplesmente queimá-lo. Muitas utilizações e empregos são comumente propostos, mas com baixo valor agregado ao resíduo. Este trabalho apresenta a viabilidade de aproveitamento de diferentes resíduos e derivados de madeira, provenientes de descarte, na produção de uma guitarra elétrica. Foram utilizados resíduos de madeira de cupiúba, ipê e jatobá além de derivados de pinus. Os resíduos e derivados utilizados mostraram-se adequados em termos de resistência, qualidade de acabamento e design, podendo ser utilizados em substituição às madeiras tradicionalmente empregadas na confecção do instrumento como também em outros produtos de características semelhantes e com maior valor agregado.

Palavras-chave: Resíduos, derivados de madeira, madeira, guitarra elétrica

Abstract

The residues generation is a quite serious problem in several industrial areas and also in the lumbering area. The search for the elimination or reduction of the volume of generated residues is endless, however limited, resulting in the search for a proper destination or better use, instead of simply burning it. A lot of uses and services are commonly proposed, but with low aggregated value to the residue. This work shows the usage viability of different discarded residues and wood composites in the production of an electric guitar. Cupiúba, ipê and jatobá residues have been used besides wood composites of pinus. The residues and wood composites have shown appropriate resistance, surfacing quality and design terms, and could be used to substitute the traditionally wood used in the production of the instrument as well as in other products of similar characteristics and with larger aggregated value.

Keywords: Residues, wood composites, wood, electric guitar.

INTRODUÇÃO

O atual modelo de produção e consumo de bens oriundos da madeira tem proporcionado grandes problemas de poluição ambiental, decorrentes dos resíduos gerados desde a obtenção e processamento dos recursos florestais e ao fim da vida útil pelo descarte.

Tendo-se em vista esta situação, as preocupações ambientais vêm crescendo cada vez mais, preocupando-se com a preservação do meio ambiente através de uma ex-

ploração racional dos recursos florestais. Em contrapartida, as indústrias do ramo consomem cada vez mais madeira, agravando os problemas de geração descontrolada de resíduos (SOUSA *et al.*, 2006).

Os resíduos, de maneira geral, podem ser definidos sucintamente como sendo materiais que não apresentam posteriores aplicações ou viabilidade econômica de emprego, devido a limitações de mercado ou limitações tecnológicas (CASTRO NETO, 1985; HOUAISS *et al.*, 2001; ULIANA; NOLASCO, 2006).

¹Graduandos de Engenharia Industrial Madeireira da UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira – Rua Geraldo Alckmin, 519 – Itapeva, SP – 18409-010. E-mail: felipo_pereira@hotmail.com; rafa-santos01@hotmail.com

²Professor Doutor do curso de Engenharia Industrial Madeireira da UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira – Rua Geraldo Alckmin, 519 – Itapeva, SP – 18409-010. E-mail: cristiane@itapeva.unesp.br

³Pós-Doutorando pela Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira – USP/EESC/LAMEM – Av. trabalhador são-carlense, 400 – São Carlos, CEP: 13 566-590. E-mail: juliocm@sc.usp.br

Os problemas na geração de resíduos madeireiros basicamente devem-se ao baixo rendimento no desdobro (processamento primário) das toras, decorrente muitas vezes de técnicas e equipamentos arcaicos e às perdas do beneficiamento (processamento secundário), originadas pelo controle de qualidade. Fundamentalmente os resíduos das serrarias são formados por costaneiras, aparas, peças desclassificadas e ainda quantidades significativas de maravalha e serragem, às quais acumulam-se em grandes pilhas nos pátios das empresas (VIEIRA *et al.*, 2006; DIAS, 2008).

Geralmente, tudo aquilo que não “serve” para ser comercializado é destinado para o lixo ou é empregado como combustível a partir de sua queima, agravando assim os problemas com a poluição do ar (SILVA, 2002; TEIXEIRA; CÉSAR, 2006).

Fagundes *et al.* (2006), estudando a situação das serrarias do estado do Rio Grande do Sul, mostraram o destino do volume de resíduos de madeira gerados (pinus e eucalipto): 60,3 % dos resíduos seguem para geração de energia; 0,7 % são utilizados para produção de chapas aglomeradas; 14,2 % para compostagem e 14,2 % para outros fins. O percentual de volume de resíduos sem aproveitamento perfaz 10,6 %.

Nota-se que a maior porcentagem (aproveitamento na geração de energia) se trata de uma alternativa que agrega pouco ou nenhum valor aos resíduos.

Os resíduos madeireiros consistem de uma fonte potencial de matéria-prima para diversos empregos não energéticos como, por exemplo, pequenos objetos de madeira, móveis rústicos e produção de chapas. Esta última permite um amplo aproveitamento de resíduos, principalmente pela baixa limitação dimensional que proporciona (CAMPOS; LAHR, 2002).

Bernardes *et al.* (2008) relata que entre os resíduos de construção e demolição a madeira contribui com 1% do volume total gerado. Segundo Bonduelle *et al.* (2003), o desenvolvimento de estudos de reaproveitamento é imprescindível para a geração de novas fontes de matérias-primas.

Para que seja possível tal avanço é necessário que um processo de classificação dos resíduos seja realizado em relação às dimensões, às espécies, aos defeitos, entre outros, visto que os tipos e volumes de resíduos são bastante diferenciados. A partir da separação e classificação dos resíduos pode-se, então, viabilizar e otimizar a aplicação dos mesmos.

A madeira é uma matéria-prima comumente utilizada na confecção de instrumentos musicais, como violão e guitarras, a qual exerce grande influência sobre o timbre final do instrumento, inexistindo materiais com características sonoras semelhantes (FERNANDES, 2004).

Baseada nesta informação, renomadas indústrias de instrumentos seguem um arcaico tradicionalismo na escolha das espécies de madeira (OLIVEIRA, 1984), às quais estão quase extintas devido ao uso incessante.

Apesar do grande número de espécies brasileiras, apenas o mogno, cedro e jacarandá são comumente utilizados. A resistência pela mudança de matéria-prima é originada principalmente por parte dos consumidores, que exigem espécies já consolidadas (PIERCE, 2002 apud LONGUI, 2005).

Segundo Fernandes (2004), a fabricação de guitarras pode ser uma alternativa rentável pela utilização de outras madeiras. Além disso, o resultado final pode ser muitas vezes superior em relação ao padrão atual.

Os principais componentes e partes deste instrumento podem ser visualizados na Figura 1.



Figura 1. Componentes e partes da guitarra elétrica confeccionada.
Figure 1. Components and parts of the electric guitar manufactured.

A decisão da escolha da guitarra elétrica foi devido a sua menor dependência acústica (ausência de caixa de ressonância, como no caso do violão) da madeira, facilidade de produção e pela possibilidade de uma maior agregação de valor.

A guitarra elétrica confeccionada possui toda sua estrutura em madeira maciça, sendo que os componentes eletroeletrônicos presentes são responsáveis pela captação e propagação do som em caixas acústicas.

O objetivo deste trabalho foi verificar se resíduos de madeira são passíveis de serem empregados na confecção de guitarras elétricas assegurando-as boas qualidades estruturais e sonoras.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, baseado nos princípios do Eco-Design (produtos economicamente, culturalmente e socialmente corretos) foi confeccionada uma guitarra elétrica utilizando-se alguns materiais descartados (resíduos de pinus, ipê, jatobá e cupiúba). Procurou-se demonstrar principalmente o aproveitamento de resíduos madeireiros como fonte alternativa de matéria-prima de qualidade.

Todo desenvolvimento e confecção do instrumento foi realizado no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) do campus da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Itapeva.

A confecção do instrumento seguiu a metodologia proposta por Waring e Raymond (2001), os quais trazem detalhes importantes para confecção de instrumentos.

Na confecção da guitarra foram utilizados como matéria-prima exclusivamente resíduos de madeira de diversas origens.

Inicialmente, de posse das dimensões necessárias para os componentes do instrumento, foram coletados resíduos domésticos e industriais com potencial de uso. Essa coleta foi realizada em três cidades (Itapeva/SP, Itu/SP e Sénges/PR), sendo que todo o material recolhido foi armazenado e, posteriormente, selecionado visualmente no LPM.

Posteriormente, por meio de um estudo prévio da literatura, foi possível apontar quais as principais características das madeiras disponíveis e, a partir desta análise, avaliar em que componentes do instrumento essas madeiras seriam melhor empregadas, objetivando maior aproveitamento de suas qualidades (maciez, textura, desenho etc.). Por fim, foram selecionadas quatro peças de madeira do volume total de resíduos coletado.

A identificação das madeiras foi assegurada junto ao Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Itapeva e do Centro de Tecnologia de Recursos Florestais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Visando a complementação da caracterização dos resíduos utilizados e buscando uma comparação com a literatura, foram realizados ensaios físicos (densidade básica e estabilidade dimensional) e também ensaios mecânicos (compressão e cisalhamento paralelo às fibras) para as madeiras utilizadas na confecção do corpo e braço da guitarra.

Os testes de caracterização física foram realizados no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) do campus da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Itapeva, enquanto que os testes mecânicos foram realizados no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). Todos os ensaios foram realizados segundo as recomendações da norma NBR 7190/1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997).

Os respectivos ensaios foram realizados levando-se em conta dois aspectos: importância destes dois componentes no que tange aos esforços a que serão submetidos e limitação dimensional dos outros resíduos que compõem a escala e escudo (impossibilidade de retirada de corpos-de-prova normatizados).

Ao longo de toda a construção do instrumento trabalhou-se com a necessidade de adequações construtivas que viessem a suprir determinadas “deficiências”, oriundas das espécies aproveitadas (já que não são comumente empregadas para esta finalidade). Sabendo-se destas limitações trabalhou-se neste experimento de modo a aproveitar as melhores características intrínsecas de cada espécie, mesmo conhecendo-se que as mesmas não apresentavam, teoricamente, todas as qualidades requeridas ao fim desejado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção e identificação das quatro madeiras utilizadas resultaram na seguinte classificação:

- Braço: foi trabalhado em uma viga de demolição de cupiúba (*Goupia glabra* – Figura 2a), proveniente de sobras de uma antiga estrutura de cobertura. Sua aplicação neste componente se deve principalmente a sua elevada densidade

aparente (à umidade de equilíbrio do ambiente) e provável resistência a esforços mecânicos, como por exemplo, esforços de flexão.

- Escala: confeccionada com uma peça de ipê (*Tabebuia* spp. – Figura 2b) que realizava a sustentação de uma fôrma para concreto. Seu desenho, cor, textura, dureza e densidade foram os itens que a levaram a ser utilizada neste componente.

- Corpo: usinado a partir de um painel EGP (*Edge Glued Panel* – Painel Colado Lateralmente), constituído de sarrafos de *Pinus taeda* (Figura 2c), o qual foi coletado do refugo da linha de produção de uma indústria de móveis para exportação. Este painel se trata de um derivado de madeira, sua fabricação consiste na colagem com adesivo PVA dos sarrafos de madeira a um teor de umidade de 8%. A excessiva facilidade de usinagem desta madeira foi o item decisivo para sua aplicação como corpo da guitarra.

- Escudo: a madeira utilizada para a fabricação do escudo fazia parte de um resíduo (sobras de destopo) de casas pré-fabricadas de jatobá (*Hymenaea* sp.- Figura 2d). A cor e desenho do Jatobá foram os critérios que a qualificaram para a confecção do escudo.

Com relação à caracterização mecânica e física de duas das espécies utilizadas (pinus e

cupiúba), tem-se os resultados apresentados nas Tabelas 1e 2, respectivamente. Todos os ensaios foram realizados com seis repetições.

A seguir serão apresentadas considerações pertinentes a cada um dos resultados obtidos para cada madeira.

A densidade aparente a partir da umidade de equilíbrio da madeira de pinus utilizada em forma de painel apresentou um valor final de 567 kg/m³. Essa densidade está em conformidade com os valores propostos para a madeira por Fernandes (2004), que variaram de 370 a 630 Kg/m³, para a confecção de corpos de guitarra.

Outro parâmetro utilizado como indicador de qualidade da madeira além da densidade foi o fator de anisotropia, o qual é dado pela razão entre a contração tangencial e a contração radial dos planos de uma peça de madeira.

O fator de anisotropia determinado para o pinus foi de 1,31, cujo valor foi relativamente baixo, o que pode ser explicado por se tratar de madeira já seca em estufa. Este valor está próximo dos valores de fator de anisotropia das madeiras comumente utilizadas para esta finalidade, como por exemplo, a madeira de mogno, que apresenta fator de anisotropia médio de 1,41 (ZENID, 2002). Como o pinus apresentou

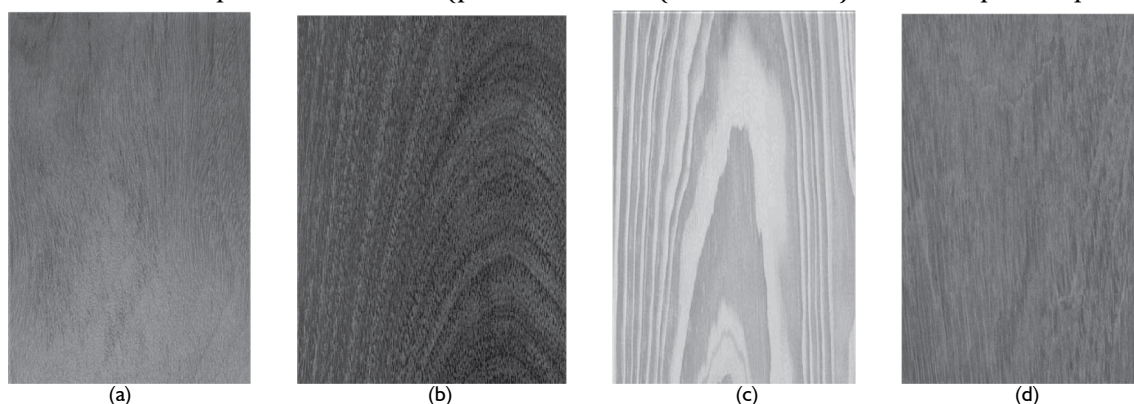


Figura 2. Imagens das faces tangenciais das madeiras utilizadas. (a) cupiúba, (b) ipê, (c) pinus e (d) jatobá (ZENID, 2002).

Figure 2. Tangential surface views of the woods used. (a) cupiúba, (b) ipê, (c) pinus e (d) jatobá (ZENID, 2002).

Tabela 1. Resultados dos ensaios mecânicos das madeiras de pinus e cupiúba.

Table 1. Results of the mechanical tests of the pinus and cupiúba woods.

| Propriedade | Parâmetro | Espécie | | |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| | | pinus | cupiúba | |
| Cisalhamento paralelo às fibras | f_v (MPa) | Média (μ) | 9,7 | 17,5 |
| | | Desvio padrão (σ) | 1,0 | 3,9 |
| | | Valor-P* | 0,64 | 0,83 |
| Compressão paralela às fibras | f_{co} (MPa) | Média (μ) | 33,8 | 61,8 |
| | | Desvio padrão (σ) | 1,6 | 0,77 |
| | | Valor-P* | 0,052 | 0,44 |
| | | Classe | C-30 ^c | C-60 ^d |
| E_{co} (MPa) | Média (μ) | 11185,8 | 18923,4 | |
| | Desvio padrão (σ) | 1788,0 | 2081,9 | |
| | Valor-P* | 0,27 | 0,086 | |

f_v – resistência ao cisalhamento paralelo às fibras; f_{co} – resistência à compressão paralela às fibras; E_{co} – módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras; ^c - Conífera; ^d - Dicotiledônea; *P > 0,05 – A distribuição dos dados observados não difere da distribuição normal ($\alpha=0,05$ – significância de 5%), para o teste de Shapiro-Wilk;

Tabela 2. Resultados dos ensaios físicos das madeiras de pinus e cupiúba.
Table 2. Results of the physical tests of the pinus and cupiúba woods.

| Propriedade | Parâmetro | Espécie | |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|
| | | pinus | cupiúba |
| Densidade (kg/m ³) | Média (μ) | 567,3 | 739,9 |
| | Desvio padrão (σ) | 10,4 | 23,3 |
| | Valor-P* | 0,88 | 0,053 |
| Retração (%) | Longitudinal | Média (μ) | 0,31 |
| | | Desvio padrão (σ) | 0,18 |
| | | Valor-P* | 0,091 |
| | Radial | Média (μ) | 4,5 |
| | | Desvio padrão (σ) | 0,90 |
| | | Valor-P* | 0,79 |
| Tangencial | Média (μ) | 5,9 | |
| | Desvio padrão (σ) | 0,82 | |
| | Valor-P* | 0,23 | |

*P > 0,05 – A distribuição dos dados observados não difere da distribuição normal ($\alpha=0,05$ – significância de 5%), para o teste de Shapiro-Wilk;

boa qualidade neste quesito, tem-se que o painel utilizado como corpo da guitarra, considerando sua variação dimensional, não tornou-se crítico no que tange à influência na qualidade do instrumento. Esta qualidade é reforçada por se tratar de um painel classificado como “clear”, cuja constituição exige a ausência de nós.

Com relação aos aspectos mecânicos o valor médio da resistência ao cisalhamento do pinus na direção das fibras foi de 9,7 MPa, valor este ligeiramente maior quando comparado ao valor estabelecido pela NBR 7190/1997 que é de 7,7 MPa. Contudo pode-se constatar que essa superioridade foi devida a resistência da linha de cola do painel.

A partir do resultado da resistência do pinus à compressão paralela, 33,8 MPa, foi possível classificar esta madeira como sendo de C-30. O módulo de elasticidade obtido, neste caso foi de 11185,8 MPa. Ambos os resultados se encontraram um pouco abaixo do valor médio indicado na norma (f_{co} 44,4 MPa e E_{co} 13304 MPa) para esta espécie. Porém, como o material utilizado se tratava de um painel, o comportamento foi bastante diferenciado de uma peça sólida de madeira.

Vale aqui ressaltar que o painel EGP foi caracterizado segundo a norma NBR 7190/1997, devido à inexistência de documentos normativos nacionais para caracterização deste tipo de derivado de madeira.

A madeira de cupiúba usada na confecção do braço apresentou-se acima da faixa indicada por Fernandes (2004) quanto à densidade, estabelecida entre 460 a 630 kg/m³. Já o fator de anisotropia calculado foi de 1,32 (a literatura reporta valores de 1,89 - ZENID, 2002). O valor ficou próximo ao valor encontrado para madeiras tradicionalmente utilizadas para o braço, como, por exemplo, o cedro, que apresenta coeficiente de retratibilidade médio de 1,55 (ZENID, 2002),

indicando que esta peça foi adequada para a composição do braço da guitarra.

O intervalo recomendado por Fernandes (2004) com relação ao módulo de elasticidade na compressão paralela, variando de 6600 MPa até 15300 MPa são considerados aconselhados, haja vista os esforços a que o braço será submetido.

Em relação aos ensaios mecânicos realizados com a madeira do braço, os valores médios f_v , f_{co} e E_{co} foram superiores aos valores apresentados pela norma de estruturas de madeira ($f_v=10,4$ MPa, $f_{co}=54,4$ MPa e $E_{co}=13627$ MPa).

A análise comparativa entre as madeiras de cupiúba e pinus sob a ação de compressão paralela às fibras em seu regime elástico (valores médios observados durante os ensaios) pode ser visualizada na Figura 3.

Para fins práticos, pode-se considerar a resistência do pinus como limitante entre o conjunto braço-corpo no trabalho de flexão – decorrente do tensionamento das cordas para afinação do instrumento – uma vez que a conífera é mais frágil. Entretanto, as espécies utilizadas na confecção da guitarra se comportaram de maneira adequada para o nível de afinação padrão de instrumentos de cordas, cuja recomendação é que a nota “Lá (A)” tenha frequência de vibração de 440 Hz. Deste modo, tem-se que para o nível de solicitação de flexão a que o braço da guitarra é submetido quando a guitarra é afinada em 440 Hz, o instrumento é resistente e rígido o suficiente para manter a afinação constante.

As madeiras de jatobá e ipê não foram caracterizadas em função da indisponibilidade de peças para retirada dos corpos-de-prova normatizados. Sendo assim, foram admitidos os valores propostos pela NBR 7190/1997. O escudo em uma guitarra elétrica comercial raramente é confeccionado em madeira, mas sim, em materiais sintéticos, não existindo, portanto, padrões para efeito de comparação.

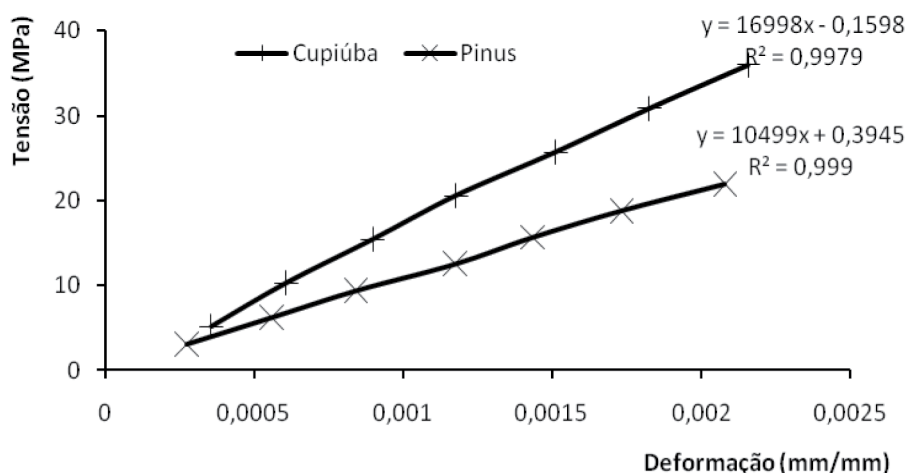


Figura 3. Gráfico da tensão vs. deformação para as duas espécies ensaiadas mecanicamente sob ação de compressão paralela às fibras.

Figure 3. Stress-strain diagram for the two species mechanically tested under action of parallel compression to the fibers.

Para a fabricação da escala neste tipo de instrumento, utilizam-se, em função de questões estéticas, madeiras claras e escuras. Para madeiras escuras, como é o caso do ipê, Fernandes (2004) recomenda densidades desde 570 até 1020 kg/m³, e durezas Janka entre 6640 a 13770 N. Segundo Zenid (2002), o valor médio da densidade do ipê e sua respectiva dureza são: 840 kg/m³ e 10807 N, atendendo a ambos os critérios recomendados para a fabricação da escala.

Outras características sobre as madeiras utilizadas, que foram observadas durante as atividades de confecção do instrumento, podem ser conferidas na Tabela 3.

Como verificado nos resultados anteriormente apresentados, a madeira de pinus é de maior fragilidade, contudo esta espécie foi aplicada em um componente cuja exigência mecânica é significativa. Para contornar esta limitação, com relação aos pinos (parafusos) utilizados, optou-se por maiores comprimentos e diâmetros, principalmente, para a fixação da ponte, prevenindo um possível excesso embutimento e consequente perda da afinação do instrumento. Ainda sobre o corpo, sabe-se que a região de ligação entre este e o braço é bastante exigida. Para evitar possíveis falhas na madeira de pinus, a área de interligação corpo-braço foi ampliada, garantindo melhor interação entre as espécies por meio da colocação de parafusos.

Já o jatobá (caracterizado por alta densidade e dureza) foi acomodado sobre o pinus na condição de escudo, protegendo a madeira do corpo de possíveis deformações geradas por esmagamentos, como por exemplo, decorrentes das tensões das cordas à ponte.

Detalhes e adequações na fabricação de instrumentos possibilitam a utilização de madeiras com características tidas até mesmo como desfavoráveis para este uso, sendo isso demonstrado neste experimento. Com relação à qualidade musical do instrumento confeccionado, o resultado, segundo um musicista do conservatório de Tatuí, foi surpreendente, caracterizando o instrumento como de ótima sonoridade.

Quanto às vantagens econômicas da utilização de resíduos, pode-se realizar um breve estudo: No caso do descarte de pinus, que certamente transformar-se-ia em cavacos para queima, conseguir-se-ia agregar um valor de aproximadamente R\$ 0,17 para o painel utilizado como corpo (dadas suas dimensões), uma vez que o valor de comercialização de cavacos na região de Itapeva gira em torno de R\$ 40,00/m³. Deste raciocínio, pode-se, implicitamente, concluir que há maior agregação de valor aos resíduos quando empregados como matéria-prima para fins mais nobres, pois matérias-primas a preços tão reduzidos não são encontradas no mercado.

Tabela 3. Características sobre as madeiras utilizadas na fabricação do instrumento.

Table 3. Characteristics about the wood used in the production of the instrument.

| Características gerais das madeiras utilizadas | |
|--|---|
| Pinus | Enorme facilidade a qualquer tipo de usinagem, porém sua excessiva maciez torna-a muito susceptível a esmagamentos em sua superfície. |
| Cupiúba | Odor forte característico e excepcional trabalhabilidade manual, proporcionando acabamento fino. |
| Ipê | Elevada densidade, textura fina e desenhos bastante característicos, apresentando grande resistência ao esmagamento e ao desgaste por abrasão |
| Jatobá | Odor também marcante, de difícil usinagem e com suscetibilidade ao fendilhamento |

CONCLUSÕES

Com o emprego de resíduos de madeira na confecção do instrumento foi possível verificar que este tipo de material pode ser empregado de forma equiparável com o material virgem.

Visto o potencial das madeiras utilizadas neste estudo, é possível a substituição das madeiras ditas tradicionais pelas estudadas mediante pequenos ajustes.

A partir da caracterização físico-mecânica pode-se observar que os resíduos apresentaram propriedades satisfatórias para o emprego na produção de instrumentos musicais, em específico de uma guitarra elétrica. Verifica-se ainda que tais resíduos poderiam ser utilizados para outras finalidades, haja vista os resultados da caracterização realizada.

É possível a concepção de um produto com maior valor agregado mesmo utilizando-se resíduos, ampliando-se assim a gama de possibilidades de aproveitamento em produtos madeiros.

A qualidade do instrumento produzido, em relação ao acabamento e design, pode ser comparada ao mesmo nível de instrumentos industrializados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos Juliano Brito, técnico do Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira, campus de Itapeva que auxiliou em todo desenvolvimento do produto e aos técnicos Aparecido, Jaime e Silvio do LaMEM, USP/ São Carlos pela realização dos ensaios de caracterização da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR – 7190 - Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.

BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P.D.M.; ABREU, A.G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. Ambiente Construído. Revista on-line da ANTAC, Porto Alegre, v.8, n.3, p.65-76, 2008.

BONDUELLE, A.; YAMAJI, F.; BORGES, C. C. Resíduo de *Pinus* - Uma fonte para novos produtos. Revista da Madeira, Curitiba, n.68, p.156-158, 2003.

CAMPOS, C.I.; LAHR, F.A.R. Utilização de resíduos de processamento da madeira na fabricação de MDF (Medium Density Fiberboard). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, Uberlândia, 8., 2002, Uberlândia. Anais... Uberlândia: EBRAMEM, 2002. p.1-9. (CD-ROM).

CASTRO NETO, P.P. Resíduos sólidos industriais. São Paulo: CETESB, 1985. 182 p. (Série ATAS).

DIAS, N.A.B. Aproveitamento de resíduos de *Pinus* sp. para produção de chapas de partículas de três camadas com utilização de adesivo poliuretano à base de mamona. 2008. 87p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeiros) - Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2008.

FAGUNDES, H.A.V.; HASELEIN, C.R.; BONIN, L.C. Redução de perdas e aproveitamento de resíduos para a produção de madeira serrada de melhor qualidade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. Anais... São Pedro: EBRAMEM, 2006. (CD-ROM).

FERNANDES, G. A. Avaliação de madeiras brasileiras para utilização em guitarras elétricas. 2004. 41p. Monografia (Graduação em Engenharia florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, M. M. Dicionário Houaiss da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922p.

LONGUI, E. L. Pau-Brasil e outras espécies nativas empregadas na fabricação de arcos para instrumentos de corda: um estudo comparativo. 2005. 81p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, L.C.S. Aspectos gerais sobre a secagem de madeiras para a fabricação de instrumentos musicais. São Paulo: IPT, 1984. (Comunicação Técnica IPT 242. Publicação 1471)

SILVA, C. A. P. Linha Redonda - Um exemplo de uso racional da madeira. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 1., 2002, Brasília. Anais... Brasília, 2002.

- SOUSA, A. A. C.; MACEDO, N. A.; POMPEU, B. B. Aproveitamento de resíduos da indústria madeireira para uso em chapas de cimento-madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Embramem, 2006. (CD-ROM).
- TEIXEIRA, M. G.; CÉSAR, S. F; Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro: EBRAMEM, 2006. (CD-ROM).
- ULIANA, L. R.; NOLASCO, A. M. Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro: EBRAMEM, 2006. (CD-ROM).
- VIEIRA, R. S.; LIMA, J. T.; RICARDO, P.; HEIN, G.; SILVA, J. R. M. Determinação do volume de serragem produzido durante o desdobro de toras de *Eucalyptus* e do coeficiente de expansão da serragem. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro: EBRAMEM, 2006. (CD-ROM).
- WARING, D; RAYMOND, D. **Make your own electric guitar & bass.** New York: Sterling Publishing Co., 2001. 94p.
- ZENID, G. J. **Madeiras para móveis e construção civil.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2002. CD ROM.

Recebido em 10/06/2010
Aceito para publicação em 04/04/2011