**PROCESSO DE COLAGEM DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO
DA CAIXETA - *Tabebuia cassinioides* - Lam. DC., PARA A
PRODUÇÃO DE PEQUENOS OBJETOS DE MADEIRA**

PATRÍCIA SILVA DE AZEVEDO

Desenhista Industrial

Orientador: Prof. Dr. **MÁRCIO AUGUSTO RABELO NAHUIZ**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, Área de Concentração: Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais.

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

Fevereiro - 2002

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Azevedo, Patrícia Silva de
Processo de colagem dos resíduos do processamento da caixeta – *Tabebuia cassinioides* – Lam. DC., para a produção de pequenos objetos de madeira / Patrícia Silva de Azevedo. - - Piracicaba, 2002.
49 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.
Bibliografia.

1. Árvores florestais 2. Caixeta 3. Colagem 4. Produtos derivados da madeira 5.
Resíduos agrícolas I. Título

CDD 634.98

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico
aos meus pais

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de pleno amor e sabedoria, por Sua presença em todos os meus passos;

Aos meus pais, Paulo Alexandrino M. de Azevedo e Marileide Aquino Silva de Azevedo, por todos os ensinamentos repassados durante todos esses anos , bem como o amor e carinho;

Aos meus irmãos, Paulo Alexandrino Silva de Azevedo e Ana Paula Silva de Azevedo, pelo companheirismo e amizade;

A Profa. Ms. Leila do Vale Monteiro, pela amizade e incentivo em desenvolver trabalhos de pesquisa;

Ao Prof. Dr. Márcio Augusto Rabelo Nahuz, orientador e amigo, pelo apoio, preocupação e estímulo na realização deste trabalho;

A Profa. Dra. Adriana Maria Nolasco, orientadora e amiga, pelo incentivo e auxílio constante;

Ao Prof. José Nivaldo Garcia, pelos ensinamentos e pela disponibilização do Laboratório de Ensaaios Mecânicos;

Ao Técnico Luís Fernando Facco pela amizade e auxílio no manuseio dos equipamentos;

A CAPES , pela concessão de uma bolsa de estudos;

A Indusparquet, especialmente ao Eng. Florestal Marcus Ducatti, pelo fornecimento de amostras da cola de PVA;

Aos funcionários da Serraria ESALQ/USP, pela colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho;

Aos colegas do Departamento de Ciências Florestais, especialmente aos ingressados no ciclo de 2000 , que direta ou indiretamente colaboraram para a concretização deste trabalho.

À todos que colaboraram e que tiveram seus nomes aqui omitidos;

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Resíduos madeireiros	3
2.2 Aproveitamento de resíduos madeireiros.....	4
2.3 Aproveitamento de madeira para POM	5
2.4 A caixeta – <i>Tabebuia cassinioides</i> Lam. DC	6
2.4.1 Características da madeira de caixeta.....	8
2.4.2 Os resíduos do processamento da caixeta.....	11
2.4.2.1 Volume e características.....	11
2.4.2.2 Minimização dos resíduos e aproveitamento.....	13
2.5 Incorporação do <i>design</i> em pequenos objetos de madeira.....	14
2.6 Processo de colagem	16
2.6.1 Adesão	17
2.6.2 Adesivos	20
2.6.2.1 Adesivos naturais	20
2.6.2.1.1 Outros adesivos naturais	21
2.6.2.2 Adesivos sintéticos	21
2.6.2.2.1 Adesivos de contato	23
2.6.2.2.1 Adesivos de PVA	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Levantamento Bibliográfico.....	27
3.2 Identificação anatômica da caixeta	27

3.3 Identificação da cola mais adequada para uso	28
3.4 Levantamento dos resíduos madeireiros de caixeta.....	29
3.5 Confeção dos corpos de provas e ensaios mecânicos.....	29
3.6 Delineamento experimental	32
3.7 Determinação do processo de colagem.....	32
3.8 Desenvolvimento do projeto de produto.....	33
3.9 Execução de modelos dos produtos de caixeta.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Análise anatômica da Caixeta	34
4.2 Processamento de colagem da caixeta	36
5 CONCLUSÕES	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Localização da mata atlântica e situação atual.....	1
2	Árvore de caixeta – <i>Tabebuia cassinioides</i> Lam. DC.	7
3	Características das áreas de caixetais	8
4	Resíduos do processamento da caixeta	12
5	Objetos confeccionados de caixeta	14
6	Corpo – de – prova para ensaio de cisalhamento na lamina de cola	30
7	Corpo – de – prova para tração da lamina de cola normal as fibras da madeira	30
8	Adaptação à norma brasileira	30
9	Estruturas Macroscópicas da caixeta	34
10	Estruturas microscópicas da caixeta	35
11	Ruptura da madeira nos anéis de crescimento	36
12	Gráfico comparativo de pressão dos ensaios de cisalhamento	38
13	Gráfico comparativo da interação dos fatores de quantidade de cola e tempo de cura	40
14	Projetos de produtos de caixeta.....	44

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Propriedades físicas e mecânicas da caixaeta.....	10
2 Volume dos resíduos do processamento da caixaeta	12
3 Características, propriedades e usos dos principais adesivos naturais	21
4 Características, propriedades e usos dos principais adesivos sintéticos	22
5 Análise dos resultados dos ensaios mecânicos	37
6 Análise do teste tuckey à 5%	38
7 Identificação e classificação do artesanato produzido de caixaeta	42

**PROCESSO DE COLAGEM DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA CAIXETA
– *Tabebuia cassinioides* – Lam. DC., PARA A PRODUÇÃO DE PEQUENOS
OBJETOS DE MADEIRA.**

Autora: PATRÍCIA SILVA DE AZEVEDO

Orientador: Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUIZ

RESUMO

Este trabalho tratou do estudo para determinação dos tipos de cola e processos de colagem mais adequados para o aproveitamento de resíduos provenientes do desdobramento da caixeta (*Tabebuia cassinioides* - Lam. DC), para a produção de pequenos objetos de madeira, utilitários e de decoração. Desenvolvido a partir do projeto temático de pesquisa “Manejo Integrado e Sustentável de Florestas de Caixeta no Vale do Ribeira – SP”, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Florestais, e financiado pela FAPESP, foram caracterizados e quantificados, os principais tipos de resíduos do processamento da caixeta. Iniciou-se, então pesquisas para viabilizar o aproveitamento destes resíduos, que apresentam valores econômicos em potencial, e que atualmente são utilizados apenas ocasionalmente como fonte de energia (lenha e cavaco). Através de novos conceitos estéticos, funcionais e técnico-construtivos, buscou-se novas possibilidades de aproveitamento dos resíduos de caixeta, que representam cerca de 60% da madeira em tora processada. Sendo uma das alternativas de aproveitamento, pesquisas para a determinação das colas e processos de colagem mais adequados, realizando os seguintes ensaios: (i) resistência mecânica nas juntas das peças coladas, pela norma brasileira NBR 7190/1997, de cisalhamento e tração da lâmina de cola; (ii) tempo de cura da cola; (iii) pressão necessária a ser aplicada na união; e (iv) quantidade ideal de cola. Foram analisadas colas de PVA e de contato, material de fácil acesso no mercado local, já

utilizados pelos artesãos. Após a finalização dos estudos de colagem, foram desenvolvidos novos produtos utilizando os resíduos da caixeta para produção de objetos de decoração e escritório.

ADHESION OF PROCESSING OF CAIXETA (*Tabebuia cassinioides* Lam. DC.) RESIDUES FOR PRODUCTION OF SMALL OBJECTS OF WOOD.

Author: PATRICIA SILVA DE AZEVEDO

Adviser: Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUZ

SUMMARY

This work deals with the determination of the glue types and glueing processes most appropriate for use with the residues generated in the mechanical processing of Caixeta (*Tabebuia cassinioides* Lam. DC.) for the production of small wood objects, for both decoration and general utility. Developed from the thematic research project "Sustainable Integrated Management of Caixeta in the Ribeira Valley – São Paulo", developed by the Department of Forest Sciences, and funded by FAPESP, the main types of residues of the processing of caixeta were characterized and quantified. Studies were then started to determine feasible uses for those residues which have a potential value but are at present used only as a source of energy, firewood and charcoal, produced by the "caiçaras" (seaside inhabitants) communities of the municipality of Iguape. Through new concepts, of aesthetic, functional and technical-constructive nature, new possibilities of use of the caixeta residues, which represent up to 60% of the wood of the processed log will be prospected. Being one of the alternatives, researches to determine which glues and processes are more appropriate the following tests will be carried out: (i) mechanical resistance of the glue of wood pieces, according to the Brazilian standard NBR 7190/1997, to shear and tension; (ii) cure time of the glue; (iii) the required pressure to be applied on the joint; and (iv) the ideal amount of glue. PVA and contact adhesives will be analyzed, these being materials easy to find on the local market, and which are already in use by the artisans. Following the adhesion studies, new products for decoration and office, will be developed using the residues of caixeta.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material utilizado pelo homem desde os primórdios na fabricação de armas, remédios, utensílios domésticos, construção de casas, móveis, pontes, embarcações, entre outros.

Com o avanço tecnológico, a exploração indiscriminada desse material abundante e de fácil processamento tomou grandes proporções, causando sérios danos ambientais, sendo atualmente alvo de inúmeras discussões mundiais para a conscientização do uso racional dos recursos naturais.

No Brasil, um exemplo dessa devastação é a Floresta Atlântica, que originalmente cobria cerca de 12% do território brasileiro, ocupando todo o Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, bem como parcelas significativas de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e parte litorânea da região nordeste (Figura 1). Desse imenso conjunto florestal, com 1.000.000 km², restam apenas 9% de sua extensão original, apresentando atualmente uma área de 120.000 km² (www.sosmatatlantica.com.br – 08/11/2001).

Fonte: www.sosmatatlantica.org.br.

Figura 1 - Localização da Mata Atlântica e situação atual.

Uma das muitas espécies de madeira encontradas na mata atlântica é a *Tabebuia cassinioides*, conhecida popularmente de caixeta. Esta madeira durante a década de 50, no Vale do Ribeira foi utilizada para a produção industrial de lápis, representando à comunidade caixeteira do litoral sul do estado de São Paulo, fonte de renda e geração de empregos, entretanto no início da década de 70 a matéria-prima para a fabricação de lápis foi substituída pelo pinus devido ao rápido crescimento da demanda interna e externa por lápis, restringindo o uso da caixeta. A decadência da atividade com produtos de caixeta teve início na década de 80, com a proibição da colheita em 1989, devido a intensa extração da madeira, ocasionando o fechamento da maioria das serrarias e o afastamento de cerca de 250 pessoas ligadas ao processamento e colheita da caixeta, somente no município de Iguape (Nolasco,2000).

Mesmo com a diminuição da atividade industrial da caixeta, a madeira ainda vem sendo processada e comercializada, contudo tal processamento ocorre de forma ineficiente, gerando uma grande quantidade de resíduos madeireiros não utilizados.

Como alternativa para viabilizar a otimização desse processo utilizou-se os resíduos do beneficiamento da madeira para a produção de produtos na linha de decoração e escritório, incorporando métodos de colagem de madeira para redimensionar as sobras da caixeta, direcionando a uma padronização no manuseio dos materiais e equipamentos.

Este estudo buscou ainda proporcionar à comunidade caixeteira do município de Iguape, a auto sustentação econômica através da agregação do valor estético às peças produzidas e do desenvolvimento das técnicas de colagem para o reaproveitamento dos resíduos madeireiros do processamento mecânico da madeira de caixeta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos madeireiros

A colheita e transformação da madeira bruta, na forma de toras, em produtos processados de madeira, geram uma grande quantidade e diversidade de resíduos. Estes resíduos são materiais madeireiros, não utilizados devido a limitações tecnológicas ou restrições do mercado (Rodrigues, 1992).

O Brasil tem uma participação expressiva na produção mundial de madeira serrada com 11,3% para madeiras tropicais e 8,1% para chapas duras. Com esta produção e uma eficiência em torno de 50%, as indústrias geram nada menos que outros 11,25 milhões de toneladas de resíduos, incluindo pó-de-serra, costaneiras, pontas, lascas, cascas e maravalhas. Apenas o pó-de-serra gerado anualmente seria suficiente para encher completamente três estádios de futebol do tamanho do Maracanã no Rio de Janeiro (Souza, 1997).

Para as indústrias, os resíduos sempre representaram um problema com custos econômicos, ambientais e sociais. Historicamente, as soluções para os problemas de eliminação dos resíduos constituíam em queimá-los, dispersá-los no meio e afastá-los do local onde eram gerados. A partir da década de 80 alguns fatores contribuíram para que essa postura começasse a mudar, dentre eles: o aumento da consciência ambiental; as mudanças de hábitos de consumo; o crescimento dos movimentos ecológicos; a organização mundial em torno dos problemas ambientais comuns; o aprimoramento da legislação ambiental no Brasil, entre outros (Nolasco, 2000).

Na colheita os resíduos madeireiros podem ser compostos por galhos, copas, árvores mortas, árvores fora dos padrões comerciais abatidas acidentalmente, touças, cascas, raízes, toras danificadas, toras abandonadas ou não encontradas na extração, entre outros. Os resíduos não madeireiros são: folhagem, os ramos mais finos e as espécies não madeireiras danificadas ou mortas em decorrência da colheita florestal (Nolasco, 2000).

A composição, quantidade, sazonalidade e dispersão espacial dos resíduos dependem das práticas de colheita adotadas, das características inerentes à espécie e das especificações de qualidade da madeira, determinadas para o tipo de produto ao qual se destina.

Os resíduos do processamento se referem as sobras provenientes dos equipamentos de serraria, quando transformam a madeira na forma de tora em vigas, pranchas, caibros, tábuas, etc. São considerados resíduos do processamento: costaneiras, serragem, cavacos, aparas, pontas e peças descartas no controle de qualidade.

2.2 Aproveitamento de resíduos madeireiros

Os resíduos são utilizados em todo o mundo de várias formas: na fabricação de pequenos objetos e utensílios tais como brinquedos, artigos de copa/cozinha, cabos de ferramentas, artigos esportivos, decorativos e de recreação; produção de chapas de partículas de diferentes composições; cama para aviário, currais e estábulos; compostagem para adubação e complemento orgânico para o solo; produção de fibras para diversos fins, tais como chapas, isolamento termo-acústico, papel, papelão; produção de pacotes (*"mulch"*) para contenção de encostas; energia obtida de diversas formas tais como por queima direta, briquetes de madeira, carvão vegetal, briquetes de carvão e paletes; ou na obtenção de matéria-prima para indústria de tintas, vernizes, corantes, adesivos, e para a produção de enchimento para embalagens (Souza, 1997).

É indiscutível o papel da indústria madeireira na geração de empregos e riquezas para o país, mas esta indústria precisa com urgência se modernizar e se enquadrar nos novos padrões ambientais internacionais. Além da falta de eficiência, a indústria nacional ainda não sabe o que fazer com os seus resíduos. São dois problemas graves, interligados, que necessitam de investimentos em pesquisa e recursos financeiros para serem solucionados.

Com o desenvolvimento da consciência ecológica bem como com o aprimoramento da legislação ambiental, a procura por soluções para este problema tem aumentado. As indústrias madeireiras estão sendo forçadas a resolver o problema do resíduo que não poderá mais ser queimado ou despejado nos rios (Nolasco, 2000).

A possibilidade de aproveitamento de resíduos madeireiros de indústrias diversas em pequenos objetos de madeira - POM, destaca-se por ser uma atividade paralela, contribuindo para a linha de produção e otimização dos resíduos gerados, já

que a matéria-prima para esta atividade era descartada. Outro fator de muita importância está nas dimensões das peças, que por serem pequenas, não favorecem seu aproveitamento; entretanto, para a fabricação de POMs este não é um fator limitante (Souza, 1997).

A importância dos POMs como produto final se dá principalmente pela sua viabilidade econômica, pois a matéria-prima é abundante, de baixo custo e o produto pode ser bastante diversificado (IMAFLOA, 1997).

2.3 Aproveitamento de madeira para pequenos objetos de madeira - POM.

Os chamados Pequenos Objetos de Madeira - POM, constituem-se em quaisquer objetos de dimensões reduzidas que possam ter uso próprio, ou serem utilizados como componentes de outros objetos, como cabos de ferramentas, de vassouras, etc. (Pontes, 1991).

A produção de pequenos objetos de madeira é difícil, devido principalmente à grande variedade de modelos e tipos de produtos, não existindo no mercado máquinas específicas para cada tipo de produto. Entretanto esta variedade possibilita a criação diferenciada de objetos a partir das referências culturais e regionais, e da busca em modificar a estética dos produtos já conhecidos no mercado.

Nas últimas décadas, a indústria de pequenos objetos de madeira desenvolveu-se rapidamente, agregando valores estéticos e sistemas de produção eficientes, visando o mercado externo. Somente nas categorias de artigos domésticos e de decoração, os países desenvolvidos importaram em 1990 mais de US\$1,07 bilhões e os países em desenvolvimento, cerca de US\$ 693 milhões (Souza, 1997). Contudo a indústria brasileira ainda precisa se adequar às exigências externas não somente para a produção de pequenos objetos, mas principalmente aos sistemas de colheita e processamento, que geram grandes quantidades de resíduos madeiros.

Para viabilizar o aproveitamento dos resíduos, tanto na produção artesanal como na produção industrial de pequenos objetos, é necessária uma intervenção na qualidade dos produtos, já que esta é prioritária para sua entrada e permanência no mercado, como implementar programas de desenvolvimento de novos produtos e melhoria do *design* das peças, considerando os aspectos estéticos, funcionais, técnico-construtivos e culturais (Nolasco, 1999).

Embora, de forma geral, qualquer espécie de madeira possa ser utilizada para a fabricação de POM, naturalmente algumas propriedades são exigidas em menor ou

maior grau, dependendo do uso final a que se destina e do seu *design*. Dentre estas propriedades podem-se citar: textura, brilho, cor, odor, paladar, peso específico, teor de umidade, propriedades que tenham relação à temperatura, luz, eletricidade, colagem, acabamento, cisalhamento e tração, resistência das ligações com cola, pregos, parafusos e conectores, componentes químicos, preservação, durabilidade, trabalhabilidade, etc. (Rodrigues, 1996).

Uma espécie madeireira que apresenta boas características físicas e anatômicas, além da facilidade no manuseio é a *Tabebuia cassinioides*, vulgarmente conhecida por caixeta. Bastante utilizada para fabricação de lápis, a caixeta representou uma importante fonte de renda para os habitantes do litoral sul do estado de São Paulo, principais exploradores e beneficiadores desta madeira. Entretanto, pela escassez da espécie e as exigências do mercado pelo manejo sustentável, levou as empresas produtoras de lápis a buscar outras madeiras (Nolasco, 2001).

Mesmo com a perda de um dos seus principais mercados, a caixeta atualmente tem sido utilizada por artesãos e marceneiros, para produções em baixa escala de produtos artesanais ou peças sob encomenda, não reduzindo o problema de geração de resíduos.

2.4 A caixeta - *Tabebuia cassinioides* (LAM.) DC.

A caixeta - *Tabebuia cassinioides* (Lam.) DC é uma espécie da divisão das Angiospermas, Dicotyledoneae (folhosa) da família Bignoniaceae, conhecida por todo o litoral de São Paulo, recebendo outros nomes, como caxeta, malacacheta, tamanqueira, tabebuia, tabebuia do brejo, pau de tamanco, corticeira, pau caixeta, pau de viola, etc (Rizzini, 1971) (Figura 2).

Fonte: Lorenzi, 1992.

Figura 2 - Árvore de caixeta

É uma planta semidecídua, heliófila (pioneira), higrófila, característica de terrenos permanentemente úmidos ou alagadiços (Rizzini, 1971).

Os caixetais ocorrem naturalmente em florestas paludosas da Floresta Atlântica, em altitudes médias de 30 metros na região litorânea dos estados das regiões Sudeste e Sul do país. No estado de São Paulo concentra-se no Vale do Ribeira, principalmente nos municípios de Iguape, Sete Barras, Pariquera-açu e Registro (Marquesini, 1994).

A caixeta apresenta uma distribuição irregular, ocorrendo em agrupamentos densos e as vezes puros, de fisionomia característica, associada à taboa - *Typha domingensis* L. - que cobre totalmente a superfície do solo, o qual apresenta uma lâmina de água permanente, com profundidade média de 20 a 40cm, variando com o regime de chuvas (Inoue *et al.*, 1984) (Figura 3). Atinge altura de 5 a 12 m quando adulta, e 30 a 40 cm de diâmetro, com raízes aéreas na base do tronco. (Rizzini, 1971).

Fonte: Nolasco, 2000

Figura 3 - Características das áreas de caixetais

Historicamente, a produção de caixeta teve um caráter predatório, uma vez que a floresta não era manejada e os impactos ambientais não eram considerados. A partir de 1990 o Decreto Federal nº 99.547 proibiu a exploração de espécies nativas na Floresta Atlântica, fazendo com que a atividade fosse interrompida. Essa ação trouxe uma série de problemas sociais, especialmente na região de Iguape, onde a colheita e o processamento envolviam, na década de 80, cerca de 250 famílias (Viana *et al.*, 1994).

Em 1992, a Resolução nº 11/92 da Secretaria do Meio-Ambiente do Estado de São Paulo e o Decreto Federal nº 750/93 regulamentaram a exploração sustentada da caixeta.

Seu manejo é bastante promissor devido ao vigor da rebrota e à dominância da espécie no estrato arbóreo. Além disso, o manejo é realizado por populações locais e tradicionais que se beneficiam diretamente da atividade florestal e, quando comparado às demais alternativas econômicas de uso da terra nas regiões de ocorrência da espécie, especialmente em relação à pecuária (búfalos) e à agricultura (banana), mostrou-se uma atividade menos impactante (Viana *et al.*, 1994).

2.4.1 Características da madeira de caixeta

A caixeta é uma espécie, que fornece madeira branca, porosa, macia e muito leve (Tabela1), textura média, grã direita, superfície lisa, não rachando nem

empenando durante a secagem, e com alburno e cerne indistintos, com fibras grossas e retas. (Lorenzi, 1992).

Essas características indicam seu aproveitamento na produção de caixas finas, brinquedos, tamancos, saltos de sapatos, bóias, molduras para quadros, palitos de fósforos, peças de artesanato e pequenos objetos utilitários ou decorativos, entre outros. Sua alta permeabilidade a soluções preservativas e maciez ao corte, reafirma sua boa trabalhabilidade e aplicação como madeira para lápis. Apresentando ainda ótimas qualidades como componente de violas, violões, etc. Por apresentar baixa dureza, tem aplicação na fabricação de pranchetas (Mainieri, 1989). Deixa-se aplainar bem, possui bom lustro e aceita com facilidade o verniz e a pintura.

A madeira possui as seguintes características mecânicas relevantes: baixo limite de resistência quanto à compressão axial, a flexão estática, ao cisalhamento, a tração normal das fibras, ao fendilhamento e a elasticidade (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades Físicas e Mecânicas da Caixeta

CAIXETA- *Tabebuia cassinioides* – Lam. DC.

Propriedades Físicas*			Classificação
Massa específica aparente a 15% de umidade (g/cm^3)			0,39
Contrações (%) (do p.s.f. até 0% de umidade)	Radial		3,3
	Tangencial		5,9
	Volumétrica		10,0
	Coefficiente de retratibilidade volumétrica		0,34
Propriedades Mecânicas*			Classificação
Compressão Axial	Limite de resistência	Madeira verde	198
	(kgf/cm^2)		
		Madeira a 15% de umidade	278
Flexão Estática		Coefficiente de influência da umidade (%)	5,0
		Coefficiente de qualidade $\sigma/100D$ a 15% de umidade	7,2
		Limite de proporcionalidade – madeira verde (kgf/cm^2)	148
		Limite de resistência	442
		(kgf/cm^2)	
		Madeira a 15% de umidade	555
Choque (madeira seca ao ar)		Relação L/F - madeira verde	32
		Limite de proporcionalidade – madeira verde (kgf/cm^2)	194
		Trabalho absorvido (kgf.m)	0,94
		Coefficiente de resistência R	0,15
		Cota dinâmica R/D^2	0,97
Cisalhamento – madeira verde (MPa)			5,6
Dureza Janka - madeira verde (MPa)			19
Tração normal às fibras – madeira verde (MPa)			3
Fendilhamento – madeira verde (MPa)			0,47

(*)Testes segundo a Norma Brasileira MB-26/53-ABNT (NBR-6230/85 – INMETRO). Resultados médios de 1 árvore. Muito alta/alta/média/baixa/muito baixa.

Fonte: IPT - DIVISÃO DE MADEIRAS (1989)

2.4.2 Os resíduos do processamento da caixeta

2.4.2.1 Volume e características

O sistema tradicional de colheita e processamento da caixeta no Vale do Ribeira tem resultado na sub-utilização dos recursos madeireiros do caixetal, com geração de um grande volume de resíduos tanto nas florestas como nas serrarias (Nolasco,1997).

Através do projeto temático de pesquisa "Manejo Integrado e Sustentável de Florestas de Caixeta no Vale do Ribeira - SP", desenvolvido na ESALQ/USP, pelo Departamento de Ciências Florestais, e financiado pela FAPESP, foi realizado um estudo para determinação do volume e caracterização dos principais tipos de resíduos do processamento da caixeta para lápis, tamanco e artesanato.

A quantidade e tipos de resíduos variaram em função do tipo do produto para o qual a madeira foi processada.

Os fatores que determinam os tipos de resíduos do processamento são: (i) o tipo de produto para qual a madeira é processada (forma e dimensão do produto); (ii) o tipo de equipamento utilizado para o corte das peças (tipo e número de operações); (iii) o plano de corte para cada produto; (iv) e os padrões de qualidade estabelecidos para cada produto.

No caso da caixeta, os mais relevantes tipos de resíduos gerados no processamento da madeira são as costaneiras, aparas (composta pelas pontas, pedaços-cavacos), peças descartadas no controle de qualidade e serragem (Nolasco, 2000) (Figura 4).

Tabuinhas

pontas e lascas

Fonte: Nolasco, 2000

Figura 4 - Resíduos do processamento da caixeta

O volume total de resíduos gerados no processamento da caixeta para diferentes produtos, determinado por Nolasco (2000), foi:

Tabela 2 . Volume dos resíduos do processamento da caixeta.

Produtos	Perda de material (%)	Rendimento do processo (%)
Lápis (tabuinhas)	66,4	33,6
Tamanco	44,6	55,4
Artesanato	34,6	65,4

A produção de lápis e tamanco gerou maior quantidade de costaneiras. Para cada metro cúbico de madeira processada para lápis foi gerado $0,37 \text{ m}^3$ de costaneiras; para tamancos, $0,33 \text{ m}^3$; e para artesanato, $0,06 \text{ m}^3$.

O artesanato resultou em maior volume de aparas, $0,20 \text{ m}^3$ para cada metro cúbico de caixeta processada. Já o processamento para tamanco gerou, $0,05 \text{ m}^3$ e o de lápis $0,10 \text{ m}^3$.

Estas informações são fundamentais para se avaliar as alternativas de manejo dos resíduos. Em todos esses casos o resíduo não apresentou valor comercial, sendo cedido pela serraria como forma de redução do volume gerado.

2.4.2.2 Minimização dos resíduos e aproveitamento

Nas serrarias existe a percepção da perda de matéria-prima. Entretanto, não há nenhuma preocupação com relação ao manejo e aos impactos causados pela grande quantidade de resíduos, sendo comum estes serem comparados a lixo, depositados sobre o solo em áreas próximas, descartados nos rios, ou queimados.

Quando se comparada as formas de utilização das sobras madeireiras, principalmente daquelas com dimensões reduzidas, observa-se a grande importância da implantação de linhas de produção para POMs. Um estudo realizado pelo Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola - IMAFLORA em 1997 apontou como possibilidade de diversificação de uso da caixeta para mercados de 13 tipos de produtos: brinquedos, artesanato, instrumentos musicais, caixas, próteses, lápis, tampas para perfume, molduras, aeromodelismo, pranchas de madeira, maquetes, canetas e sapatos. (IMAFLORA, 1997). Confirmando a viabilidade da utilização de seus resíduos para diversos mercados ponteciais, como forma de aproveitamento e redução das sobras do processamento.

Tradicionalmente, a caixeta é utilizada pela população caiçara dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná na produção artesanal de pequenos objetos decorativos e utilitários como gamelas, travessas, porta guardanapo, espátulas, móveis, esculturas e miniaturas de peixes, pássaros e barcos (Figura 5). Essas peças de pequenas dimensões permitem o aproveitamento integral de costaneiras e aparas, tanto em pequena como em grande quantidade, evitando a necessidade da colheita de árvores para esse fim. Além disso, possuem um bom potencial de mercado ligado principalmente ao turismo, podendo ainda agregar valor e abrir novos mercados com a certificação sócio-ambiental e com a incorporação e valorização de elementos culturais no *design* dos produtos. (Nolasco, 2000).

Fonte: Nolasco, 2000

Figura 5 - Objetos confeccionados de caixeta.

2.5 Incorporação do *design* em pequenos objetos de madeira.

O *design* é aceito como um dos mais importantes instrumentos da atualidade para o desempenho das empresas e entra neste contexto como um recurso estratégico para valorizar e dar competitividade aos produtos. Com o *design*, adequa-se também a utilização do produto, pela adoção de medidas ergonômicas, o que garante o melhor desempenho do produto e do próprio usuário (Nahuz *et al*, 1999).

O *design* é um elemento fundamental para agregar valor e criar identidade visual para produtos, serviços e empresas, constituindo, em última análise, a imagem das empresas no mercado. Alguns aspectos incorporados pelo *design* são a inovação, confiabilidade, racionalização, evolução tecnológica, padrão estético, rápida percepção da função - uso de produtos, adequação às características sócio-econômicas e culturais do usuário (Cobra, 1997).

Os produtos japoneses, italianos e alemães, por exemplo, conquistaram reconhecimento internacional pela qualidade e *design*. Este último componente conferiu aos produtos uma linguagem própria, reflexo dos traços culturais do país, que os diferenciou no mercado e agregou valor. Estes países e outros, como Espanha e Portugal, perceberam a importância do *design* e o incorporaram à sua política de competitividade (Baxter, 1998).

Segundo o International Council of Societies of Industrial Design - ICSID, o "*Design industrial* é uma atividade criativa cujo objetivo é determinar as propriedades formais dos objetos produzidos industrialmente". Por propriedades formais não se deve entender apenas as características exteriores, mas, sobretudo as relações estruturais e funcionais que fazem de um objeto (ou de um sistema de objetos) uma unidade coerente, tanto do ponto de vista dos produtos como do consumidor. O design industrial abrange todos os aspectos do ambiente humano condicionado pela produção industrial (Munari, 1982).

Novos produtos são a chave para o crescimento de vendas de uma empresa, principalmente na situação de competitividade em que se encontra o mercado atual. Todas as empresas que desenvolvem novos produtos com sucesso monitoram sistematicamente as tendências do mercado, como seus concorrentes respondem a elas e como está a performance de seus produtos. É a monitoração que detecta a necessidade do desenvolvimento de novos produtos para suprir as carências do mercado. O processo de resposta deve ser ágil, pois um novo produto bem elaborado e com boa estratégia de marketing garante pouco contra um concorrente que chega antes do inovador ao mercado com um produto similar. Neste caso o "novo" está perdido (Cobra, 1997).

A experiência revela que novos produtos apenas um pouco diferentes dos já existentes têm maior chance de sucesso, pois os consumidores tendem a entender, aceitar a adotar o que estiver mais perto daquilo que conhecem. Produtos revolucionários, completamente novos aos olhos do consumidor, exigem um esforço concentrado dos departamentos de marketing e vendas e, mesmo assim, correm mais riscos de insucesso do que produtos com pequenas inovações. Nestes casos, como dizem alguns profissionais, corre-se o risco de ficar entre o sublime e o ridículo (Peruzzi, 1998).

O resultado do *design* não deve ser analisado apenas pelo produto físico, mas também pelos benefícios e serviços agregados a ele, tanto para o mercado como para a empresa; ou seja, o *design* deve ser considerado como um valor embutido no produto que favorece o processo de troca entre a indústria e o mercado, trazendo satisfação para ambos (Tomaselli, 1998).

As pessoas resolvem sua necessidade de compra procurando um produto que ofereça o maior número de benefícios e serviços pelo melhor custo. Portanto, ao

desenvolver novos produtos, o *designer* deve saber como o público ao qual se destinam, percebe os benefícios que procura e como obtê-los com os menores custos possíveis (Baxter, 1998).

Há casos de produtos que têm custo físico baixo, porém o *design* embutido neles é tão eficiente que permite agregar um valor maior de venda. Para chegar a esta eficiência de resposta, o *designer* deve articular-se da melhor forma possível dentro das organizações onde atua, dominando seu processo produtivo e participando da estratégia da empresa (Cobra, 1997).

Para agregar novos valores econômicos e sociais aos pequenos objetos produzidos com resíduos, busca-se não somente a aplicação do *design*, mas também adequar o tamanho dos resíduos gerados, que comumente se apresentam de forma reduzida decorrentes do processo de beneficiamento da madeira, limitando a sua produção à componentes de móveis, artigos de uso pessoal, peças para maquetes e miniaturas, espátulas, porta - guardanapo, etc. (Nolasco, 2000). Necessitando portanto da utilização de sistemas de colagem para redimensionamento das sobras.

2.6 Processo de colagem

A colagem refere-se à união de elementos através de adesivos específicos para cada uso e material.

O processo de colagem consiste na aplicação do adesivo, na montagem do produto a ser colado, e prensagem até a cura total do adesivo. Essas operações são simples quando analisadas isoladamente, mas durante o processo de colagem elas interagem entre si (Jankowsky, 1988).

Do ponto de vista científico, dois corpos eletricamente neutros devem aderir espontaneamente suas superfícies quando se aproximem em uma distância de milionésimo de milímetro. Entretanto, na prática isto não acontece devido a rugosidade normalmente encontrada em superfícies sólidas (Marra, 1992).

A união de duas peças através da colagem requer o envolvimento de duas forças: coesão e adesão. A coesão é causada pela força de atração entre átomos e moléculas, enquanto a adesão pode ser definida como a força adesiva entre moléculas adjacentes (Lima, 1983).

Fundamentalmente essas forças são idênticas, porém as forças de adesão somente ocorrem se as moléculas estiverem extremamente próximas entre si, sendo necessário uma distância entre moléculas de $0,003\mu\text{m}$.

Na prática, por melhor que seja o acabamento na superfície de duas peças de madeira, é simples perceber que será impossível obter a adesão entre essas peças pelo simples contato superficial entre elas. A adesão será obtida aplicando um líquido que possa preencher as irregularidades das superfícies e umidecê-las, de modo a permitir o perfeito contato superficial entre as peças. Caso esse líquido endureça após o contato superficial, tem-se uma junta de cola e a camada de adesivo que permanece entre as duas peças coladas é definida como linha de cola ou linha de colagem (IPT, 2000).

2.6.1 Adesão

As forças de atração molecular, como as forças de Van der Waals, pontes de hidrogênio ou forças de covalência, desempenham um importante papel no fenômeno de adesão entre a madeira e o adesivo. De uma forma simplificada pode-se dizer que as forças de atração entre átomos e moléculas podem ser tanto forças polares como forças apolares (Jankowsky, 1988).

As forças polares são eletrostáticas em sua natureza. O fator decisivo da atração entre moléculas polares é a distribuição desigual da energia atrativa residual, a qual pode ser relativamente grande em alguns tipos de moléculas. As moléculas polares possuem uma estrutura assimétrica e apresentam como um dipolo permanente (IPT, 1989).

Então, tem-se que o principal ou os principais fenômenos atuantes no mecanismo de adesão ocorre a nível molecular e de uma forma simplificada, pode-se dizer que essa força de atração é função da característica polar das moléculas do aderente e do adesivo.

Uma das mais antigas regras de colagem afirma que juntas resistentes jamais serão obtidas aplicando adesivos polares a aderentes não polares, ou adesivos apolares a aderentes polares. Como exemplo dessa regra podem ser citadas as resinas sintéticas mais importantes para o setor madeireiro, baseadas nos produtos de condensação da uréia-formaldeído ou do fenol-formaldeído, as quais são adesivos altamente polares e aderem muito bem em materiais polares, como a madeira, mas que resultam em péssimas colagens quando aplicadas em materiais apolares (Kollmann, 1975).

Quase todos os adesivos hoje empregados são substâncias macromoleculares, isto é, formadas por moléculas gigantes e dotadas de propriedades ácidas e básicas,

conforme sua composição química. Um adesivo ácido liga-se mais fortemente a uma superfície básica, podendo, portanto, ser utilizado para a obtenção de uma ligação de alta resistência. Uma vez terminada a cura do adesivo pode-se verificar sua semelhança ou superioridade ao material colado, quando submetidos a esforços mecânicos (IPT, 1989).

Um exemplo claro acontece com a colagem de madeira, principalmente das espécies que apresentam menor massa específica, tornando a linha de cola mais resistente que a própria madeira. Entretanto alguns fatores podem interferir na eficiência da colagem como: i) o tipo de madeira e sua preparação; ii) o tipo e a qualidade do adesivo; iii) compatibilidade entre o processo de colagem e o adesivo selecionado; iv) características da junta de colagem; v) efetividade do tipo de acabamento aplicado no produto colado, em termos de proteção à umidade (Lima, 1983).

A operação de colagem consiste na aplicação de um adesivo líquido (um polímero adequado) disperso em uma quantidade suficiente de água para dar boa consistência ou viscosidade apropriada, seguida por pressão dos componentes a serem colados até a cura parcial da cola. Durante este processo de montagem, a cola e a água penetram pelos poros da camada superficial da madeira, promovendo a resistência quando a água deixa a superfície de colagem, restando o adesivo. A velocidade de cura, tempo de montagem e profundidade de penetração são diretamente dependentes da taxa de evaporação da água (IPT, 1988).

Segundo Jankowsky (1988), na colagem de madeiras é imprescindível lembrar que a madeira em si não é um material uniforme, mas sim uma substância com estrutura e composição complexas, tornando-se difícil, estabelecer regras simples e diretas para controlar as diversas reações que envolvam a colagem da madeira.

Após a cola ter sido aplicada na madeira e as superfícies colocadas em contato entre si, é necessário que se desenvolvam diversas ações, tanto de natureza física como química, para que se obtenha uma boa colagem, como o fluxo lateral sobre a superfície de modo a formar um filme contínuo de adesivo; a transferência do adesivo da superfície de colagem para a outra superfície de colagem; a penetração do adesivo em ambas as superfícies; umedecimento da madeira nas superfícies de colagem e o endurecimento ou cura do adesivo (Marra, 1992).

Ao formar um filme contínuo sobre toda a superfície de colagem, o adesivo irá garantir o perfeito contato superficial entre as partes a serem coladas. A penetração do adesivo na madeira, através dos vasos e outros elementos anatômicos, é facilitada pelas forças capilares. Após a cura, a parte do adesivo que penetrou na madeira favorece o aumento da resistência mecânica das partes coladas (Lima, 1983).

Durante a absorção do adesivo observa-se também o umedecimento da camada superficial da madeira. Esse umedecimento irá favorecer o aparecimento das forças da adesão, responsáveis pela aderência entre as partes. Ocorrendo a cura do adesivo enquanto as superfícies estão em perfeito contato superficial, tem-se a fixação das forças de adesão e conseqüentemente, a obtenção de uma boa colagem (IPT, 2000).

Os principais aspectos da madeira relacionados com a durabilidade e a qualidade da junta de colagem são, a densidade, o teor de umidade e a variação dimensional (Jankowsky, 1988).

Sendo a madeira um material dimensionalmente instável, o ganho de umidade provoca o seu inchamento ou aumento de suas dimensões, enquanto que a perda de umidade resultará na sua retração ou diminuição de suas dimensões iniciais. Essa variação dimensional é diretamente proporcional a densidade da madeira e ao seu teor de umidade.

O teor de umidade da madeira no momento da colagem é importante porque afeta a qualidade da junta e o posterior comportamento quando em uso. A maioria dos adesivos utilizados para a colagem de madeiras apresenta resultados satisfatórios quando a umidade das peças a serem coladas está entre 6% e 17% (IPT, 2000).

Essencialmente, a madeira deve estar seca o suficiente para que, mesmo após ganhar umidade proveniente da aplicação do adesivo, alcance um teor de umidade próximo do valor que seria atingido em condições normais de utilização (Marra, 1992).

A água presente no adesivo, quando aplicado a madeira, irá aumentar o teor de umidade da mesma. Esse acréscimo de umidade pode ser inferior a 1% no caso de tábuas com espessuras superiores a 25mm; ou de até 60% no caso de lâminas decorativas muito finas, em que a quantidade de madeira é proporcionalmente muito menor em relação a quantidade de adesivo a ser aplicado. Dessa forma, fica claro que o teor de umidade da madeira deve ser cuidadosamente ajustado em função da forma em que está a madeira (lâmina ou madeira maciça) (Jankowsky, 1988).

2.6.2 Adesivos

Adesivos são elementos de união entre materiais, que possuem a função de preencher os espaços livres entre as partes a serem coladas, promovendo a adesão dos corpos (IPT, 2000).

As colas apresentam propriedades que promovem o processo de polimerização. Estas propriedades são caracterizadas na aplicação inicial da colagem, desempenhando ações de: fluidez - capacidade de formação do filme contínuo de adesivo; transferência - capacidade de transferir a cola de uma superfície para outra; penetração - capacidade do adesivo penetrar na estrutura capilar e porosa do substrato; umidecimento - recobrimento da estrutura submicroscópica do substrato, adquirindo maior contato e proximidade a nível molecular e endurecimento ou cura do adesivo. Quanto as propriedades químicas, pode-se descrever esse processo como moleculares, não sendo observados claramente como as propriedades físicas. Os meios químicos de interação do adesivo promovem uma forte ligação a superfície onde esta submetida a colagem. (Pizzi, 1994).

Os adesivos apresentam uma tecnologia já bastante desenvolvida, sendo encontrados atualmente no mercado adesivos com diversas formulações e especificações dependendo dos requisitos inerentes ao produto onde esta será aplicada (Marra, 1992).

Os adesivos para madeira podem ser classificados de várias formas. As mais freqüentes se baseiam na origem dos componentes primários; na temperatura de cura (adesivos de alta, de média e de temperatura ambiente); e resistência à umidade (à prova d'água, resistente à umidade e não resistente à umidade (Jankowsky, 1988).

2.6.2.1 Adesivos naturais

São adesivos obtidos principalmente de origem animal e se encontram quase que totalmente substituídos no mercado de produtos madeireiros pelos adesivos sintéticos (IPT, 2000).

Na tabela a seguir estão apresentados os principais adesivos naturais e suas peculiaridades.

Tabela 3. Características, propriedades e usos dos principais adesivos naturais.

Tipos de adesivos		Propriedades	Características	Usos principais
Origem animal	Cola de albumina	Maior resistência a água em comparação aos adesivos a base de proteína.	É composto da proteína solúvel do sangue seco (albumina) .	Manufatura de compensados. Não são indicados para usos externos.
	Cola de caseína	Resistência a umidade, com uma vida útil relativamente curta.	É composta por uma proteína encontrada no leite ou a caseína propriamente dita.	Aplicações estruturais, não sendo indicada para uso externo sob elevadas condições de umidade.
Origem vegetal	Tanino	Alta resistência a seco e a úmido, boa resistência em ambientes úmidos, cor escura, a adição de resina fenólica aumenta a sua resistência.	Pó ou líquido para dissolução em água , com ou sem a adição de resina fenólica. Prensagem a quente.	Principalmente em compensados à prova d'água.

Fonte: IPT, 2000

2.6.2.1.1 Outros adesivos naturais

Pode-se encontrar outros adesivos de origem natural como os decorrentes de proteína de soja, amido e borracha, também utilizados para colagem de madeira. Entretanto, estes adesivos são praticamente inviáveis para utilização quando comparados com os adesivos sintéticos (Pizzi, 1994).

2.6.2.2. Adesivos sintéticos

São os mais importantes adesivos utilizados pela indústria madeireira, produzidos a partir de síntese química. A sua possibilidade de mistura entre diversos tipos de resina possibilita a obtenção de adesivos capazes de atender as mais diferentes necessidades de utilização, entretanto, deve-se conhecer as características das resinas e direcioná-las a cada tipo específico de uso (Jankowsky, 1988).

A tabela 3 apresenta os principais adesivos sintéticos, apresentando suas características; preparação e usos.

Tabela 4. Características, propriedades e usos dos principais adesivos sintéticos.

Tipo de adesivo	Propriedades	Características	Usos principais
Resina de uréia	Alta resistência a seco, moderada resistência à úmido ou à ambientes úmidos. Moderada à baixa resistência a temperaturas acima de 50°C. Coloração clara.	Dissolvido em água com a adição de enchedores e extensores e catalizadores, prensagem com temperatura ambiente ou acima de 90°C. Extensor (trigo) em excesso diminui a resistência à deterioração biológica.	Compensados e aglomerados para usos interiores, portas e outros painéis em geral, movelaria e colagens gerais.
Resina de melamina	Alta resistência a seco e a úmido, muito resistente à umidade e a condições úmidas, coloração clara.	Dissolvido em água e aplica à temperatura ambiente, curável apenas a quente (120°C a 150°C).	Principalmente como fortificante das resinas de uréia para compensados ou colagens estruturais.
Resina fenólica	Alta resistência a seco e a úmido, muito resistente à umidade e a condições úmidas, mais resistente do que a madeira à altas temperaturas. Coloração vermelho – escuro.	Em forma de filme, pronto para uso; na forma de pó, dissolvido em solvente (geralmente álcool) e água; na forma líquida pode ser adicionado enchedores ou catalizadores. Os tipos mais comuns requerem prensagem a quente (120°C a 150°C).	Compensados e aglomerados para usos exteriores; colagem à prova d'água; usos estruturais.
Resina de resorcinol/fenol – resorcinol	Alta resistência a seco e a úmido, muito resistente à umidade e a condições úmidas, mais resistente do que a madeira em altas temperaturas. Coloração vermelho – escuro.	Misturada com endurecedor e aplicada à temperatura ambiente; resinas de resorcinol são curáveis à temperatura ambiente. Misturas de fenol e resorcinol são curáveis a quente (até 70°C).	Indicado para peças laminadas (uso estrutural) colagens que serão expostas a severas condições em serviço.
Emulsões de PVA	Geralmente apresentam alta resistência a seco, baixa resistência à umidade. Coloração clara.	Líquido pronto para uso, aplicação de prensagem à temperatura ambiente ou em alta temperatura para outras formulações (Cross Liwk)	Movelaria e colagem em geral.
Adesivos HOT MELT	Colagem rápida, menor resistência do que os adesivos convencionais, penetração mínima, resistente à umidade.	Deve ser aquecida até a fusão para ser aplicada, curável por simples resfriamento e solidificação, requer equipamento específico para controlar as condições de aplicação	Indicado principalmente para colagens de acabamentos laterais (bordas) em peças difíceis de serem prensadas.

Fonte: IPT, 2000

Outro adesivo sintético bastante utilizado, principalmente para colagem de lâminas decorativas de madeiras para acabamento de superfície e bordas de compensados, móveis, etc., é a cola de contato, também conhecido como cola de sapateiro.

2.6.2.2.1 Adesivos de contato

A composição química dos adesivos de contato é formada basicamente por compostos de borracha de neoprene, solventes voláteis e aditivos específicos, conferindo a estes adesivos características importantes como a alta estabilidade e longo período de armazenamento, sem alterações das suas propriedades (Pizzi, 1994).

Este adesivo é indicado para colagens rápidas, sem a necessidade de condições de prensagem ou pressões elevadas para a sua polimerização. Sua colagem é obtida após um tempo mínimo de 15 minutos de aplicação do produto para que haja a volatilização dos solventes orgânicos, que apresentam características tóxicas e inflamáveis. A evaporação dos componentes químicos ocorre de forma rápida em condições ambientes, necessitando de ventilação no local de trabalho (IPT, 2000).

Atualmente, no mercado, pode-se encontrar adesivos de contato à base de água, que apresentam as propriedades funcionais similares a dos adesivos de contato convencionais, com a vantagem de não volatilizarem solventes orgânicos.

Os adesivos de contato são encontrados no mercado na forma pronta para uso, são de fácil manuseio e aplicação, necessitando de uma pressão suficiente para manter o contato entre as partes a serem coladas (Jankowsky, 1988).

Estes adesivos não são recomendados para produtos que são submetidos a esforços constantes ou condições críticas de trabalho e são utilizados para a colagem de peças de madeiras maciças ou de lâminas de madeira para acabamento de móveis.

As colas de contato têm a vantagem de proporcionar a adesão entre as duas partes logo que sejam postas em contato e a desvantagem de tornar impossível qualquer movimento no caso da junção não ter sido feita com precisão. (IPT, 2000).

Outro adesivo bastante difundido é o adesivo à base de ester polivinílico, o acetato de polivinila (PVA). Como adesivo, ele é utilizado em dispersão aquosa ou por meio de difusão térmica.

2.6.2.2.2 Adesivos de acetato de polivinila - PVA

Os adesivos à base de emulsão de acetato de polivinila são adequados, não somente para um grande número de materiais porosos ou fibrosos tais como papel, madeira e couro, mas também para outros substratos não porosos, especialmente películas plásticas transparentes, como por exemplo os celofanes, polietileno e esteres de celulose. Por outro lado, eles são fornecidos em forma líquida pronta para uso, possuem a habilidade em se adaptar a equipamentos automáticos de aplicação e

proporcionar durabilidade a longo prazo, além de serem resistentes a ataques biológicos e não manchar a madeira (Pizzi, 1994).

Provavelmente a mais séria limitação no uso destes adesivos em madeira é a queda de resistência na presença de cargas continuamente aplicadas, por outro lado apresentam maior resistência a cargas súbitas. Outro fator negativo a ser considerado é a sua baixa resistência à umidade.

Com as colas prontas de colagem a frio, a velocidade de desenvolvimento de resistência (velocidade de fixação) é dependente de quão rápido a cola líquida pode secar para torna-se sólida o suficiente para fixar as partes coladas. Desde que a maior parte da água penetra no substrato, os materiais a serem colados são importantes (Lima, 1983).

Freqüentemente, o manuseio apropriado da cola pode aumentar a produção sem aumentar as despesas, além de poder também melhorar a qualidade e diminuir o refugo (Marra, 1992).

Na produção o rendimento e a produtividade geralmente aumentam se o tempo de grampo é diminuído. O tempo de grampo pode ser encurtado pelo aumento da velocidade de cura da cola, através da pressão aplicada, da quantidade de cola e da utilização de calor ou catalizadores na junta da cola. (IPT, 2000).

A finalidade de grampos ou torniquetes é dar às peças que são coladas um contato suficiente para produzir uma camada fina e uniforme na linha de colagem e mantê-las imóvel até a cura parcial da cola.

O tempo mínimo no grampo é determinado pelo tempo requerido para a cola promover a fixação.

Como a velocidade de cura é diretamente relacionada à secagem da cola na junta ou linha de colagem, isto significará que a madeira com maior poder de absorção de água, fixará mais rapidamente a cola do que madeira com maior teor de umidade (Pizzi, 1994).

Uma junta colada, ideal, nunca deveria ultrapassar a espessura de alguns milésimos de milímetros. Primeiramente, a água é removida da película de adesivo pela madeira seca. Após a saturação da madeira adjacente ao adesivo, a água remanescente desprende-se com maior dificuldade, causando retardamento na fixação do adesivo. Se a película de adesivo seco for visível quando a junta é rompida,

significa que a quantidade de adesivo aplicada foi excessiva para promover máxima velocidade de fixação (Houwink, 1965).

Adesivo em menor quantidade resulta em colagens fracas e produtos de baixa qualidade. Adesivo em quantidade superior ao necessário pode vir até a prejudicar a resistência da linha de colagem e comprometer o acabamento, representando um custo adicional desnecessário (Marra, 1992).

Independente da quantidade requerida é extremamente importante que a distribuição do adesivo na superfície a ser colada seja a mais uniforme possível.

A olho nu é possível dizer que uma superfície é aceitável ou não para aplicação da cola. Uma superfície danificada por má utilização das ferramentas, pode ser uma fonte de problemas para a colagem (Kollmann, 1975)

Quando as superfícies são beneficiadas (aplainadas, lixadas, torneadas) e logo em seguida coladas, poderá haver contrações nas juntas coladas (IPT, 2000).

Não é fácil definir todos os mecanismos que permitem unir duas superfícies, mas existe um consenso de opiniões entre os estudiosos com relação aos materiais de superfície porosa que absorve o adesivo que penetra em seus poros, estabelecendo a união através da aplicação da pressão, proporcionando uma união estável e duradoura (Lima, 1983).

As uniões feitas através de colas são as mais fáceis, mas também as menos resistentes em comparação às uniões com parafusos ou pregos, quando refere-se principalmente ao uso em estruturas, tanto da construção civil como de mobiliário. A primeira advertência de caráter geral é ter a certeza de que as faces a colar estão bem aplainadas e podem aderir perfeitamente; alisando as duas partes com uma plaina e depois passando uma lixa fina (Marra, 1992).

Quando as duas superfícies assentarem perfeitamente uma sobre a outra, espalhar a cola, com movimentos regulares, aplicando camadas homogêneas e delgadas; depois, unir as peças, aperta-las com grampos e deixa-las secar durante o tempo necessário. É boa regra usar colas pouco diluídas nas madeiras macias e muito diluídas nas madeiras rígidas (Pizzi, 1994).

Decorrente aos relatos apresentados, têm-se como objetivo deste estudo, determinar os tipos de cola e os processos de colagem mais adequados para o aproveitamento de resíduos do processamento da caixeta na produção de pequenos objetos de madeira. Além dos objetivos específicos de: realizar testes de colagem com

resíduos de caixeta, identificando qual o adesivo mais adequado para a produção de objetos para escritório e decoração entre os de PVA e os adesivos de contato; analisar as características da caixeta (anatômicas; organolépticas; mecânicas - cisalhamento e tração na linha de cola) quando colada, através de ensaios em laboratório; identificar problemas e limitações no processamento das peças coladas; desenvolver produtos para escritório e decoração - POMs, com novos conceitos estéticos, otimizando a produção regional e confeccionar protótipos dos produtos propostos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a madeira de caixeta - *Tabebuia cassinioides* - Lam.DC., extraída do município de Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo.

O corte foi realizado acima do nível de alcance da lâmina d'água, normalmente entre 80 cm e 1m do solo, com utilização de motosserras. Foram abatidas para este trabalho 7 árvores que após a extração foram desganhadas e cortadas em toretes de 1,20m de comprimento. A retirada da madeira da floresta aconteceu através de vagonetes em trilhos construídos com pedaços de troncos e galhos encontrados no próprio local de extração. A seguir os toretes foram transportados em uma caminhonete até a serraria de Iguape, para desdobro. Passado 3 meses a madeira foi transportada para Piracicaba em forma de pranchas e vigas, onde foram armazenadas na serraria da ESALQ.

3.1 Levantamento bibliográfico:

Durante todo o trabalho realizou-se levantamentos bibliográficos sobre as principais características da madeira de caixeta; o aproveitamento de resíduos florestais e de processamento; os principais adesivos para madeira e processos de colagem.

3.2 Análise anatômica da caixeta:

Das pranchas de caixeta armazenadas na serraria da ESALQ foram retirados bloquinhos de 1x1x1,5 cm orientadas nas faces transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial, para identificação anatômica.

A identificação macroscópica foi realizada através de cortes na face transversal do bloquinho através do micrótomo de deslize que permite uma laminação milimétrica das faces, em seguida as superfícies dos blocos foram lixadas em pedra de polir e observadas no monitor de computador através de um microscópio acoplado ao computador. Para as identificações microscópicas realizou-se cortes histológicos nas faces orientadas (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial) . Os cortes

foram feitos no micrótomo de deslize e em seguida confeccionadas lâminas permanentes. Para cada corte com espessuras aproximadas de 15-20 μm , nos planos mencionados acima, foram selecionados os melhores cortes e transferidos para vidros de relógio para clareamento com água sanitária, depois lavados em água destilada e coloridos com safranina. Em seguida os cortes foram lavados com acetato e montado nas lâminas com bálsamo do Canadá de acordo com as disposições pré-estabelecidas (transversal, radial e tangencial), cobertas com a laminula para posterior etiquetagem e análise no monitor através do microscópio.

A identificação anatômica da espécie através da configuração de seus elementos celulares (vasos, células parenquimáticas, raios, fibras, extrativos, etc.) facilitou a análise do comportamento apresentado pela madeira durante a colagem das peças e nos ensaios de resistência ao cisalhamento e tração da linha de cola.

3.3 Identificação da cola mais adequada para uso:

Através do levantamento bibliográfico, optou-se pela utilização dos seguintes adesivos para madeira: a cola branca e a cola de contato, por serem as principais colas já utilizadas na confecção de produtos artesanais, não alterando custos, nem o manuseio do material, além da facilidade de serem encontradas no mercado.

O acetato de polivinila-PVA é um adesivo composto de emulsão de um éster polivinílico em meio aquoso, comercializada na forma pronta para uso. Segundo as especificações do adesivo obtido para os ensaios, a cola apresentou valores para teor de sólidos em %m/m entre 51-53 e viscosidade Brookfield, à 25 °C, mPa.s entre 7000 - 10000 e gramatura entre 100 à 150 g/m².

A cola de contato é um adesivo a base de borracha, solventes voláteis e aditivos específicos, facilmente aplicado, que evapora rapidamente o solvente a temperatura ambiente. A colagem é obtida pela união das partes após 15 minutos da aplicação do adesivo, efetuando uma pressão que seja suficiente para manter o contato entre as partes.

É indicado para colagens rápidas, não sendo recomendado para colagens de produtos que serão submetidos a condições críticas de trabalho, principalmente a esforços constantes, como uniões de assoalhos, encaixes estruturais, etc.

Estas colas apresentam como características, a facilidade de aplicação, e de manuseio, sendo econômicas, além de ser facilmente encontradas no comércio. Sendo estes os principais pontos para escolha da cola de PVA, e da cola de contato para este

trabalho, além do que a população caiçara do Vale do Ribeira, necessita de maior praticidade e economia para a aquisição e uso do adesivo.

3.4 Levantamento dos resíduos madeireiros de caixeta:

Foram utilizados dados sobre a produção artesanal e industrial, obtidos do Projeto “Manejo Integrado e Sustentável de Florestas de Caixeta no Vale do Ribeira - SP”, desenvolvido na ESALQ/USP, e financiado pela FAPESP, no qual foram quantificados os resíduos provenientes das serrarias daquela região, constatando-se o grande volume de resíduos gerados nos processos de desdobro e beneficiamento da madeira, destacando-se costaneiras, aparas e pontas.

Os resíduos (aparas, pontas e tabuinhas) foram serrados, aplainados e lixados, para formarem peças de seções quadradas e retangulares, para serem colados, de modo a permitir melhor aderência entre as partes, quando fossem unidas. Preparadas as peças para a colagem, estas passaram por um breve período de armazenamento, que consistiu em empilhar as peças ao ar livre e na sombra, durante duas semanas para que ocorresse um equilíbrio de umidade entre a madeira e o ambiente.

3.5 Confecção dos corpos de provas e ensaios mecânicos:

Passado o período de armazenamento, foram retiradas três vigas de caixeta para confecção dos corpos de prova, de acordo com a especificação da norma brasileira NBR 7190/1997, para o ensaio de cisalhamento e tração na linha de cola, com o plano de colagem perpendicular à direção radial da madeira, determinando a resistência no sentido paralelo às fibras, e corpos de provas maciços para posteriores comparações entre a resistência da linha de cola e da madeira maciça.

Antes dos ensaios foi medida a umidade das partes componentes do corpo de prova, através do medidor elétrico de umidade de madeira - Lignomat HT, aplicado na superfície dos corpos de prova, apresentando umidade em torno de 12%.

As peças coladas para os ensaios mecânicos de cisalhamento da lâmina de cola, eram biblocos, com dimensões de 5 x 5 x 6,4cm, uma das partes e 5 x 5 x 2cm (figura 6) para a outra parte, segundo a norma mencionada acima.

Fonte: Norma Brasileira NBR7190/1997

Figura 6 - Norma para ensaio de cisalhamento na lâmina de cola.

Para o ensaio de tração da linha de cola, os corpos-de-prova sofreram pequenas modificações quanto ao formato no engate das peças, devido a utilização de garras de tração diferenciadas as mencionadas na Norma Brasileira, contudo exercendo o mesmo esforço de tração (figura 7 e 8).

Fonte: Norma Brasileira NBR7190/1997

Figura 7 - Norma para ensaio de tração na lâmina de cola

Figura 8- Adaptação a norma brasileira

A seguir foram realizados os ensaios preliminares para determinações de tempo de prensagem, quantidade de cola e pressão aplicada, observando as características anatômicas da madeira (alta porosidade, maciez e fácil penetrabilidade

de fluídos) e a prática dos marceneiros, que habitualmente manuseiam este material e estimam as determinações de quantidade pela parte de cola que vasa das peças unidas. A quantidade de cola também é determinada pela gramatura (g/m²) especificada nos boletins técnicos dos adesivos, para o adesivo de PVA utilizado neste trabalho, utilizou-se a gramatura de 100 g/m².

Para a determinação do tempo de prensagem normalmente nas marcenarias observa-se o fluxo de trabalho a ser realizado, quanto a pressão, determina-se pela força aplicada nos grampos e sargentos pelos funcionários da marcenaria - força muscular.

As medições da quantidade de cola de PVA foram feitas através de uma seringa de injeção plástica, de escala variando de 0,01ml a 1ml comumente vendida em farmácias para aplicação de insulina.

Como os boletins técnicos dos fabricantes de cola oferecem os dados em gramatura (g/m²), utilizou-se da seringa plástica para simplificar o processo de colagem, além de fornecer aos marceneiros meios mais práticos de mensurar a quantidade de adesivo aplicado.

Quanto a pressão exercida sobre as partes coladas, habitualmente nas marcenarias e serrarias utiliza-se grampos e sargentos para a fixação das peças coladas. Dessa forma, a pressão aplicada varia com a força aplicada pelo marceneiro. Para este ensaio utilizou-se uma prensa hidráulica com um manômetro acoplado, sendo possível aferir a força aplicada, através da fórmula matemática que determina a pressão efetiva no corpo de prova:

$$P_t = \frac{P_e \times A_c}{A_p}, \text{ onde,}$$

P_t = Pressão total (manômetro)

P_e = Pressão específica

A_c = Área colada

A_p = Área do pistão, sendo a área do pistão um círculo, então a área é: πr^2 .

$\pi = 3,141$

$r = 2,25 \text{ cm}$

Resultando em uma pressão de 1,28 MPa para ensaio de cisalhamento e 0,32 MPa para ensaio de tração, adequando para a máxima aproximação das partes coladas sem ocasionar a deformação da madeira.

3.6 Delineamento experimental:

As peças foram coladas com cola branca - PVA, em combinação de três variáveis de quantidade de cola, aplicada nas proporções de: 0,25 ml; 0,5 ml e 1 ml; tempo de prensagem com 12h, 24h e 48h para cura da cola; e pressão de grampos de marcenaria e prensa hidráulica com manômetro acoplado, registrando uma pressão de 1,28 MPa para o ensaio de cisalhamento da lâmina de cola, com três repetições, totalizando 18 tratamentos. Para o ensaio de tração utilizou-se as quantidades de cola: 0,05ml; 0,25ml; 0,5 ml; com tempos de prensagem de: 12h, 24h e 48h e pressão em prensa hidráulica de 0,32MPa, além da pressão em grampos, com três repetições para cada ensaio, totalizando mais 18 tratamentos.

A cola de contato, não apresentou variações de quantidade de cola, tempo de secagem e pressão para cura, devido as especificações do produto, que consiste na aplicação de uma fina camada de cola, utilizando-se uma espátula, aguardando entre 10 a 15 minutos de secagem do adesivo, para posterior união das peça, com uma pressão de contato.

Utilizou-se a máquina universal de ensaios marca Losenhausenwerk - LOS modelo UHP 6, na escala de 3MPa, para os ensaios de cisalhamento e tração na lâmina de cola, com uma velocidade de carregamento de 2,5MPa por minuto, como referido na norma brasileira NBR 7190/1997.

Com os resultados dos ensaios pôde-se comparar a eficiência da prensagem com grampos - sem a determinação exata da pressão e da prensa hidráulica, que especifica a quantidade de força aplicada. Além da indicação da melhor quantidade de cola aplicada e o tempo de prensagem das peças.

3.7 Determinação do Processo de Colagem:

Após realizados os ensaios mecânicos, os dados foram analisados estatisticamente, através do programa SAS (Statistics Analysis System), determinando o valor da resistência máxima atingida para a lâmina de cola. De posse desses valores, determinou-se as colas mais eficientes nos parâmetros de rapidez de cura, economia e aplicação, estabelecendo o melhor processo de colagem e indicando os produtos que se enquadram na delimitação da resistência obtida.

O restante dos resíduos, foram serrados e beneficiados para a confecção de protótipos de produtos nas áreas de decoração e escritório, desenvolvidos e confeccionados na serraria da ESALQ.

3.8 Desenvolvimento do projeto de produto para escritório e decoração:

Inicialmente foram utilizados dados sobre a produção artesanal e industrial, atual e potencial, de pequenos objetos de caixeta, apontados pelo IMAFLORA no ano de 1997 como um grande fator de viabilidade econômica e alternativa de minimização dos resíduos, assim como a abertura de novos mercados que exigem produtos com a utilização racional dos recursos florestais, permitindo a confecção de objetos ecologicamente corretos (Nolasco, 2000). Esse levantamento permitiu identificar os produtos, volume de produção, técnicas de processamento, valores de mercado, número de pessoas envolvidas e locais de produção, para base de planejamento para desenvolvimento dos novos produtos.

Foram criadas propostas de produtos para escritório e decoração, utilizando-se dos resíduos do beneficiamento da caixeta, que se encontravam armazenados na serraria da ESALQ, adequando os objetos ao processo alternativo da linha de produção, simplificando as formas e facilitando o conhecimento da mão de obra. Contudo acrescentando um novo conceito estético, utilizando-se de conhecimentos da área de *Design* e acima de tudo buscando um maior valor agregado a esses produtos.

3.9 Execução de modelos dos produtos de caixeta:

Foram executados modelos dos produtos com resíduos de caixeta para ambiente de escritório e decoração demonstrando as possibilidades da utilização da caixeta para produção de objetos. Os produtos foram confeccionados na serraria da ESALQ, com o auxílio de um marceneiro e de ferramentas comuns nas serrarias, evidenciando a facilidade de manuseio na confecção das peças e da escusa de investimentos em novos equipamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características anatômicas da caixeta e sua influência na colagem

Na macroscopia, foram observados os elementos de parênquima, poros, raios e fibras (figura 9). Segundo Mainieri (1989) o parênquima axial é pouco notado, o paratraqueal é confluyente, ligando alguns poros, formando faixas estreitas e longas, ou trechos oblíquos e curtos, com pouca presença de óleo-resina de coloração clara. Os poros são visíveis a olho nu, distribuídos uniformemente e ligeiramente ovalados, são poucos numerosos, predominando os poros solitários, havendo múltiplos de 2 a 3. Os raios na parte transversal são muito finos, numerosos e aproximados uniformemente. As fibras apresentam as paredes finas e o lúmen grande.

Figura 9 - Estruturas macroscópicas da caixeta

Na identificação microscópica pode-se observar os componentes celulares com maior clareza, facilitando a percepção das formações anatômicas (Figura 10).

Figura 10 - Estruturas microscópicas da caixeta

Na composição celular da madeira de caixeta, observou-se a presença isolada de óleo-resina nos vasos. Entretanto, não foi observado que tal elemento tenha comprometido ou afetado o resultado do processo de colagem das peças.

Para a cola de PVA, observou-se a rápida absorção do adesivo pela madeira com umidade a 12%, quando utilizadas as menores quantidades de colas testadas (0,05 ml e 0,25 ml). Para as demais quantidades de cola a absorção se tornou evidente durante a prensagem das peças. Esta situação é visivelmente percebida, devido a espécie apresentar poros, pequenos, mas numerosos e vazios, presença de células parenquimáticas que ligam os poros, as vezes formam faixas tangenciais com trechos sinuosos, raios numerosos, finos e irregularmente distribuídos e as fibras são muito curtas, com o lúmen vazio e paredes finas. Essas características evidenciam a alta penetrabilidade do material e a baixa resistência mecânica, quando submetida a fortes cargas.

Para a cola de contato, aplicada nas partes coladas, observou-se que o tempo requerido (15 minutos) é satisfatório, já que o adesivo também é absorvido pela madeira rapidamente.

Nos ensaios de cisalhamento e tração na lâmina de cola, a madeira de caixeta apresentou maior resistência na linha de colagem, do que a madeira maciça - monobloco, caracterizando sua baixa resistência mecânica.

Quando aconteciam as rupturas pela força aplicada paralelamente as fibras, estas ocorriam nas formações dos anéis de crescimento mais próximos a linha de

colagem (Figura 11), onde são encontradas as células de parênquima terminal, células que delimitam o lenho primaveril do outonal. Estas células são caracterizadas pela função de armazenamento de nutrientes, além de apresentar paredes finas e não lignificadas.

Figura 11 - Ruptura nos anéis de crescimento.

Anatomicamente pôde-se observar que as amostras submetidas à colagem, apresentaram rápida absorção dos adesivos decorrente da sua composição celular e da umidade da madeira durante a colagem.

4.2 Processos de colagem da caixeta

Para verificar o tratamento utilizado, as médias dos valores decorrentes dos ensaios foram apresentadas na forma de tabela (tabela 5). Indicando os tratamentos aceitáveis para a confecção de produtos, sem alterar a eficiência da colagem e o custo do produto.

Tabela 5. Análise dos resultados dos ensaios mecânicos.

Tratamentos	Quantidade de cola (ml)	Pressão aplicada (MPa)	Tempo de cura (h)	Média de tensão de ruptura (MPa)
Cisalhamento na lâmina de cola	0,25	1,28	12	56,8
	0,25	1,28	24	43,16
	0,25	1,28	48	45,72
	0,25	Grampo	12	31,72
	0,25	Grampo	24	27,08
	0,25	Grampo	48	41,08
	0,5	1,28	12	52
	0,5	1,28	24	66,12
	0,5	1,28	48	52,52
	0,5	grampo	12	39,48
	0,5	grampo	24	39,76
	0,5	grampo	48	47,48
	1	1,28	12	55,32
	1	1,28	24	56,12
	1	1,28	48	54,8
	1	grampo	12	31,36
	1	grampo	24	44,28
	1	grampo	48	48,68
	0,05	0,32	12	18,74
	0,05	0,32	24	17,67
Tração na lâmina de cola	0,05	0,32	48	19,8
	0,05	grampo	12	16,47
	0,05	grampo	24	24
	0,05	grampo	48	14
	0,25	0,32	12	22,47
	0,25	0,32	24	20,2
	0,25	0,32	48	30
	0,25	grampo	12	22,27
	0,25	grampo	24	23,67
	0,25	grampo	48	26
	0,5	0,32	12	24,67
	0,5	0,32	24	28
	0,5	0,32	48	24,34
	0,5	grampo	12	20,2
	0,5	grampo	24	23,34
	0,5	grampo	48	27,47
Cola de contato				0,96
Madeira maciça				0,24
Maior valor médio para cisalhamento na lâmina de cola				66,12
Menor valor médio para cisalhamento na lâmina de cola				27,08
Maior valor médio para tração na lâmina de cola				24,67
Menor valor médio para tração na lâmina de cola				14
Desvio Padrão				8,46%
Coefficiente de variação				18,28%

Realizou-se ainda o teste Tuckey para a quantidade de cola, determinando que os tratamentos 2 e 3, ou seja, as quantidades de 0,5 e 1ml por 25cm² obtiveram resultados similares e mais eficientes que o de 0,25 ml ou tratamento 1, no teste de cisalhamento da lâmina de cola. Da mesma forma procedeu-se com os resultados para o ensaio com a cola de contato, apresentando valor médio de cisalhamento inferior aos tratamentos com cola de PVA, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6. Análise do Teste Tuckey a 5%

Tratamentos	Média do Tratamento
1	5.28 B
2	5.4 A
3	5.7 A

Através desse resultado pode-se concluir que a melhor quantidade de cola a ser aplicada é de 0,5ml por 25cm², ou seja, 0,02 ml/cm² de cola PVA para união de peças de caixeta, pois apresenta a mesma eficiência que o valor de 1ml, e o desperdício de cola é menor, viabilizando economia na produção pela racionalização no uso dos materiais.

O resultado da análise da interação dos fatores de tempo de cura e pressão aplicada, foi representada pela figura a seguir:

Na figura 12, verifica-se a diferença em relação a pressão aplicada na prensa e nos grampos, relacionada ao tempo de cura. Nota-se o aumento dos valores de ruptura para os grampos quando aumenta o tempo, de forma linear, enquanto que a força exercida pela prensa hidráulica se mantém equivalente nas primeiras 24 horas e decai no resultado de cisalhamento nas próximas 24h.

Figura 12. Gráfico comparativo de pressão dos ensaios de cisalhamento.

Para ambos os casos, conclui-se que a eficiência depende do processo aplicado. Para a prensa, com uma pressão de 1,28 MPa, o tempo de 12 horas é o mais indicado. Para a utilização de grampos - equipamento próprio de marcenarias, deve-se optar em utilizar tempos acima de 24horas. Contudo deve-se atentar para a linha de

produção da empresa, caso o tempo seja um fator de comprometimento da produção, assim como para o tipo de produto variando a necessidade de resistência em função do tipo de uso.

Com a cola de contato os ensaios de cisalhamento foram realizados a partir das especificações que determinam 15 minutos para a secagem da cola antes da união, sendo a pressão conferida aos corpos de prova apenas para o contato das peças.

Com isso a média desses resultados apresentou uma ruptura de cisalhamento inferior em relação às aplicações da cola de PVA, assim como o valor de ruptura da madeira maciça que é de 0,24 MPa.

Para a quantidade de cola obteve-se uma média de 0,02 ml por cm² de área, ou seja, uma camada fina na superfície da madeira, e quando prensada uma pequena borda de cola apareça nas juntas.

O tempo estimado é de 24h, promovendo uma linha de produção continua, mesmo que apresente menor valor de ruptura em relação ao tempo de 48 h para fixação com grampos.

A cola mais indicada é a cola branca (PVA), devido a facilidade de manuseio, acessibilidade, a quantidade de adesivo comercialmente encontrada, mas principalmente as suas características químicas.

O desempenho da colagem de madeira é bastante variável, deve-se atentar para todas as situações de uso final e composição do material que se pretende colar.

Na colagem de materiais porosos como a madeira de caixeta também são exigidos cuidados com relação a quantidade de cola a ser utilizada, quando a madeira apresenta uma umidade em torno de 7 a 5 %, deve-se aplicar um pouco mais de cola para que a madeira absorva o adesivo, mas não comprometa a linha de cola.

Para o ensaio de tração da lâmina de cola, também aplicou-se a análise estatística para indicar quais os fatores e interações que apresentam significância no processo de colagem para a madeira de caixeta, obtendo como resultado apenas a interação dos fatores de quantidade de cola e tempo de cura. As quantidades de cola utilizadas foram de 0,05ml; 0,25ml e 0,5ml e os tempos de 12h; 24h; e 48h, aplicadas a uma área de 5cm². A figura a seguir demonstra o resultado da interação, evidenciando o melhor tratamento.

Figura 13. Gráfico comparativo da interação dos fatores de quantidade de cola e tempo de cura.

Na figura 13, observa-se os resultados dos valores de tensão de ruptura para a quantidade de cola de 0,05ml, apresentando um ligeiro aumento quando seco ao tempo de 24h e sendo o seu menor valor de ruptura quando seco ao tempo de 48h. Isso acontece devido à madeira absorver a cola aplicada (linha de colagem faminta), ocasionando uma colagem fraca. Contudo, para o tempo de 12h, onde também houve um decréscimo nos valores de ruptura em relação ao tempo de 24h, deve-se à não cura da cola, estando ainda úmida, e também apresentando baixa resistência no ensaio de tração.

Para a quantidade de 0,25ml, observou-se um aumento crescente dos valores, ou seja, o maior valor de tensão de ruptura aconteceu com o maior tempo de cura da cola. Deve-se a esta situação a absorção e penetração do adesivo pela madeira, sem que falte adesivo na linha de colagem, sendo a quantidade satisfatória para a obtenção de resultados significativos de resistência na tração das peças.

Com a quantidade de 0,5ml de cola para 5cm², os resultados obtidos foram aproximados, observando-se entretanto que os menores valores de ruptura ocorreram quando se utilizaram os dois maiores tempos de cura (24 e 48 horas). Este acontecimento, apesar de pouco significativo, devido a proximidade dos resultados, deve-se à grande quantidade de adesivo aplicada, não sendo o tempo de exposição suficiente para a cura total do adesivo.

Com relação aos tempos utilizados pode-se observar que o tempo de 12h, o gráfico apresentou valores crescentes de ruptura de acordo com as quantidades de cola aplicada, apresentando o maior resultado de tensão de ruptura para a quantidade de 0,5ml.

Para o tempo de 24h, observou-se que os valores de ruptura são próximos, enfatizando para a menor quantidade de adesivo aplicado (0,05ml) que possibilita uma economia para a aplicação do adesivo sem afetar a eficiência da colagem das peças em relação as demais quantidades utilizadas.

Para o tempo de 48 horas, percebeu-se que o máximo valor atingido no gráfico foi com a quantidade de 0,25ml, com diferenças significativas em relação as demais quantidades e tempos. Entretanto, indica-se como melhor resultado para a utilização prática do adesivo o tempo de 24h e uma quantidade de 0,25ml, apesar do tempo de 12h na quantidade de 0,5ml apresentar valores superiores, contudo o desperdício de adesivo para esta quantidade é demasiadamente grande. Com o tempo de 24h e 0,25ml, obtêm-se cerca de 0,05ml/cm², quantidade suficiente para haver a adesão das peças, num período de tempo satisfatório para a cura da cola, sem apresentar desperdício do adesivo.

Concluídas as análises dos resultados direcionou-se os trabalhos a produção dos produtos de resíduos de caixeta, e como estes são direcionados para ambientes de decoração e escritório, não exigiu-se valores de tensão de ruptura elevados.

4.3. Aproveitamento da caixeta para produção de POM

Atualmente muitos produtos são produzidos em escala artesanal ou semi-industrial com a madeira de caixeta, em várias regiões do litoral do sudeste, direcionados ao mercado artesanal como mostra a tabela 7: gamelas, colheres de pau, caixas, rabecas, barquinhos e objetos ligados à cultura local. Estes objetos são confeccionados nas regiões de São Sebastião, Ubatuba, Silveiras, Paraty, parte do litoral sul do Rio de Janeiro e do Estado de São Paulo, sendo comercializados por todo país e até mesmo exportados para o Japão e E.U.A. (Nolasco,2000). Entretanto, não se observa nenhuma preocupação quanto a Incorporação do *design* as peças, tornando-as meramente sazonais e de baixo valor comercial. A introdução de produtos diferenciados com a madeira de caixeta, representaria a comunidade uma produção contínua, com alto valor de mercado, com diferencialização dos produtos e sem grandes investimentos.

Tabela 7. Identificação e classificação do artesanato produzido de caixeta

Técnicas de entalhe ou marcenaria : **Saco do Mamanguá –SP**

Tipo de peça	Função
Miniaturas de barcos e canoas	Comercialização

Imãs de geladeira	Comercialização
-------------------	-----------------

Técnicas de entalhe ou marcenaria: **Paraty –SP**

Tipo de peça	Função
Miniaturas de barcos e canoas	Comercialização

Técnicas de entalhe ou marcenaria: **Vale do Ribeira –SP**

Tipo de peça	Função
Passarinhos	Comercialização

Miniaturas de barcos e canoas	Comercialização
-------------------------------	-----------------

Técnicas de entalhe ou marcenaria: **Silveiras –RJ**

Tipo de peça	Função
Miniaturas de pássaros, espátulas	Comercialização

Fonte: Nolasco, 2000

O artesanato de caixeta é uma atividade de grande importância econômica, social e cultural nas regiões onde é produzido, devido ao uso de matéria-prima e tecnologia local, mantendo os laços culturais de atividade familiar, além de gerar renda e emprego.

Através da análise do processamento dos produtos comercializados atualmente e do mercado consumidor, estabeleceram-se novas alternativas de melhoramento estético-funcional das peças, através da diferenciação dos produtos e da agregação de novos valores de mercado.

Com os resultados dos ensaios e a verificação das características da madeira de caixeta, definiram-se as possibilidades de aproveitamento dos resíduos, já indicadas para ambientes de escritório e decoração, não exigindo altos esforços dos equipamentos mecânicos e da mão-de-obra requisitada para o trabalho de execução, devendo-se a isto principalmente pela facilidade de manuseio com a madeira e da simplicidade nas formas dos produtos apresentados na figura 14.

Porta-lápis

Escaninho

Castaçais

Porta-carta

Porta-revista

Figura 14 - Projetos de produtos de caixeta

5 CONCLUSÕES

No desenvolvimento deste trabalho foi observada a facilidade de manuseio e processamento da madeira de caixeta, além da beleza estética inerente a esta espécie. Entretanto, a quantidade e diversidade de resíduos produzidos no desdobro da madeira, mostra a deficiência do sistema produtivo e a falta de capacitação da mão de obra, alertando para a busca de alternativas que viabilizem meios de produção mais rentáveis e racionais com os recursos naturais, fontes de matéria-prima.

Com a incorporação do *design* as peças e o aproveitamento dos resíduos gerados nos processos de beneficiamento da madeira de caixeta, pode-se promover benefícios as essas comunidades caixeteiras, viabilizando a geração de emprego nos diversos setores de produção dos produtos, o aumento da renda familiar, além da minimização dos resíduos de caixeta e da possibilidade de difusão da cultura regional através da qualidade e da preocupação estética de seus produtos.

Com relação a colagem de caixeta, observou-se que esta não apresenta grandes problemas na execução, entretanto deve-se atentar para fatores como umidade, plano de colagem, quantidade de cola, tempo de cura e a pressão aplicada, para se produzir objetos duráveis e resistentes.

Através dos ensaios pôde-se perceber que tais cuidados são necessários, apresentando resultados gráficos relevantes com variações de um ensaio para outro.

Entretanto as soluções podem ser viabilizadas através de processos simples como a utilização adequada do adesivo e os métodos de colagem das peças facilitando a produção de produtos que visem não apenas o mercado sazonal, mas um mercado permanente, através da diferenciação e melhoramento dos produtos, buscando através do *design* a criação deste produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR 7190. **Projeto de estrutura de madeiras**: NBR 7190, Rio de Janeiro, 1997. p 820 - 836.

BAXTER, M. **Projeto de produto**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 260p.

BERNARDI, R. Por quê painéis de madeira? **Revista da Madeira**, v. 6, n.38, p.38-39.

BONSIEPE, G.; KELLNER, P.; POESSNECKER, H. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq/ Coordenação Editorial, 1984.

COBRA, M. H. N. **Marketing básico**: uma perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 1997. 552p.

DECENA, A. A.; DECENA, L. A.; COSICO, T. B. Profile of the Philippine handicraft industry. **FPRDI Journal**, v. 20, n. ½, p.83-93, Jan./June. 1991.

DIEGUES, A.C.S.(coord.) **A caixeta no Vale do Ribeira**: estudo sócio-econômico da população vinculada a extração e desdobro da caixeta. São Paulo: USP NUPAUB, 1991. 120p.

GALVANO, F. **A construção de móveis**. Lisboa: Ática, 1978. 96p.

HOUWINK, R.; SALOMON, G. **Adhesion and adhesives**. London: Elsevier, 1965. v 2.

- INSTITUTO DE CERTIFICAÇÃO AGRÍCOLA E FLORESTAL. Piracicaba: IMAFLORA. Relatório de Pesquisa de Mercado de Produtos Ecológicos da Mata Atlântica, 1997. n. p
- INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: Convênio SUDESUL; IBDF; SEPL-PR; FUDEF, 1984. p.80-85.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Fichas das características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, Divisão de Produtos Florestais, 1989. 420 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Processos de Colagem**. São Paulo: IPT, Divisão de Produtos Florestais, 1989. 57p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. - **Manual de colagem de madeira**. São Paulo: IPT, Divisão de Produtos Florestais, 1988. 59p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Apostilas do curso de tecnologia e utilização de Madeiras: colagem**. São Paulo, 2000. 26p.
- JANKOWSKY, I.P. **Colagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 45p.
- KEINERT Jr, S & F. WOLF - Alternativas de adesivos a base de tanino para madeira. Curitiba: FUPEF, (13) 1-24.1984. (série técnica).
- LIMA, L.S. - Adesivos para madeira. **Madeira/Móveis**, v. 1, n. 2, p. 80-83, 1983.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 45p.
- MAINIERI, C. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 432p.

- MARQUESINI, M. Manejo de população naturais de caixeta -*Tabebuia cassinioides* (Lam.)D.C. - Fase I, Levantamento de Caixetais. Piracicaba: NUPAUBUSP- Fundação Ford, 1994.48p. (Relatório de pesquisa do " Projeto Caixeta"
- MARRA, A.A. **Technology of wood bonding: Principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, 445p.
- MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 1982. 378p.
- NAHUZ, M.A. R.;MIRANDA, M.J.A.C.; FRANCO, N. **Inovações na área de utilização da madeira de Eucalipto: a fabricação de móveis**. In: WORKSHOP: Técnicas de abate, Processamento e Utilização da madeira de Eucalipto.Viçosa-MG. 1999.
- NOLASCO, A M.; MARTINS,G.M.; MUNIZ, M.R.A. **Artesãos da mata atlântica: módulo paraty**. Piracicaba: ESALQ, 2001.39 p. (Relatório de Pesquisa do Projeto "artesãos da Mata Atlântica").
- NOLASCO, A M. **Minimização e aproveitamento de resíduos florestais da Mata Atlântica: o caso da caixeta: *Tabebuia cassinioides* (Lam.) DC**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 2000. 171P.
- PERUZZI, J. T. **Manual sobre a importância do design no desenvolvimento de produtos**. Bento Gonçalves: SENAI; CETEMO; SEBRAE, 1998. 78p.
- PFEIL, W. **Estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994. 295p.
- PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, 1994. 297p.
- PONTES, R. S. **Aproveitamento dos resíduos da Industria madeireira para usos diversos**. Manaus: INPA, 1991. (Relatório Final).

RAYNER, C.A. A. **Adesivos orgânicos sintéticos**. (reprodução sem data) 21p.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis no Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 294p.

RODRIGUES, M. J. **Sistematização das propriedades das madeiras para uso racional no desenvolvimento de projeto de produto**. São Luís, 1996. 125p.

ROSARIO, L.C. Construções artesanais e industriais em madeira. **Silvicultura**, v.13, n.63, p.32-37, set./out. 1995.

SELLERS, T. **Plywood and adhesive technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 661p.

SOUZA, M.R. **Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: experiência do laboratório de produtos florestais**. Curitiba: IBAMA na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997. **Anais**. Curitiba: Embrapa *Florestas*, 1997.p. 53-56.

TOMASELLI, I. Mercado e comercialização de madeiras. **Revista da Madeira**. n. 38, p. 10-18, 1998.

VIANA, V. M.; NOLASCO, A.M.; MARQUESINI, M. (Coord.) 1994. **Projeto Temático: "Manejo integrado e Sustentável de Floresta de caixeta no Vale do Ribeira - SP"**. Piracicaba: ESALQ, FAPESP, 1994. 105p.

WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA. Curitiba: Resíduos Florestais e Urbanos. **Anais**. Curitiba: Embrapa-*Florestas*, 1997.182p

<http://www.sosmatatlantica.com.br>.