

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAELA FABER DE CAMPOS

ANÁLISE DE PERDAS E DESTINAÇÕES DE RESÍDUOS NO PROCESSO DE  
PRODUÇÃO DE COMPENSADOS LAMINADOS

CURITIBA

2012

RAFAELA FABER DE CAMPOS

ANÁLISE DE PERDAS E DESTINAÇÕES DE RESÍDUOS NO PROCESSO DE  
PRODUÇÃO DE COMPENSADOS LAMINADOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina AT067 Estágio Profissionalizante, como requisito parcial à conclusão do Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque

Co-orientador: Prof. MSc. Rui André Maggi dos Anjos

CURITIBA

2012

Aos meus pais, Marilene e Nilson, pelo apoio.

Aos meus irmãos, Priscilla e Felipe.

Á todos os amigos, que torceram por mim.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

A minha família, pelo apoio financeiro e motivação nos momentos difíceis.

A Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de um ótimo ensino em graduação.

Ao professores Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque, MSc. Rui André Maggi dos Anjos e ao Dr. José Guilherme Prata pela orientação e correções deste trabalho.

Aos amigos, professores e colegas, pela confiança, força e companhia no decorrer das atividades do curso.

Aos profissionais da Madeireira Rio Claro, pelas valiosas informações e dados coletados para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

## RESUMO

Haja vista a grande importância do controle de qualidade na produção de compensados, este trabalho objetivou analisar a produção de compensados laminados pela empresa Madeireira Rio Claro, da cidade de Rio Azul, Paraná, a fim de detectar as possíveis causas das perdas existentes no processo produtivo. A metodologia utilizada para atingir essa tarefa estabeleceu os critérios de observações, medições, anotações criteriosas e cálculos de perdas. As perdas verificadas tiveram as seguintes causas: erros na calibração e na afiação de equipamentos; erros humanos; ausência de modernização em alguns setores/equipamentos e falta de rotinas preventivas frequentes. Diante da avaliação das causas das perdas recomendaram-se as seguintes sugestões: maior periodicidade nas rotinas de inspeção; regulagem e calibração constantes nos equipamentos; construção de obras de melhorias e substituição de equipamentos para modernizar alguns setores; treinamento e rodízio em operações manuais. Foram analisadas a geração e a destinação de resíduos como cascas, roletes de laminação, resíduos de lâminas e de chapas esquadrejadas.

Palavras-chave: Produção de painéis compensados, análise de perdas, destinação de resíduos.

## ABSTRACT

The importance of quality control in the production of plywood, this study aimed to analyze the production of laminated plywood Lumber Company by Rio Claro, the city of Rio Azul, Paraná, in order to detect the possible causes of losses in the existing production process. The methodology used to achieve this task set the criteria of observations, measurements, annotations and careful calculations of losses. The losses were the following causes: errors in calibration and sharpening equipment, human error, lack of modernization in some areas / equipment and lack of routine preventative frequent. Given the assessment of the causes of the losses recommend the following suggestions: high frequency of inspection routines; constant adjustment and calibration equipment; construction of improvements and equipment replacement to modernize some sectors, training and rotation in manual operations. We analyzed the generation and disposal of waste such as bark, laminating rollers, waste sheets and plates squared.

Keywords: Production of plywood, analysis of losses, waste disposal.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ha. – hectares

m<sup>3</sup>– metros cúbicos

kgf/cm<sup>2</sup> – quilogramas-força por centímetro quadrado

kg– quilogramas

WBP – cola fenólica

°C – graus Celsius

m – metros

cm – centímetro

mm – milímetros

n° – número

m<sup>3</sup>/dia – metros cúbicos por dia

% – por cento

g/dia – gramas por dia

R\$ – reais

## LISTA DE SÍMBOLOS

®- marca registrada

@ - arroba

## LISTA DE SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
BNDES– Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
PMVA – Produtos de Maior Valor Agregado
PIB – Produto Interno Bruto
PEA – População Economicamente Ativa
ABPMEX – Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Madeiras
ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
EUA – Estados Unidos da América
MDF –MediumDensityFibreboard
OSB – OrientedStrandBoard
CE – Conformidade Européia

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CADEIA PRODUTIVA DA MADEIRA.....	155
FIGURA 2 - CONSUMO DE TORAS NO BRASIL.....	166
FIGURA 3 - SUBDIVISÕES DO PRODUTO FLORESTAL, PAINÉIS DE MADEIRA.....	212
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS LAMINADOS.....	24
FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS SARRAFEADOS.....	28
FIGURA 6 – RESÍDUOS GERADOS (m <sup>3</sup> /dia), EM CADA SETOR.....	30
FIGURA 7 – EXTREMIDADES DANIFICADAS .....	33

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DE PAINÉIS DE MADEIRA E SUA PARTICIPAÇÃO NO MERCADO, 1998-2000 .....
- TABELA 2 – CRONOGRAMA DE COLETA DE DADOS .....
- TABELA 3 – MÉDIA DE DADOS DOS ROLETES COMPRIDOS RESIDUAIS .....

## LISTA DE FÓRMULAS

- EQUAÇÃO 1 – RESÍDUO GERADO NO SECCIONAMENTO .....
- EQUAÇÃO 2 – RESÍDUOS GERADOS NA MONTAGEM DAS CHAPAS .....
- EQUAÇÃO 3 – RESÍDUOS GERADOS NO ESQUADREJAMENTO.....

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 SETOR FLORESTAL .....	14
2.2 CADEIA PRODUTIVA DE MADEIRA.....	14
2.3 RESÍDUOS .....	17
2.3.1 Resíduos na indústria madeireira.....	17
2.3.2 Tipos de resíduos.....	18
2.3.3 Resíduos na Indústria de Compensados .....	19
2.4 AVALIAÇÃO E RENDIMENTO NA MANUFATURA DE PAINÉIS.....	20
2.5 COMPENSADOS.....	21
2.5.1 Compensados multilaminados .....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1 EMPRESA E EQUIPAMENTOS .....	25
3.2 COLETA DE DADOS.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
4.1 QUANTIFICAÇÃO E CAUSAS DAS PERDAS.....	29
4.1.1 Pátio de toras .....	30
4.1.2 Cozimento .....	31
4.1.3 Laminação.....	31
4.1.4 Seccionamento .....	33
4.1.5 Secagem, classificação e pré-montagem.....	34
4.1.6 Aplicação de cola e montagem .....	35
4.1.7 Prensagem.....	36
4.1.8 Acabamento .....	36
4.2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO .....	37
4.3 SUGESTÕES PARA DESTINAÇÃO DE ROLETES .....	39

4.3.1 Fins estruturais e decorativos .....	40
4.3.2 Produção de novo produto .....	40
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	41

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui considerável porcentagem das florestas tropicais do mundo e grande incentivo ao reflorestamento, tornando-se assim um país de grande potencial neste ramo, pois há grande extensão disponível para o plantio e posterior espera do desenvolvimento das árvores. As fábricas de compensados têm isto como importante fator, já que as toras destinadas à laminação devem ter por volta de vinte centímetros de diâmetro, ou seja, são florestas consideradas antigas.

Mesmo o setor de compensados ter tido queda de preferência devido a alternativas como chapas reconstituídas, ainda é de grande importância na indústria. A maioria das empresas destinadas à fabricação de painéis de compensados, em sua maioria localizada no interior, possui uma administração geralmente familiar, e se mostra de grande importância na geração de empregos e na cadeia produtiva da indústria.

Diversos problemas são observados e dentre os principais neste setor são as perdas que acontecem devido à ausência de controle de qualidade e até mesmo estudos e análises, os quais pela falta de monitoramento ocasionam problemas constantemente observados, como obsolescência dos equipamentos, dificuldades em inovações tecnológicas, plantas industriais mal planejadas, baixo poder de negociação junto a fornecedores e clientes, má acessibilidade para logística satisfatória, falta de qualificação de recursos humanos, rendimento não desejável devido a perdas durante o processo, insuficiência de controles e de informações, entre outros.

Os resíduos em todos os setores industriais são de grande preocupação atualmente. No decorrer dos anos alguns desperdícios produzem resíduos e esta cada vez mais nítida a necessidade de novas medidas de tratamento, e/ou melhor, aproveitamento da matéria-prima e insumos.

### 1.1 OBJETIVOS GERAIS

Este estudo teve a finalidade de analisar o processo de produção de compensados em uma indústria madeireira, a fim de detectar as perdas no processo e avaliar as suas prováveis causas.

Contribuir no processo de transformação da matéria-prima madeira em compensados e oferecer uma maior atenção às destinações dos resíduos, observado na prática as perdas quantitativas da matéria-prima. Quais as melhores ações a serem implementadas aos materiais descartados como resíduos, que ainda podem ser de grande utilidade, agregando valor e não apenas visando-os como combustível.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo principal e possibilitar a análise do segmento industrial do estudo, foram abordados os seguintes objetivos específicos:

- A) Observar as ações durante o processo de produção;
- B) Classificar resíduos gerados pela produção;
- C) Apresentar sugestões para diminuir as perdas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SETOR FLORESTAL

Cerca de 2/3 do território nacional é coberta por florestas naturais e plantadas no Brasil, abrangendo 544 milhões de ha do território nacional. Na região Amazônica predominam as florestas tropicais, naturais, e estas correspondem a quase 539 milhões de ha, enquanto que as florestas plantadas abrangem pouco mais de 5 milhões de ha. Desde o início da colonização brasileira ocorre o extrativismo de madeira, sabendo-se que houve períodos de exploração sem controle algum. Contudo foi de grande importância sua contribuição ao desenvolvimento econômico e social do país (ABIMCI, 2009).

O setor florestal no decorrer dos anos apresenta-se em dois estágios: no primeiro estágio, a produção florestal foi responsável pela devastação de representativas áreas florestais nativas, por exemplo, a mata atlântica e a floresta de pinhais. O estágio atual, com melhor grau de industrialização e uso da matéria-prima, é caracterizado por um avanço tecnológico importante, onde houve um acréscimo produtivo de derivados da madeira, para várias fábricas com diversas finalidades, como, celulose e papel, de móveis, de madeiras serradas, de laminadas e de outros produtos de exportação, além da utilização energética, a qual também é de grande participação para o País (FRANCO, 1991 citado por DIMAS, 2001).

### 2.2 CADEIA PRODUTIVA DE MADEIRA

A questão florestal no Brasil é geralmente abordada de forma parcial, através dos diversos setores que utilizam madeira como insumo principal, frequentemente o de celulose e papel ou sob a perspectiva ambiental. Observa-se, que o setor florestal e a atividade de extração de madeira possuem uma dinâmica específica determinada pela oferta de madeira e pela produtividade das florestas. Ainda que cada tipo de produto florestal possua um mercado próprio, as condições para o seu desenvolvimento estão associadas à base florestal, tornando-os interdependentes (JUVENAL, MATTOS, 2003).

A cadeia produtiva da madeira contempla sua produção para energia (carvão vegetal e lenha), serrados, painéis e polpa para a produção de papel. No mundo inteiro, o setor florestal tem papel fundamental no fornecimento de matéria-prima para energia e para a construção civil e de transformação (Figura 1). O setor florestal brasileiro desenvolveu uma complexa estrutura produtiva, devido as suas florestas nativas, da importância mundial da indústria papelreira, de suas florestas de pinus e eucaliptos e das relações entre os produtores de equipamentos, insumos, projetos de engenharia e as empresas de produtos florestais (BNDES).

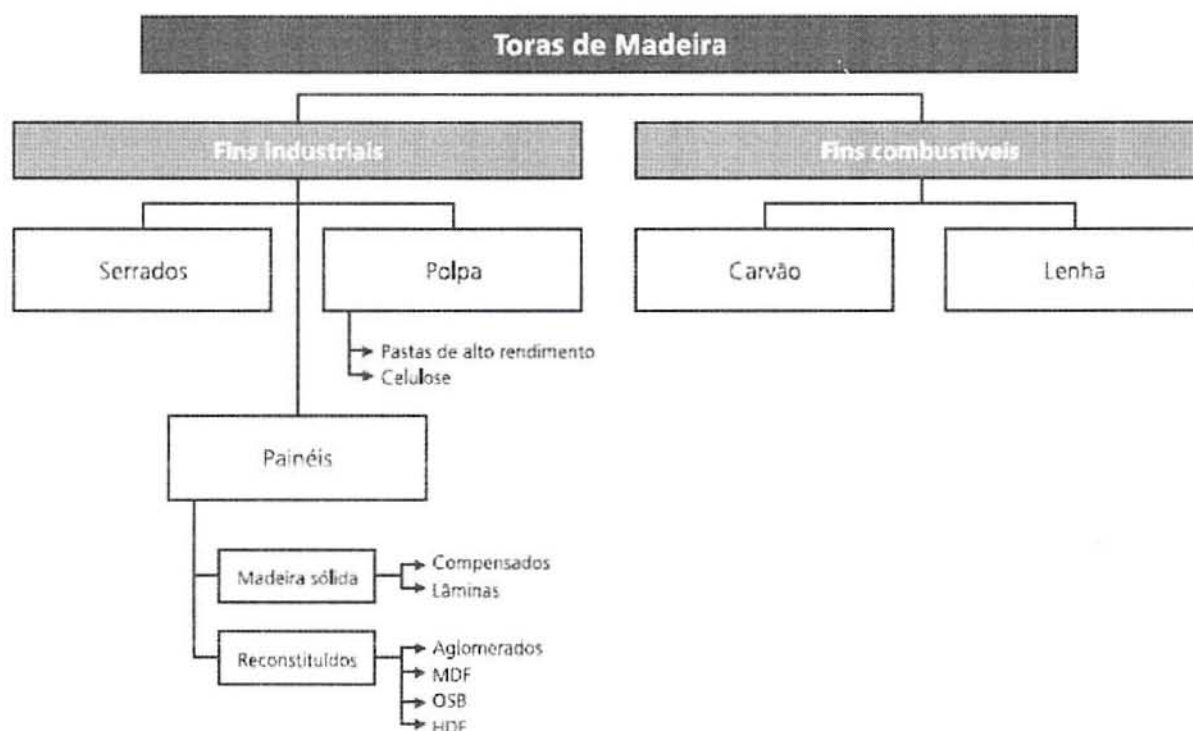


FIGURA - CADEIA PRODUTIVA DA MADEIRA.

FONTE: BNDES.

No cenário econômico e social, em 2006, a indústria de base florestal correspondeu a 3,5% do PIB nacional, representando um importante valor de aproximadamente US\$ 24,3 bilhões. Considerando somente a categoria de madeira processada mecanicamente, que envolve a madeira serrada, os compensados e os PMVA, a soma foi de US\$ 12,8 bilhões, representando 1,2% do PIB nacional (ABIMCI, 2007).

Segundo a mesma fonte foram empregados na indústria de base florestal, cerca de 8,5 milhões de pessoas, representando 8,7% da PEA do

Brasil, sendo que 2,12% da PEA nacional foram gerados pela indústria de madeira processada mecanicamente, o que representa 2,1 milhões de empregos gerados.

Em relação às exportações, em 2007, o setor florestal representou 6,2% do total do país, com US\$ 8,5 bilhões e 3,3% somente pela indústria de madeira processada mecanicamente, tendo, esta última, um superávit na balança comercial de US\$ 3,9 bilhões ou 8,5% do superávit nacional. São esperados no setor florestal até 2014, investimentos de US\$ 18 bilhões e especificamente para a indústria de madeira processada mecanicamente, cerca de US\$ 5 bilhões (ABIMCI, 2007).

O consumo de madeira em toras no país é de cerca de 300 milhões de m<sup>3</sup>/ano, distribuído conforme figura 2:

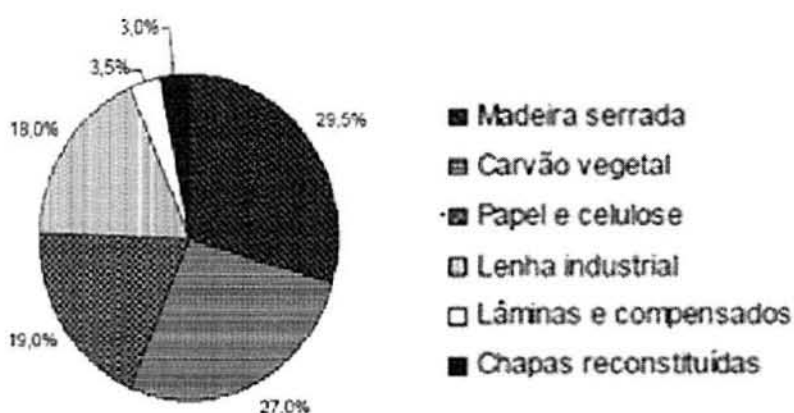


FIGURA - CONSUMO DE TORAS NO BRASIL.

FONTE: SANT'ANA E FREITAS (2007).

A madeira serrada corresponde a maior porcentagem de transformação da tora em produto, em 2007, totalizando 88,5 milhões de m<sup>3</sup>. Logo em seguida no ranking quantitativo, vem o carvão vegetal, com 81 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Em terceiro lugar destaca-se a indústria de papel e celulose, representando 57 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Em quarto lugar, a lenha industrial com 54 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Em quinto lugar, e em menor quantidade, devido as grandes dimensões de toras que levam maior tempo para se desenvolver, estão as lâminas e compensados com 10,5 milhões de m<sup>3</sup> por ano. E por último, estão

as chapas reconstituídas com apenas 9 milhões de m<sup>3</sup> por ano SANT'ANA E FREITAS (2007).

No ano de 2009, a produção de compensados da espécie de pinus reduziu 15,8%, pelo quarto ano consecutivo, em relação a 2008, totalizando 1,6 milhões de m<sup>3</sup>. A produção e comercialização deste vêm sendo afetada devido à valorização do Real frente ao Dólar americano, e também pela crise global. Este produto é diretamente afetado pela reação no mercado externo, devido ao grande volume exportado anualmente. Porém, o consumo interno de compensado de pinus aumentou aproximadamente 8,6% em relação a 2008, totalizando 604 mil m<sup>3</sup>. Isto, de certa forma, pode ser interpretado como um crescimento no segmento da construção civil, consumidor de produtos de madeira, dentre elas o compensado (ABRAF, 2010).

O compensado de *Pinus* produzido no país tem sido destinado, principalmente, ao Reino Unido, Alemanha e Estados Unidos, representando cerca de 53% do total exportado, o equivalente a 549.277 m<sup>3</sup>. Entre 2008 e 2009, ocorreu uma queda expressiva na exportação deste produto madeireiro, devido à crise da construção civil nos EUA e em países europeus, afetando também, negativamente, os preços relativos do produto (ABRAF, 2010).

## 2.3 RESÍDUOS

Resíduos são as descargas de materiais provenientes de processos industriais, agrícolas, comerciais, e das ações da comunidade (FIGUEIREDO, 1995). O lixo urbano é também definido como qualquer resíduo resultante das atividades da rotina humana na sociedade. Constituídos de sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeiras, latas, vidros, poeiras, e outras substâncias descartadas pelo homem no meio ambiente (LIMA, 1995).

### 2.3.1 Resíduos na indústria madeireira

A retirada da árvore na floresta, o carregamento do caminhão, desdobro da tora, manuseio, classificação, transporte, secagem, lixamento e acabamento, transformando a matéria-prima em produto final acabado. Em todas estas atividades há geração de grandes perdas, sendo os resíduos um dos fatores resultantes mais problemáticos. Nas indústrias no Brasil é comum não haver

tratamento adequado a esses resíduos, tratando-se de perdas econômicas e abusos no aspecto ambiental, pois, ao contrário que o recomendado, estes são deixados a céu aberto, queimados sem perspectivas futuras, despejados em aterros sanitários ou em lugares inapropriados, como margem de rio, lagos e outros (ABIMCI, 2009).

Devido a este fato, atualmente, grandes progressos vêm sendo observados nas empresas madeireiras, seguindo exemplos de países desenvolvidos. Hoje, os empresários buscam alternativas através de diversas tecnologias de descarte dos resíduos gerados. Isto pode ser considerada uma estratégia de reconhecimento pela postura ecologicamente correta, visando também como uma forma de gerar receitas a partir do resíduo para a empresa. Vale lembrar que quanto maior o desperdício, menor será o rendimento da empresa (ABIMCI, 2009).

Quando os resíduos de madeira não são bem aproveitados, estes se tornam um problema, principalmente pela necessidade de espaço para seu armazenamento; prejuízo econômico com o desperdício de um material que pode ser transformado em outros produtos, e maior pressão sobre as florestas existentes, devido à necessidade de maiores quantidades de matéria-prima (BRITO, MATOS, 1993).

Na floresta, quase que somente o fuste comercial, que vai da base da tora até um diâmetro mínimo pré-estabelecido é aproveitável. Os galhos e as ponteiros das árvores são deixados no campo como resíduo, representando cerca de 20% da madeira existente na floresta (BRITO, 1996).

### 2.3.2 Tipos de resíduos

Os principais resíduos gerados nas diversas etapas do processamento da madeira são divididos em resíduo primário da madeira, provenientes de serrarias e laminadoras, e em resíduo secundário da madeira, gerados a partir de beneficiamento e produção de compensados, os quais são representados por cascas, costaneiras, pó-de-serra, pó-de-lixia, refilos, destopos e peças descartadas no processo de classificação (ABIMCI, 2009).

### 2.3.3 Resíduos na Indústria de Compensados

Na indústria de compensados o padrão médio dos resíduos são provenientes de destopo (1,9%), rolo-resto (6,6%), resíduos de lâminas externas (úmido: 9,3%), (seco: 4,4%), resíduos de compensado (3,2%), pó de lixa (1,2%), serragem (0,8%) e casca (0,3%) (MIYAZAKI, 1989).

Em outra indústria de compensados, provenientes da matéria-prima de gênero *Pinus*, se tratando de uma empresa localizada no sul do Brasil, foi constatado que é produzido 1,9 m<sup>3</sup> de resíduos para cada m<sup>3</sup> de compensados, considerando a laminação e as atividades de manufatura dos painéis. Relatou-se que, considerando todo o processo produtivo, a geração de resíduos é 65% quando considerado todo o processo produtivo, e deste valor, 89% é proveniente da laminação e, apenas 11% da fabricação até embalagem (SILVA, 2001).

A geração de resíduos no processo industrial de compensados começa na qualidade das lâminas, que depende diretamente dos defeitos presentes como nós, variação de espessura, ondulações, cor e desenho, pois geram perdas em rendimento, comparadas a tora inicial, sendo que são eliminados durante a classificação através de cortes das lâminas. O ajuste das dimensões geram os refilos e o ajuste de espessura gera o pó de lixa. Os equipamentos e operadores também participam da geração de resíduos, pois se a espessura de corte for grande, ocasiona uma perda maior de material. Defeitos de dimensões das peças ocorrem pela falta de manutenção, vibrações dos equipamentos e falta de paralelismo e alinhamento das chapas (OLANDOSKI, 2001).

O operador tem grande participação na produtividade, qualidade do produto, taxa de recuperação da matéria-prima e geração de erros durante a operação. Sendo assim, imprescindível são o treinamento e a imposição das exigências de qualidade aos produtos finais, pois é impossível a comercialização de painéis defeituosos, gerando ainda resíduos (OLANDOSKI, 2001).

O resíduo gerado neste leque madeireiro é semelhante em relação à destinação do resíduo gerado na serraria e na indústria de assoalho, sendo quase todos consumidos como combustível (MIYAZAKI, 1989).

## 2.4 AVALIAÇÃO E RENDIMENTO NA MANUFATURA DE PAINÉIS

Em estudo realizado para a determinação de rendimento durante a fabricação de compensados, provenientes de florestas de coníferas, e também da destinação dos resíduos, concluiu-se que de uma tonelada de tora sem casca obtêm-se 0,45 t de compensado sem lixamento, incluindo cola; 0,06 t de lâminas aplainadas para uso em miolos de painéis; 0,08 t de partículas com destinação para chapas de partículas; 0,30 t de partículas com destinação para polpa; e 0,12 t de partículas com destinação para combustível (KOCK, 1976).

Nas Filipinas, também foi avaliado semelhante rendimento e geração de resíduos em indústrias de compensados, sendo que uma tonelada de toras pode produzir 0,47 t de compensado, 0,36 t de partículas para uso em chapas de partículas, 0,07 t de perdas e 0,10 t de partículas para uso de combustível (EKONO, 1980).

Na Malásia e Indonésia, as perdas representaram 53% do processo produtivo, sendo que 43% estavam relacionadas à laminação e classificação das lâminas e, os 7,5% restantes, eram relacionadas ao esquadrejamento, e 3,0% ao lixamento dos painéis (ANDRADE, 1992).

No Brasil, a avaliação proveniente de espécies tropicais, mostrou que quando processadas espécies de várzea há um rendimento médio de 38%, e em espécies de terra firme, 42%. Considerando que esses resultados partem desde o pátio de toras, até a finalização da atividade de laminação (TOMASELLI, 1992).

No sul brasileiro, em avaliação de indústria de compensados, sarrafeados e aglomerados revestidos, processadas toras de madeira tropical, foi encontrado rendimentos de 95 a 97% nas esquadrejadeiras, 91% na lixadeira e 91% na refiladeira e encoladeira (OLANDOSKI, 2001).

Nas indústrias de compensados no Estado do Paraná, a ponderação do rendimento médio resultou em 36,52%, sendo que no processo de laminação, é onde há a maioria de ocorrência de perdas. Na manufatura, a esquadrejadeira tem rendimento de 89,8% e a lixadeira, 95,6% (BONDUELLE et al., 2004).

Na fabricação de painéis sarrafeados, o rendimento representa 43,75% no processo produtivo, desde os sarrafos verdes até o acabamento do painel (ECKER et al., 2003).

## 2.5 COMPENSADOS

O produto de madeira compensado é conhecido por ser de grande equilíbrio estrutural, quando comparado à madeira sólida, pois esta é muito instável nos diferentes sentidos em relação a sua resistência e alterações dimensionais. A laminação cruzada é responsável por esta grande vantagem na fabricação de compensados, pois as lâminas são sobrepostas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes. Outras vantagens em relação à madeira serrada é o maior rendimento da tora, obtenção de chapas de maiores dimensões e menor custo do produto final (IWAKIRI, 2005), figura 3.

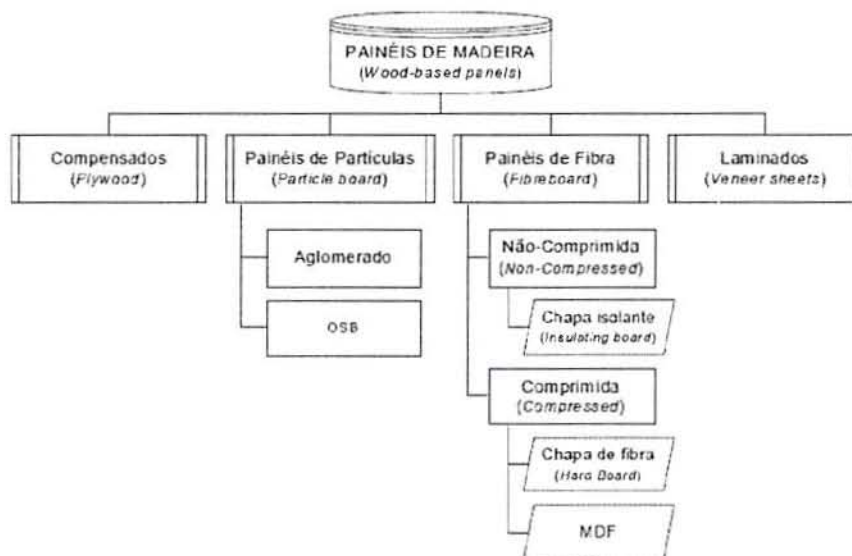


FIGURA-SUBDIVISÕES DO PRODUTO FLORESTAL, PAINÉIS DE MADEIRA  
FONTES: UNECE (2001), FAO (2002).

A indústria brasileira de painéis de madeira, em relação ao mundo, sempre esteve atrasada, bem como alguns outros produtos e serviços, já se tratando de um país subdesenvolvido, pois a maioria das plantas industriais de compensados, chapas de fibras, aglomerados, OSB e MDF, chegaram ao Brasil com um atraso médio de mais de duas décadas (BRASIL, 2002).

Isso se deve ao fato do início da atividade produtiva de painel compensado iniciar apenas em torno de 1940, sendo que no mundo ocorreu em torno de 1913. No Brasil, as primeiras instalações aconteceram no Sul do país, mas devido a principal matéria-prima ter sido a tradicional espécie *Araucaria angustifolia*, a qual foi excessivamente extraída, somado à expansão

da agricultura, os madeireiros migraram suas fábricas para o Norte nos anos 70 (PRATA, 2006).

O Governo Federal, neste mesmo período, iniciou incentivos fiscais para o plantio de florestas nas regiões Sul e Sudeste, com objetivo de reflorestamento de espécies de crescimento rápido, introduzindo espécies provenientes da costa leste dos EUA como *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, as quais se adequaram muito bem as condições ambientais e do solo (ABIMCI, 2003).

A participação percentual de compensados sofreu variações no decorrer dos anos, mesmo que a tendência do mercado brasileiro fosse ascendente, no final de 70, mesmo considerado o principal produto, decrescia, enquanto os painéis de fibra e de partícula que seguiam respectivamente atrás, porém, cresciam. Na década de 80, até começo de 90, as tendências se inverteram, sendo que este crescimento da produção do compensado estava relacionado à estagnação das indústrias de painéis de fibra e de partícula. Porém, o cenário do final da década de 90 voltou a se assemelhar ao da década de 70, havendo novamente inversão das tendências, seguindo assim até os dias de hoje, porém, o compensado permanecendo sempre em primeira colocação, os painéis de fibra decrescendo e os de partículas crescendo (BRASIL, 2002).

Nos EUA a produtividade no período entre 1998 e 2000, corresponde 25,6% da produção mundial de painéis, grande potencial relacionado a todos os outros países, sendo que a China, que fica logo atrás, representa 8,2%. No total, os maiores produtores representam quase 70% do mercado, e o Brasil apenas 2,6% (BRASIL, 2002), tabela 1.

TABELA 1 – PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DE PAINÉIS DE MADEIRA E SUA PARTICIPAÇÃO NO MERCADO, 1998-2000

PAÍS	PRODUÇÃO (em m <sup>3</sup> )	RELATIVA %	ACUMULADA %
EUA	44.585.333	25,6	25,6
China	14.334.000	8,2	33,8
Canadá	13.754.150	7,9	41,7
Alemanha	12.960.667	7,4	49,2
Indonésia	8.806.333	5,1	54,2
Malásia	5.752.333	3,3	57,5
Japão	5.752.000	3,3	60,8
França	5.331.052	3,1	63,9
Itália	5.310.000	3	66,9
Brasil	4.506.333	2,6	69,5
outros	53.110.704	30,5	100

TOTAL	174.202.906	100
-------	-------------	-----

Fonte: FAO (2002).

O compensado no Brasil é subdividido em Compensado de madeira tropical, cuja matéria-prima é oriunda de florestas nativas, geralmente localizadas no Norte e Centro-Oeste, compensado de florestas plantadas, provenientes de reflorestamento, principalmente *Pinus* e *Eucaliptus*, geralmente no Sul e Sudeste brasileiro e compensado "combi", cujas faces são de madeira tropical e miolo em madeira de *Pinus* (ABIMCI, 2003).

#### 2.5.1 Compensados multilaminados

Internacionalmente denominado *veneer plywood*, o compensado de lâminas é fabricado a partir da junção de duas ou mais folhas de madeira, alternando as folhas resultando no cruzamento da grã das folhas, perpendicularmente, formando um ângulo reto (FAO, 2001) Figura 4.

#### FIGURA 4 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS MULTILAMINADOS (FONTE: A AUTORA)

A junção de lâminas ocorre através de colagem quando não é alcançado as dimensões finais das chapas, usuais em miolos, sendo que as capas não passam por este processo, já que são lâminas 'inteiras', sem nenhuma junção (IWAKIRI, 2005).

A preparação do adesivo depende do tipo de resina e da formulação requerida para que haja uma boa qualidade do compensado. Para isso, são misturados a resina, extensor, água, catalisador, materiais de enchimento, e aditivos químicos como retardantes de fogo, imunizantes contra agentes biodegradadores. Nesta etapa devem ser controlados parâmetros importantes como viscosidade e teor de sólidos. A aplicação pode ser por rolos, spray, cortina ou por extrusão onde a gramatura deve ser controlada dependendo do tipo de resina, espessura de lâmina e formulação (IWAKIRI, 2005).

A montagem é basicamente a sobreposição das lâminas, obedecendo o cruzamento entre elas. A sequência é capa, logo os miolos (curto e longo) e por fim a contra-capa, resultando em número ímpar de camadas. Logo é necessário o chamado tempo de assemblagem que condiciona a absorção do

adesivo pelas lâminas, sem o tempo transcorrido entre a montagem e o carregamento da prensa quente (IWAKIRI , 2005).

Na pré-prensagem necessária para o aumento da qualidade de colagem, produção e diminuição de defeitos de fabricação, auxiliando na distribuição homogênea do adesivo, e agilizar o carregamento da prensa (IWAKIRI, 2005).

A prensagem pode ser feita em prensas que possuem sistemas de aquecimento elétrico, a óleo ou a vapor, sendo esta mais usual. A manutenção dos pratos de prensa é diretamente proporcional a qualidade dos painéis, juntamente com os parâmetros controlados de cada ciclo de prensagem, sendo eles, a pressão, temperatura e tempo de prensagem (IWAKIRI, 2005).

Após saírem da prensa necessitam que haja estabilização do teor de umidade e temperatura, permanecendo em um período de acondicionamento, que visa também a cura adicional da resina. O acabamento também envolve o esquadrejamento das chapas, sendo normalmente composto de duas serras circulares que fazem dois cortes simultâneos em cada lado da chapa, obtendo cortes precisos e lisos. A calibração e lixamento também são realizados finalizando na espessura e eliminação de pequenos defeitos (IWAKIRI, 2005).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 EMPRESA E EQUIPAMENTOS

O presente trabalho foi realizado na empresa Madeireira Rio Claro, localizada na cidade de Rio Azul, Paraná. A empresa teve sua origem na localidade de Rio Claro do Sul, no município de Mallet, Paraná, em 1965, tendo como atividade principal processar madeira serrada proveniente de florestas nativas existentes na época.

Em 1985 a empresa abriu a filial na cidade de Rio Azul, com a aquisição de uma antiga fábrica de compensados. Com a diversificação no ramo madeireiro, passou a produzir lâminas de *Pinus* para sua própria utilização e também compensado, produto destinado principalmente para construção civil, indústria moveleira e montadora de carrocerias de ônibus e caminhões.

Em 1997, a empresa deu um importante passo em seu desenvolvimento, passando a exportar parte de sua produção para países da Europa e América do Norte, havendo necessidade das certificações para se enquadrar nas exigências Européias e Americanas.

Atualmente existem cerca 295 funcionários, sendo uma das maiores empresas deste segmento na região, com uma produção mensal de aproximadamente 3.300 m<sup>3</sup> de compensado, onde grande parte da produção, cerca de 80%, é destinada para exportação, para países como Turquia, Uruguai, Venezuela, Alemanha, Jamaica e Argentina.

Os equipamentos utilizados na produção de compensados são os tratores, empilhadeiras, caldeiras, tornos, guilhotinas, secadores, juntadeira de lâminas, batedeiras de cola, passadeiras de cola, pré-prensas, prensas, esquadrejadeira, calibradora e lixadeira. Os equipamentos utilizados para auxílio na coleta de dados foram trena de 5 m de comprimento, paquímetro digital, medidor de umidade digital, balança digital e prancheta de anotações. Os equipamentos de proteção individual utilizados foram óculos e protetor auricular.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Nenhuma alteração no processo produtivo foi feita para a realização da coleta, sendo assim, foi realizada no cotidiano normal da empresa, sem alterações no ritmo e forma de trabalho, para a determinação real da geração de resíduos provenientes do processo produtivo de compensados, gerando dados reais.

Durante o período de Março a Maio de 2012, foi estabelecida uma semana de observação e coleta de dados em cada setor. A coleta foi feita de forma pontual e através de amostragem, divididas em setores. Na tabela 2 é apresentada a cronologia da coleta.

TABELA 2 – CRONOGRAMA DE COLETA DE DADOS

PERÍODO (semana)	SETOR	CARGA HORÁRIA (horas)
5 de Março	Pátio de Toras	24
12 de Março	Cozimento	24
19 de Março	Laminação	24
26 de Março	Seccionamento	24
2 de Abril	Secagem	24
9 de Abril	Classificação e pré-montagem	24
16 de Abril	Preparação do adesivo	24
23 de Abril	Aplicação de cola e montagem	24
30 de Abril	Prensagem	12
7 de Maio	Usinagem	24
14 de Maio	Calibração	24
21 de Maio	Lixamento	24

No pátio de toras a coleta de dados teve atuação no descarregamento dos caminhões, onde foi feita, primeiramente, a avaliação visual, seguido da conferência da nota fiscal que os motoristas apresentavam. Nas notas fiscais em que as toras eram próximas ao diâmetro recusado pela empresa, era feita a medição com a trena para conferência em todas as toras do caminhão. Aquelas abaixo de 18,0 cm eram separadas, não participando das classes diamétricas dispostas pelo pátio.

A observação durante o manuseio pelos tratores das toras foi feita para avaliação da geração das cascas como resíduos, tanto no pátio de toras, quanto no cozimento e carregamento dos tornos. Usou-se trena para medição dos depósitos de cascas.

Na laminação, devido ao torno ser um equipamento que desenrola a lâmina de madeira, foi proposto a metodologia: medição de todos os

resíduos através de trena e medidor de umidade. As extremidades das toras que eram retiradas, para atender as dimensões do equipamento ou, até mesmo, para eliminação das extremidades comprometidas das toras, também foram observadas e analisadas.

No setor de seccionamento foram analisados e medidos os resíduos através da trena e paquímetro digital. Tanto na laminação quanto no seccionamento, a avaliação ocorreu um dia em cada equipamento, já que se trata de quatro tornos. Para análise das perdas de uma lâmina foi medida seu comprimento antes e depois do seccionamento, através da fórmula 1.

#### EQUAÇÃO 1 – RESÍDUO GERADO NO SECCIONAMENTO

Sendo:

P=resíduo gerado em porcentagem

CA=comprimento antes do seccionamento

CD=comprimento depois do seccionamento

No setor de secagem, classificação e pré-montagem das chapas, apenas observações foram realizadas, pois as únicas medições feitas foram nos depósitos de resíduos, com trena, pois neste setor poucos resíduos são gerados.

Na preparação e aplicação de cola, foram observadas e quantificadas as perdas através de balança digital. A gramatura ideal das lâminas a serem coladas foi referência para análise das perdas da cola, conforme fórmula 2.

#### EQUAÇÃO 2 – RESÍDUOS GERADOS NA MONTAGEM DAS CHAPAS

Sendo:

P=resíduo gerado em porcentagem

GR = gramatura real

GI = gramatura ideal

Na montagem das chapas até sua prensagem, foram feitas análises e medições de amostras de resíduos, que são desprendidas das chapas durante o manuseio. No acabamento também foram feitas medições com trena e paquímetro, usando a mesma metodologia usada no seccionamento de lâminas, conforme a fórmula 3.

### EQUAÇÃO 3 – RESÍDUOS GERADOS NO ESQUADREJAMENTO

Sendo:

P=resíduo gerado em porcentagem

CA=comprimento antes do esquadrejamento

CD=comprimento depois do esquadrejamento

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 QUANTIFICAÇÃO E CAUSAS DAS PERDAS

Após a realização da análise do processo produtivo em cada setor, foi possível quantificar os resíduos gerados em cada um deles. A Figura 6 apresenta os resíduos gerados diariamente em cada setor.

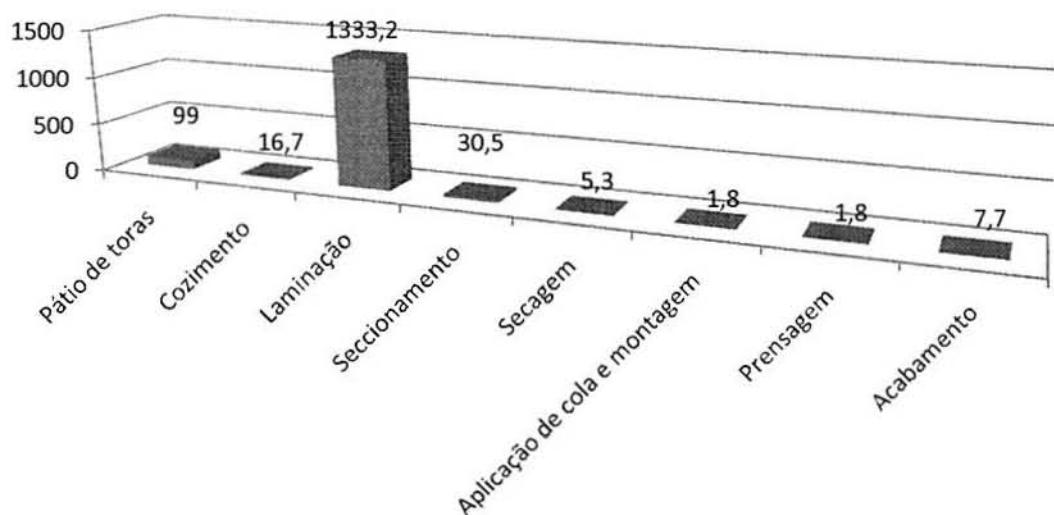


FIGURA 6 – RESÍDUOS GERADOS(M³/DIA), EM CADA SETOR

A Figura 6 apresenta a quantidade de resíduos gerada na empresa em cada setor, considerando operação máxima de todos os equipamentos e média de volume bruto de madeira processado de 5000 m<sup>3</sup>. É nítida a grande geração no setor de Laminação, já que a média de diâmetro do rolo resto é aproximadamente 6 cm. Pátio de toras e Seccionamento são os setores que vem logo em seguida no ranking em geração e os outros setores somados chegam ao valor deste último.

Os resíduos gerados na laminação do tipo rolo resto possui grande diâmetro, porém metade destes passam pelo torno roleteiro, o qual diminui significativamente este diâmetro, sendo que as toras cilíndricas tornam-se

vantajosas nesta operação. As lâminas não são consideradas quebradiças na laminação, pois o cozimento é realizado dentro dos conformes.

Esta informação, para análise das perdas, poderá ser de grande utilidade. Além disso, pela mesma figura, verifica-se a elevada geração de roletes provenientes da laminação, principalmente se comparado com os outros setores.

A perda em si será detalhada já que grande parte destes resíduos é vendida pela empresa para terceiros.

#### 4.1.1 Pátio de toras

Toda a madeira recebida é separada por bitola, comprimento e qualidade, sendo elas de espécies de *Pinus taeda* e *elliottii*, as quais sempre são retiradas 5,0 cm de destopo, já que são com comprimentos médios, da largura da carroceria do caminhão, ou seja, 2,65 cm.

Os resíduos neste setor correspondem a 6,6% em relação ao total de geração e são toras que não se adequam aos diâmetros que compensam ser laminados, ou seja, abaixo de 18,0 cm, sendo eles as ponteiros de vários comprimentos, entre 1,20 m e 2,65 m, com diâmetros também variando entre 8,0 e 17,0 cm.

São chamadas de ponteiros, as toras retiradas da parte superior da árvore. Os galhos e folhas aciculares são deixados na floresta como resíduos, juntamente com a serragem proveniente da operação de corte das árvores, com motosserras, não foram analisadas neste trabalho.

As toras tortuosas ou com reentrância de galhos também são geradores de resíduos, porém o maior responsável por isto fica por conta das cascas, que se desprendem das toras ao serem manuseadas no ato do descarregamento dos caminhões.

Toda porcentagem de geração de resíduos deste setor é comercializada, as ponteiros compridas entre 8,0 e 17,0 cm são vendidas por R\$ 35,00 por m<sup>3</sup> e as curtas entre 13,0 e 17,0 cm por R\$ 25,90 por m<sup>3</sup>.

As maiores causas de geração de resíduos neste setor ficam por conta dos operadores na floresta, considerando que deve haver maior

aproveitamento da árvore e seleção da qualidade natural das toras, podendo gerar mais ou menos cascas, serem mais ou menos tortuosas ou com mais ou menos reentrâncias de galhos.

Outra causa é o chão batido do pátio que durante o carregamento/ descarregamento das toras fazem as sujeiras, como terra e areia, aderirem às toras, ocasionando desperdícios de vapor, na posterior etapa de cozimento. A quantidade de sujeira impregnada somados resulta alguns quilos.

#### 4.1.2 Cozimento

O setor de cozimento é de baixa geração de resíduos, representando apenas 1,1%. Toda água utilizada nos tanques passa por filtro de gordura onde são retirados casca e areia, fazendo o reaproveitamento de toda água. Assim, neste setor praticamente só as cascas são residuais, pois devido ao amolecimento das toras, são facilmente removidas durante o manuseio de carregamento e descarregamento das toras nos tanques.

Uma das causas é devido às dimensões das toras chamadas de pés, que são aquelas retiradas da parte inferior da árvore, tem maior área superficial, assim, sendo maiores geradoras de cascas como resíduos.

As caixas que são acumulados estes resíduos tem dimensões de 1,22 m × 1,22 m × 2,50 m, sendo que de todos os oito tanques são gerados apenas uma caixa por dia, sem prensagem, resultando em 3,72 m<sup>3</sup> de cascas. Quando são cozidos somente os chamados pés, é gerada uma caixa por tanque, resultando 29,7680 m<sup>3</sup> de cascas por dia nos oito tanques. Uma sugestão seria descascar as toras antes do cozimento.

#### 4.1.3 Laminação

Os resíduos gerados nesta etapa do processo são os chamados roletes, sendo o maior gerador de resíduo, correspondendo a 89% de todos os setores, sendo idêntico aos valores da literatura segundo SILVA, 2001. São as toras com dimensões de comprimentos reduzidos e limpas, que devem estar por

volta de 52°C no momento da laminação. As cascas, que são as primeiras a ser laminadas, na parte mais superficial da tora, são também residuais neste processo.

O torno 04, recém-instalado na empresa, FEZER, gera roletes com um diâmetro médio de 8,0 cm e 2,60 m de comprimento, seguindo para nova laminação, no torno 03, da mesma marca chamado 'roleteiro', pois possui maior potencial em laminação, podendo chegar até 5,0 cm de diâmetro do resíduo rolete.

O torno 01, VANTEC, também segue esta mesma lógica, porém sua transferência até o torno 03 é através de correntes, automatizada. Já no caso do torno 04 a transferência fica por conta do operador de empilhadeira, já que sua localização não é próxima.

Antes do reaproveitamento no torno 03, às vezes é necessária a retirada das extremidades das toras previamente laminadas, pois estas geralmente estão danificadas devido ao gancho, isto permite produção de lâminas isentas de defeitos. Por isto, este também é quantificado juntamente nesta etapa.



FIGURA 7 – EXTREMIDADES DANIFICADAS

Sendo assim, a quantidade de roletes gerados no torno 04, de 5,0 cm de diâmetro e 2,50 m de comprimento são resultados dos outros dois tornos grandes, chegando a uma média de geração de 2000 unidades por dia, ou seja, 785,39 m<sup>3</sup>/dia. A média das extremidades retiradas das toras previamente laminadas, com média de 8,0 cm de diâmetro é de 10,0 cm de comprimento, em apenas 30%, resultando 1,50 m<sup>3</sup>/dia.

O torno 02, da marca Thoms&Benato, devido as suas menores dimensões, gera roletes curtos de 7,0 cm de diâmetro em média e 1,50 m de

comprimento. A quantidade gerada por dia varia de 1000-1100 unidades, ou seja, 346,36 m<sup>3</sup>/dia.

As causas operacionais que ocasionam perdas neste setor são falta de regulagem de equipamentos, que são feitas raramente; a afiação é feita apenas três vezes por dia e a má centralização no momento da colocação dos ganchos nas extremidades das toras.

Nos tornos 01 e 02, as lâminas são enroladas e transferidas via rolos, ocasionando perdas, pois este meio necessita de muita agilidade da parte do funcionário.

O torno 04 é controlado por operador e seus ganchos não apresentam muita eficiência, pois várias vezes são necessárias interrupções do processo, para a remoção da madeira fixa neles, que impossibilita sua ação após algumas laminações.

Desta quantidade de geração de resíduos 26% é comercializada, sendo vendida por R\$ 24,50 por m<sup>3</sup>. O restante é todo destinado ao picador, possuindo os dados mostrados na tabela 3.

A variância entre os diâmetros são considerados baixos, já que trata-se de florestas que trazem uma homogeneidade da matéria prima e o equipamento também oferece certa simetria nos perfis de rolo resto. Já no caso da umidade a variância é elevada, pois no tanque de cozimento alguns pontos podem absorver mais ou menos vapor.

TABELA 3 – MÉDIA DE DADOS DOS ROLETES COMPRIDOS RESIDUAIS

DIÂMETRO (cm)	$\sigma$	COMPRIMENTO (m)	TEOR DE UMIDADE (%)	$\sigma$
4,98	0,46	2,5	23,57	1,28

#### 4.1.4 Seccionamento

As primeiras laminações, para retirada de casca, são jogadas em um compartimento que abre, caindo na esteira, levando estes resíduos ao picador. A guilhotina 01, do torno 01 é operada automaticamente, fazendo o retorno das

lâminas sem as dimensões pretendidas. As lâminas com defeitos de casca, sendo que são laminadas próximas à superfície da tora, também são levadas para a guilhotina 02, que é operada manualmente.

Os resíduos mais comuns da primeira laminação antes de passarem pela guilhotina possuem buracos, mas levando em conta a grande quantidade gerada, foi desconsiderado estes vazios, adotando a média de 5,14 m<sup>3</sup>/dia.

Os outros resíduos provenientes dos seccionamentos foram medidos e calculados suas perdas em porcentagens de cada lâmina, considerando a produção diária foram estabelecidas uma média de 25,39 m<sup>3</sup>/dia de perdas em todas as guilhotinas. A quantidade residual nesta etapa é pequena comparada aos outros, totalizando 2% de todas as perdas.

Foram desconsiderados os resíduos das lâminas já seccionadas, que possuem apenas um dos lados com defeitos, que sofrem diminuição de comprimento, através de corte de motosserra.

A causa principal das perdas nesta etapa é devido ao meio de transporte das lâminas, via rolos, que na prensa do dia-a-dia, são deixadas para trás retalhos de lâminas limpas, que escapam devida a velocidade de laminação, no início e final do enrolar/desenrolar, já que estas poderiam ser aproveitadas.

As causas secundárias são ocasionadas pelos operários que podem deixar passar milímetros que poderiam ser aproveitados no seccionamento e também na hora da seleção das possíveis lâminas úteis, que muitas vezes são deixadas e levadas ao picador. Também a afiação das guilhotinas três vezes ao dia pode ser insuficiente, já que a afiação das facas é feita de forma correta.

#### 4.1.5 Secagem, classificação e pré-montagem

Nos secadores os únicos resíduos são provocados pelas lâminas secas serem quebradiças e que são varridas pelos operários nos intervalos. Tem aspecto de filetes, pois são lascas muito estreitas e de vários tamanhos. São depositados em uma caixa e depois transportados por empilhadeiras para o picador.

No secador 03, a caixa é usada também pelos resíduos da juntadeira e também pelo setor de classificação, a qual é geração também é devido manuseio das classificações. O único reaproveitamento dos resíduos nesta

etapa é usado na montagem dos sanduíches, que podem ser colados com fita adesiva, para facilitar a próxima etapa do processo.

A quantidade nesta caixa varia, pois quando a juntadeira esta fazendo junção de capa, que produz retalhos, esta caixa enche 2 vezes por dia, resultando em 3,82 m<sup>3</sup>/dia sem prensagem, considerando os espaços vazios. Quando esta só colando, a produção de resíduo cai para metade.

Nos secadores 01 e 02, que se localizam em outro barracão, também possuem uma caixa para depósito. A quantidade é muito reduzida variando de apenas uma caixa a cada dois ou três dias, resultando em 1,50 m<sup>3</sup>/dia, também sem prensagem. Há exceções quando ocorre entupimento dos secadores, que devem ser abertos e limpos, gerando muito resíduo em pó e serragem, mas em média representa apenas 0,35% de toda geração de resíduo.

A principal causa da geração nesta etapa tem relação ao manuseio incorreto dos operários somados a falta de linearidade das lâminas que às vezes é presente. Outra causa é a falta de reaproveitamento das pequenas lascas durante o preenchimento em emendas na pré-montagem, ou destruição de certas lâminas maiores para este fim.

#### 4.1.6 Aplicação de cola e montagem

Nesta etapa, geram-se resíduos juntamente com certa quantidade de cola. Dependendo do tipo de chapa a ser fabricada, a geração de resíduo pode ser maior ou menor. A gramatura residual foi calculada e juntamente com a medição das dimensões dos resíduos foi obtido o valor de 0,67 g/dia de cola perdida e 1,891 m<sup>3</sup>/dia, que equivale a 0,12% do resíduo gerado.

As possíveis causas que podem gerar maior quantidade de resíduos ficam por parte dos montadores que não alinham as lâminas, no momento da colagem. O manuseio também ocasiona esta perda, pois não havendo lascas desprendidas, maior é o aproveitamento da lâmina.

O desempenho do Preparador de cola é de fundamental importância para que haja maior aproveitamento da resina, obtendo boa colagem. Porém uma quantidade de 200 gramas ocorre por dia de perda de extensor, pois o

Preparador de cola utiliza uma caixa de dimensões 50,0 cm x 50,0 cm x 100,0 cm para transportar o extensor do depósito, para posterior pesagem na balança, assim é inevitável que esta perda ocorra.

Outra causa esta em função das passadeiras de colas, que mesmo passando por limpezas diárias, podem estar afetando no aproveitamento da resina, devido a vida útil de três das cinco passadeiras, estar próxima ao fim. A calibração das balanças também não é realizada periodicamente, afetando nos cálculos de gramatura, ocasionando certas perdas.

#### 4.1.7 Prensagem

Durante a pré-prensagem os resíduos gerados são provenientes das laterais das chapas montadas, juntamente com a cola excedente, que durante o manuseio podem ser desprendidos pequenos filetes. Na prensagem também é pequena a geração de resíduos. No caso do compensado plastificado, há também a geração de resíduos das sobras laterais do filme fenólico, juntamente o miolo dos rolos destes.

A quantidade de resíduos gerados neste setor é semelhante à etapa anterior, apenas 0,12% de todo o resíduo gerado, totalizando 1,891 m<sup>3</sup>/dia. A variação de geração de resíduo depende do que está sendo produzido, já que este valor pode dobrar se estiver produzindo compensado bicolado, que é a geração máxima de resíduos que este setor pode oferecer.

As causas das perdas estão em função do manuseio e quantidade diária de produção. A ausência da regulagem das prensas em cada ciclo de prensagem e o controle exato do tempo de permanência, tanto da pré-prensa quanto da prensa, também pode ser uma das causas. As ausências de regulagens recomendadas foram percebidas através de observação das atividades dos operadores de prensas.

#### 4.1.8 Acabamento

Nesta etapa a consideração de resíduos foi determinada em 2% de perdas das chapas quando lixadas e 2,5% das chapas quando forem também

calibradas. Estas perdas foram somadas ao esquadrejamento, que realiza cortes transversais, gerando filetes mais curtos, e cortes longitudinais nas chapas, gerando filetes mais compridos. Os comprimentos variam de 1,30 até 2,50 m e larguras de 3,0 até 15,0 cm. As espessuras dependem das chapas produzidas.

A quantidade é variada quando são retirados filetes muito finos geram apenas um lote por dia de cada tipo de comprimento, e quando são maiores filetes esquadrejados são perdidos no máximo três lotes por dia de cada comprimento. Porém a quantidade determinada média desta etapa foi de 7,78 m<sup>3</sup>/dia, representando pequena porcentagem de 0,5 %.

São empilhados lotes pequenos e lotes maiores destes resíduos em suportes, que posteriormente são amarrados com fitas. A metade é comercializada para enchimentos de portas e os lotes menores e mais finos são todos descartados. O preço vendido é de R\$ 31,50 por m<sup>3</sup>. As causas das perdas neste setor são provenientes da ineficiência do laser que indica onde irá ocorrer o esquadrejamento. As afiações das serras circulares também não são perfeitas.

#### 4.2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO

De forma geral, a principal causa da geração de resíduo é a falta de periodicidade nas rotinas de inspeção, regulagem e afiações da empresa, somadas a falta de modernização em alguns setores/equipamentos.

Os trabalhadores, apesar de saberem que as instruções podem ser suficientes, não há uma prioridade quanto à geração de resíduos. Outrossim, a boa aparência na empresa não destaca a real e significativa geração de resíduos.

A prática do perfeccionismo dos empregados também deve ser incentivada e sugere-se também que a empresa realize certas modernizações em alguns setores, as quais poderiam auxiliar no desempenho de seus funcionários e melhoria da produção.

No pátio de toras e no setor de cozimento sugere-se que seja feita a correta afiação da motosserra e revestimento em cimento na área em que se colocam as pilhas de toras.

Na etapa dos tornos, para menor geração de perdas durante a laminação, recomenda-se um bom cozimento das toras com o mínimo de

sujeira, para que o vapor seja melhor aproveitado. Portanto, a entrada dos tanques também deveria ser pavimentada. A construção em cimento do único tanque que é inteiramente coberto por lona também seria interessante, juntamente com adaptações de portas hermeticamente fechadas em todos os tanques.

Para maior aproveitamento da tora sugere-se paciência e treinamento aos operários que fazem o acionamento, ou realizam a centralização dos ganchos nas extremidades das toras, para que os danos nas mesmas sejam mínimas. Os cortes realizados nas toras, antes de entrar no equipamento, também devem ser feitos de forma precisa, através de medições por trenas, eliminando os defeitos e otimizando dimensões, mas não havendo desperdícios em relação à eliminação de uma madeira limpa e sem defeitos que poderia gerar uma parte da posterior lâmina.

Realizações diárias de regulagens dos tornos para maior aproveitamento de laminação e, também, sugere-se maior número de afiações, passando de três para cinco vezes diárias, em todas as facas utilizadas na empresa.

Modernização no transporte do desenrolar da lâmina após o torno até a guilhotina seria crucial para diminuir as perdas de lâminas boas e redução de erros humanos. Acionamentos dos compartimentos no momento certo para eliminação das laminações primárias também é fundamental o treinamento e atenção.

Na guilhotina a operação pode ser aprimorada através de incentivos aos operários, realizando capacitação e maior número de rodízios entre os operários para que os cortes sejam realizados com maior atenção, visando o melhor aproveitamento das lâminas, e realizando a eliminação apenas dos defeitos em si. A modernização no transporte das lâminas através de esteiras é necessária, pois auxilia na linearidade das lâminas.

No setor de classificação e secagem, o manuseio é o principal gerador, a otimização depende diretamente dos cortes realizados na guilhotina, pois após isto, somente as lâminas com certas larguras são classificadas. As lâminas mais estreitas podem ser usadas para enchimento depois que passarem por junção, porém, este equipamento também deve ser regulado e calibrado diariamente e feita sua limpeza, para maior aproveitamento de insumos para este fim. Os resíduos gerados podem ser aproveitados para preenchimento entre as lâminas, dependendo do que está sendo produzido.

O Preparador de cola deve ser treinado coristantemente e ter consciência que para um maior rendimento da cola, devem ser feitas sempre as regulagens necessárias na hora da formulação da cola. Para seu melhor desempenho é necessário uma adaptação de equipamento que faça a deposição do extensor, diretamente em cima da balança, já que o transporte manual que este empregado realiza é gerador de perdas. Outra sugestão é usar um recipiente com volume conhecido de grande capacidade.

As passadeiras de colas podem ser modernizadas e as calibrações das balanças verificadoras de gramatura devem ser feitas, pelo menos, duas vezes ao dia.

Na montagem das chapas sugere-se maior sincronia entre as duplas montadoras para sempre haver alinhamento entre as lâminas que são coladas entre si, assim possibilitando a menor geração de resíduos na hora do manuseio até a etapa de pré-prensagem e prensagem. Isto vale também na hora da aplicação do filme fenólico, no caso das chapas plastificadas, também deve ser rigoroso. As perdas podem ser reduzidas também nesta etapa, diminuindo as dimensões no momento do corte dos filmes fenólicos, que são pré-dimensionados através de uma fita cortante no rolo.

No esquadrejamento sugere-se modernização do equipamento para que as lâminas coladas estejam bem alinhadas e maior manutenção do equipamento, para que o laser seja nítido visualmente assim somente retalhos estreitos serão descartados. A manutenção das serras circulares e regulagens bem feitas, juntamente com a afiação diária passando de três para cinco vezes. O alinhamento da chapa no equipamento, mesmo sem a ajuda do laser, deve ser feita de forma criteriosa.

No lixamento das chapas para obtenção de uma superfície lisa e perfeita, ou necessidade de diminuição das espessuras, sugere-se modernizações como sensores para verificação de espessuras de cada chapa, não apenas feitas por amostragens como é realizado atualmente. O mesmo vale para calibração, que também reduz espessuras.

Para que estas perdas sejam evitadas, também é necessária a troca de informações entre os grupos de trabalhadores, dos diferentes setores que são todos interligados, ou seja, que os dados que controlam a qualidade dos produtos, desde o setor do pátio de toras, até o fim do processo, na expedição, devem ser corretas, pois cada mm de diferença acarretam grandes perdas considerando a grande produção em termos de produtividade diária ou mensal.

## 4.3 SUGESTÕES PARA DESTINAÇÃO DE ROLETES

### 4.3.1 Fins estruturais e decorativos

Os roletes que são descartados para geração de energia, podem ser tratados com produtos preservativos e serem utilizados como fins estruturais, já que tratam-se de madeira limpa, e de fácil impregnação e com teor de umidade fácil de ser removida. Como exemplos de utilizações estão as cercas ou muros de roletes, bancos, mesas e suportes de vasos com decoração nos jardins. Podem manter sua coloração rústica natural, ou a aplicação de tintas de qualquer cor como revestimentos.

### 4.3.2 Produção de novo produto

Com os roletes que são descartados, também há outra possibilidade como produção própria da empresa em fabricar um novo produto, como o compensado sarrafeado, tampo de mesas, vasos decorativos, entre outros. As dimensões dos roletes que sobram possibilitam a produção desses produtos, já que a norma determina que sua espessura deve estar entre 2,0 a 4,0 cm e larguras entre 2,0 e 10,0 cm. A usinagem destes roletes através da retirada de suas costaneiras pode resultar em sarrafos ideais com medida de 4,0 cm × 4,0 cm.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Visando uma otimização do processo produtivo, redução de paradas, desperdícios e geração de resíduos fundamental a aplicação de uma periodicidade nas rotinas de inspeção, regulagens e afiações.

Os trabalhadores, apesar de saberem que as instruções podem ser suficientes, devem priorizar nas instruções aos mesmos, quanto à geração de resíduos no processo.

A modernização de alguns equipamentos podem ser realizados através da introdução de sensores, nos diversos setores que se façam necessários, como no transporte no desenrolar de laminas, no setor de preparação de cola, nas passadeiras de cola, no esquadrejamento de lâminas, no lixamento, entre outras, assim como aplicar uma melhor manutenção em todos os equipamentos.

Treinamento e padronização de procedimentos para os empregados em suas atividades específicas.

Implantação de incentivos, visando uma competição saudável e positiva entre os operários.

Revestimento em cimento no pátio de toras, entrada dos tanques e do próprio único tanque que falta revestir.

Troca de informações precisas e objetivas entre todos os setores, a fim de evitar desperdícios no processo.

Com aplicação de tratamento preservativo, os roletes descartados podem ter utilização estrutural.

A partir dos roletes descartados também se podem gerar novos produtos, como compensados sarrafeados, tampos de mesas, vasos decorativos, entre outras possibilidades.

## REFERÊNCIAS

- ABIMA – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Aglomerada
- ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Compensada Industrial
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. ABIMCI. Estudo setorial 2009: produtos de madeira sólida. Curitiba, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES E EXPORTADORES DE MADEIRAS. ABPMEX. Catálogo corporativo. Curitiba, 2006, p. 2.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. ABRAF. Anuário estatístico. Curitiba, 2010.
- ANDRADE, A.U. Tecnologias modernas para fabricação de compensados.
- BALDWIN, R.F. **Operations management in the forest products industry.** San Francisco. Ed Miller Freeman Publications, 1984. 264p.
- BALDWIN, R. **Plywood manufacturing practices.** San Francisco: Miller Ed., 1975. 260p.
- BANKS, M. **Preserve as florestas tropicais: preserve o mundo.** São Paulo: ed Scipione, 1992. 48 p.
- BONDUELLE, G.M.; CHIES, D.; MARTINS, D.G. **O processo de fabricação de painéis compensados no Estado do Paraná, analisado através dos rendimento e dos resíduos gerados** . Disponível em <<http://www.remade.com.br>> Acesso em: abril de 2012.
- BRASIL, A.A. **As exportações brasileiras de painéis de madeira.** 2002, 38f. Dissertação (Mestrado em Área Econômica e Política Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- BRITO, E.O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação. **Revista Floresta**, Curitiba, ano IV, n. 26, p.34-39, 1996.
- BRITO, E.O.; MATOS, J.L.M. **Tecnologia de Preparação de Resíduos de Madeira para Uso Industrial.** Universidade Federal do Paraná, Trabalho apresentado ao Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 1993, 55 p.
- CALADO, F. Evolução da Madeira Compensada no Brasil. **Revista Silvicultura**, nº 58, p. 44-46. Nov/dez 1994.
- ECKER, V.; CUNHA A.B.; MODESTI, L.G. **Avaliação do processo produtivo de uma indústria de painéis sarrafeados.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: 2003. p. 313-315.

EKONO. **Power and heat plants.** Estudo preparado para a FAO, portfolio de indústrias florestais de pequeno porte para os países em desenvolvimento. Finlândia: 1980.

FIGUEIREDO, P. J. M. **A sociedade do lixo - Os resíduos, a questão energética e acrise ambiental.** Piracicaba: Unimep, Universidade Metodista de Piracicaba, 1995, 240 p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** Curitiba: ed FUPEF, 2005. p. 88- 118.

JANKOWSKY, IP. Qualidade das lâminas de Pinus strobus (Martinez) var. chiapensis obtida por desenrolamento. In: Congresso FLORESTAL BRASILEIRO (3:Manaus, 1978). **Silvicultura** n.2, p. 9-12. 1978.

JUVENAL, L. T. ; MATTOS L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento.** Disponível em: <<http://www.abimovel.org.br/panorama/bndes>> Acesso em: 05 Abril 2012.

KOCK, P. **Material balances and energy required for manufacture of ten wood commodities.** ENERGY and the wood products industry. Georgia: Forest Products Research Society, 1976. 173p.

LIMA, J.T **Processamento da madeira.** Notas de aula da disciplina. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais, Lavras, Minas Gerais, 1995.

MIYAZAKI, M. Forestry products and waste. In:KITANI, O.; HALL, C.W. (Eds.) **Biomass handbook.**New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1989. p. 160-170.

OLANDOSKI, D.P. **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústrias de chapas compensadas.**2001, 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

PRATA, J. G. **Desempenho de um sistema de qualidade em uma fábrica de painéis compensados.** 2006. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, UFPR. 2006.

SANT'ANA, L. G.; FREITAS, L. C. de. Desenvolvimento sustentável do setor florestal brasileiro. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 18, n. 104, 2007, p. 22-25.

SILVA, D.A. **Avaliação da eficiência energética de uma indústria de painéis compensados.** 2001. 205f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

SILVA, JCGL. **Análise da eficiência econômica de indústria de compensado do Estado do Paraná.** Curitiba. 1987. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, UFPR.

TOMASELLI, I. **Introdução de espécies pouco conhecidas na indústria de compensados da Amazônia.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE

COMPENSADOS DE MADEIRA TROPICAL, 1., 1992, Manaus. Anais...  
Manaus: 1992. p 73-94.

TOMASELLI, I.; SIQUEIRA, J.D.P. **O apagão e o Brasil Florestal em 2020.**  
STCP Informativo, Curitiba, n.8, p.19, 2004/2005.