

DANIËLLE PREVIDI OLANDOSKI

**RENDIMENTO, RESÍDUOS E CONSIDERAÇÕES
SOBRE MELHORIAS NO PROCESSO EM
INDÚSTRIA DE CHAPAS COMPENSADAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Título de "Mestre em Ciências Florestais".

Orientadora:

Prof.^ª Dr.^ª Ghislaine Miranda Bonduelle

CURITIBA

2001



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III
80210-170 - CURITIBA - Paraná
Tel. (41) 360.4212 - Fax (41) 360.4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>
e-mail: pinheiro@floresta.ufpr.br

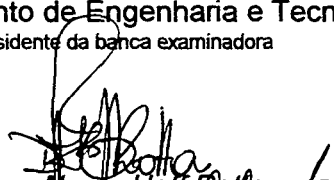
PARECER


Defesa nº 428

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir a mestrand *DANIELLE PREVIDI OLANDOSKI* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "RENDIMENTO, RESÍDUOS E CONSIDERAÇÕES SOBRE MELHORIAS NO PROCESSO EM INDÚSTRIA DE CHAPAS COMPENSADAS", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** da acadêmica, habilitando-a ao título de *Mestre em Ciências Florestais*, na área de concentração em *Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais*.


Dr. Ghislaine Miranda Bonduelle

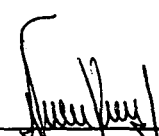
Professora e pesquisadora do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR
Orientadora e presidente da banca examinadora


M. Sc. Debora Nayar Hoff Rotta
Professora e pesquisadora da UNIPLAC-Lages-SC
Primeiro examinador


Dr. Marcio Pereira da Rocha
Professor e pesquisador do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR
Segundo examinador



Curitiba, 22 de Março de 2001.


Nivaldo Eduardo Rizzi
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Franklin Galvão
Vice-coordenador

Aos meus queridos pais, MARCOS e SIMARA,

que nunca deixaram de acreditar em mim e a quem devo tudo o que sou

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), em especial ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos.

À empresa de compensados que permitiu a coleta de dados para realização de todo o trabalho.

Aos professores Dr^a. Ghislaine Miranda Bonduelle e Dr. Umberto Klock pela orientação e apoio na execução deste trabalho.

Aos professores Dr. Arnaud Bonduelle, M. Sc. Debora Nayar Hoff Rotta e Dr. Márcio Pereira da Rocha pela revisão e sugestões.

Às amigas Martha Andreia Brand, Silvana Nisgoski e Dionéia Calixto de Souza pelo constante incentivo, companheirismo e amizade infinita.

Ao meu irmão Guilherme pela constante cobrança para que este trabalho ficasse pronto o quanto antes.

Em especial ao meu querido amigo, companheiro de todas as horas e marido Alder, por acreditar em mim e no meu trabalho, sempre sugerindo, colaborando e perdendo horas do seu tempo para auxiliar na finalização do mesmo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Daniëlle Previdi Olandoski, filha de Simara Previdi Olandoski e Marcos Olandoski, nasceu em Curitiba, Paraná, em 08 de junho de 1973.

Estudou durante todo o curso primário e ginásial no Colégio Anjo da Guarda nesta mesma cidade.

Ingressou no CEFET-PR, em 1988, concluindo o curso técnico de Desenho Industrial em 1991.

Iniciou o curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná em 1993.

Participou do programa PET de iniciação científica (Programa Especial de Treinamento) da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), de Engenharia Florestal – UFPR, de março de 1995 a março de 1998, desenvolvendo projetos de iniciação científica sob orientação de professores desta instituição.

Graduou-se como Engenheira Florestal em março de 1998. Neste mesmo mês ingressou no curso de Pós-Graduação (nível mestrado) em Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, área de concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 RESÍDUOS.....	04
2.1.1 Quantificação de Resíduos Madeireiros.....	05
2.1.2 Geração de Resíduos em Indústria de Chapas Compensadas.....	07
2.1.3 Potencial de Utilização de Resíduos Madeireiros.....	08
2.1.3.1 Energia.....	09
2.1.3.2 Briquetes e pellets.....	11
2.1.3.3 Polpa e papel.....	11
2.1.3.4 Chapas à base de madeira.....	12
2.1.3.5 Aproveitamento da serragem.....	13
2.1.3.6 Costaneiras.....	13
2.1.3.7 Casca.....	13
2.1.3.8 Outras finalidades.....	15
2.1.4 Preços de Resíduos Madeireiros.....	15
2.2 PRODUTOS FLORESTAIS.....	16
2.2.1 <i>ELP- Engineered Lumber Products</i> (Produtos Engenheirados de Madeira).....	17
2.2.2 <i>EP- Engineered Panel</i> (Painéis Engenheirados).....	18
2.2.2.1 Compensado.....	18
2.3 MERCADO DE CHAPAS COMPENSADAS.....	19
2.3.1 Produção e Consumo Mundiais de Chapas Compensadas.....	20
2.3.2 O Brasil no Mercado de Chapas Compensadas.....	22
2.3.3 Produção Nacional.....	23
2.3.4 Consumo Nacional.....	24
2.3.5 Preços das Chapas.....	24
2.4 TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS.....	26
2.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMPENSADOS.....	28
2.5.1 Corte das Lâminas.....	29

2.5.2	Secagem das Lâminas.....	29
2.5.3	Tempo de Resfriamento.....	30
2.5.4	Classificação.....	30
2.5.5	Junção das Lâminas.....	30
2.5.6	Aplicação da Cola e Montagem dos Compensados.....	31
2.5.7	Pré-Prensagem ou Prensagem à Frio.....	32
2.5.8	Prensagem à Quente.....	32
2.5.9	Acabamento dos Compensados.....	33
2.5.10	Controle de Qualidade, Classificação e Especificações.....	34
2.5.11	Embalagem / Expedição.....	35
2.5.12	Tratamentos Especiais.....	36
2.5.13	Estrutura de Custos de Produção.....	36
2.6	QUALIDADE.....	37
2.6.1	Conceito.....	38
2.6.2	Controle da Qualidade.....	38
2.6.3	Má Qualidade.....	39
2.6.3.1	Custos diretos.....	39
2.6.3.2	Custos indiretos.....	40
2.6.4	Ferramentas da Qualidade.....	42
2.6.4.1	Fluxograma.....	43
2.6.4.2	Diagrama de Pareto.....	44
2.6.4.3	Diagrama de causa-efeito (Ishikawa)	44
2.6.4.4	Análise de variância.....	45
2.6.5	Melhoria da Qualidade.....	45
2.6.6	Manutenção.....	46
2.6.7	Treinamento.....	47
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1	LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	49
3.2	DESCRIÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO DE CHAPAS COMPENSADAS.....	50
3.3	PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS.....	53
3.3.1	Amostragem para Determinação de Rendimento e Quantificação dos Resíduos Gerados.....	54
3.3.1.1	Guilhotinas.....	54
3.3.1.2	Classificadoras (classificação de lâminas).....	55

3.3.1.3 Refiladeiras/encoladeiras.....	55
3.3.1.4 Juntadeiras	56
3.3.1.5 Refiladeiras/Encoladeiras/Juntadeiras.....	56
3.3.1.6 Classificação de tapetes.....	57
3.3.1.7 Esquadrejadeira e calibradora (por lixamento).....	58
3.3.2 Amostragem para Posterior Qualificação dos Resíduos Gerados.....	59
3.3.2.1 Teor de umidade.....	59
3.3.2.2 Granulometria dos resíduos.....	60
3.3.3 Análise e Avaliação dos Dados Coletados.....	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.1 RENDIMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	62
4.1.1 Fontes Geradoras de Resíduos.....	62
4.1.1.1 Guilhotinas.....	67
4.1.1.2 Refiladeiras/encoladeiras	69
4.1.1.3 Refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras.....	75
4.1.1.4 Esquadrejadeira, calibradora e lixadeira.....	79
4.1.2 Má Qualidade no Processo.....	83
4.1.2.1 Classificadoras.....	85
4.1.2.2 Classificação antes da montagem do painel (tapetes).....	86
4.1.2.3 Juntadeiras	87
4.2 QUALIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	90
4.2.1 Teor de Umidade.....	90
4.2.2 Granulometria dos Resíduos.....	92
4.3 SUGESTÕES RELATIVAS AO PROCESSO.....	93
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	100
REFERÊNCIAS.....	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RENDIMENTOS OBTIDOS APÓS BENEFICIAMENTO – 1968.....	05
TABELA 2 - PORCENTAGEM MÉDIA DE RESÍDUOS GERADOS EM SERRARIA	06
TABELA 3 - DESDOBRIO DE TORAS DE <i>Pinus</i> E VALORES MÉDIOS DE MADEIRA SERRADA E RESÍDUOS – 1984.....	06
TABELA 4 - TORAS DE <i>Pinus taeda</i> EM SERRARIA DE PEQUENO PORTE – VALORES OBTIDOS PARA MADEIRA SERRADA E RESÍDUOS (%)	07
TABELA 5 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE CHAPAS COMPENSADAS EM 1.000 m ³ – 1996.....	21
TABELA 6 - MAIORES PRODUTORES DE COMPENSADO DE MADEIRA EM 1.000 m ³ NO PERÍODO DE 1981 A 1992.....	21
TABELA 7 - MAIORES EXPORTADORES DE COMPENSADO DE MADEIRA EM 1.000 m ³ NO PERÍODO DE 1981 A 1992.....	21
TABELA 8 - MAIORES IMPORTADORES DE COMPENSADO DE MADEIRA EM 1.000 m ³ NO PERÍODO DE 1981 A 1992.....	21
TABELA 9 - EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE COMPENSADOS - PERÍODO 1990 A 2000.....	22
TABELA 10 - CONSUMO BRASILEIRO DE COMPENSADOS - PERÍODO 1990 A 2000.....	24
TABELA 11 - FORMAÇÃO DO CUSTO E PREÇO DO COMPENSADO MULTILAMINADO DE VIOLA E PINUS, EM REAIS (AGOSTO/2000).....	25
TABELA 12 - FORMAÇÃO DO CUSTO E PREÇO DO COMPENSADO MULTILAMINADO DE VIOLA, AMESCLA E MANGUE, EM REAIS (AGOSTO/ 2000).....	25
TABELA 13 - FORMAÇÃO DO CUSTO E PREÇO DO COMPENSADO SARrafeado 5 CAMADAS DE VIOLA, AMESCLA, MANGUE, EM REAIS (AGOSTO/ 2000).....	26
TABELA 14 - DIMENSÕES FINAIS DAS PEÇAS PRODUZIDAS PARA O MERCADO INTERNO.....	50
TABELA 15 - DIMENSÕES FINAIS DAS PEÇAS PRODUZIDAS PARA O MERCADO EXTERNO.....	50
TABELA 16 - RESUMO PARA AS PERDAS EM CADA FASE DO PROCESSO.....	64
TABELA 17 - RESULTADOS CUMULATIVOS PARA RENDIMENTO NO PROCESSO....	66

TABELA 18 – TIPOS TESTADOS ESTATISTICAMENTE NAS GUILHOTINAS.....	67
TABELA 19. - TIPOS TESTADOS NAS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE X QUALIDADE).....	69
TABELA 20 – VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS.....	70
TABELA 21 - TIPOS TESTADOS NAS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE X ESPESSURA).....	72
TABELA 22 - VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS.....	72
TABELA 23 - TIPOS TESTADOS NAS REF./JUNT. (ESPÉCIE X QUALIDADE).....	76
TABELA 24 - VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS.....	76
TABELA 25 - TIPOS TESTADOS NAS REF./JUNT. (ESPÉCIE X ESPESSURA).....	78
TABELA 26 - VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS.....	78
TABELA 27 – TIPOS TESTADOS PARA COMPRIMENTO.....	81
TABELA 28 - TIPOS TESTADOS PARA LARGURA.....	82
TABELA 29 - TIPOS TESTADOS PARA ESPESSURA.....	83
TABELA 30 - PERDAS EM DESCLASSIFICAÇÃO NO PROCESSO.....	84
TABELA 31 - RESULTADOS PARA TAPETES DE VIROLA.....	87
TABELA 32 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS JUNTADEIRAS.....	88
TABELA 33 - GRANULOMETRIA DOS RESÍDUOS PARA AS 5 AMOSTRAS.....	92

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE RESÍDUOS DE MADEIRA PARA GERAR ENERGIA.....	09
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE PAINÉIS – 1997.....	20
FIGURA 3 - DESCRIÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DE COMPENSADOS.....	28
FIGURA 4 - CUSTOS DE PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE USO GERAL.....	36
FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO.....	51
FIGURA 6 - RESUMO PARA OS RENDIMENTOS EM CADA FASE DO PROCESSO.....	62
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DAS FONTES GERADORAS DE RESÍDUOS.....	63
FIGURA 8 - PERDAS EM RESÍDUOS EM CADA EQUIPAMENTO.....	65
FIGURA 9 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS GUILHOTINAS.....	68
FIGURA 10 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE X QUALIDADE).....	71
FIGURA 11 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE X ESPESSURA).....	73
FIGURA 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REFILEDEIRAS/JUNTADEIRAS (ESPÉCIE X QUALIDADE).....	77
FIGURA 13 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REFILEDEIRAS/JUNTADEIRAS (ESPÉCIE X ESPESSURA).....	79
FIGURA 14 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A ESQUADREJADEIRA/LIXADEIRA (PERDA DE COMPRIMENTO).....	81
FIGURA 15 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A ESQUADREJADEIRA/LIXADEIRA (PERDA DE LARGURA).....	82
FIGURA 16 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A ESQUADREJADEIRA/LIXADEIRA (PERDA DE ESPESSURA).....	83
FIGURA 17 - RESULTADOS OBTIDOS PARA A AMOSTRA 1- CLASSIFICADORAS.....	85
FIGURA 18 - RESULTADOS OBTIDOS PARA A AMOSTRA 2- CLASSIFICADORAS.....	86
FIGURA 19 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS JUNTADEIRAS.....	89
FIGURA 20 - TEOR DE UMIDADE DOS RESÍDUOS.....	90
FIGURA 21 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA A MÁ QUALIDADE DO PROCESSO.....	94

RESUMO

Este trabalho visou analisar o processo produtivo de chapas compensadas, através da determinação do rendimento em chapas compensadas, perda em resíduos gerados em cada etapa do processo, qualificação dos resíduos; avaliação da influência dos equipamentos e pessoal na geração destes resíduos e da má qualidade no processo produtivo. A coleta de dados foi realizada *in loco*, em cada equipamento participante do processo. Com os dados coletados de dimensões antes e após passagem das lâminas pelos equipamentos obteve-se resultados de perdas totais e pontuais de resíduos gerados. Através dos resultados obtidos pôde-se concluir que: o rendimento no processo para lâminas de boa qualidade é de 76%; quando se processa lâminas de qualidade inferior, estas perdas aumentam consideravelmente, chegando a valores de até 46% em resíduos. No processo de reaproveitamento de lâminas desclassificadas há um aproveitamento de 40% da matéria-prima; o ponto crítico do processo em termos de perdas em resíduos são as refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras, e guilhotina 1, com uma perda média de 1/3 do total processado; a perda gerada pela calibradora e lixadeira é maior do que a perda que ocorre no esquadreamento do painel; as lâminas de amescla apresentaram resultados inferiores em rendimento em relação às demais espécies estudadas; o mogno real destacou-se como lâmina de melhor qualidade e maior rendimento para processamento em guilhotina; há perdas mais significativas para a empresa do que a própria geração de resíduos (perdas referentes à má qualidade no processo), tendo como causas a baixa qualidade das lâminas, retrabalhos, problemas com maquinário, pessoal, planejamento, organização e ambiente de trabalho da empresa; a má qualidade é o principal fator de perda nas classificadoras e juntadeiras, chegando a valores médios de 22,68% (desclassificações), e 6,33% de retrabalhos; os resíduos, devido ao baixo teor de umidade e granulometria entre serragem e maravalhas, podem ser utilizados como matéria-prima para outras indústrias (briquetes, chapas de partícula, farinha de madeira, combustível), contribuindo com 2,40% do faturamento da empresa, podendo atingir valores ainda maiores.

ABSTRACT

The plywood manufacturing process was analyzed in these work, through determination of raw material yielding and waste losses generated in each process stage. The main objectives were the determination of waste sources in the process, panels yield evaluation, waste quantification and qualification; determination of the influence of machinery and human resource in waste generation and on the bad quality in the productive process. To improve productivity and to diminish the waste in the plywood manufacturing process suggestions were done. The data were collected *in loco*, in each processing equipment. Measurements were done before and after passing through each machinery. With the data, calculations were done to determinate the waste for the specific equipment and for the process. Quantification of losses due the bad quality in every phase, waste moisture content and sizes were determinate to indicate a possible use for residues. Kruskal-Wallis and Mann-Whitney non-parametric statistics were used in statistical analysis. The results showed total losses of 29,10% for decorative veneers (yield of 70,90%); 24% for first, second and third grades veneers (yield of 76%) and losses of 38,9 and 46,1 % in declassified veneers. The lost due the veneers bad quality was up to average values of 22,68%, there was lost in the jointing stage due the bad quality up to 6,33% in average. The major cause of these lost was due veneers low quality. Other losses occurred during the process due to the working environment, planning strategies, organization, staff and machinery. The statistic analysis showed significant differences among the used species in some equipments. The waste average moisture content was 11,6%. The residues majority were classified as sawdust and shavings (70 to 80%), with dimensions between 4,0 and 19,1 mm.

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência do cada vez maior acirramento do ambiente concorrencial, as empresas vêm-se obrigadas a melhorar seus sistemas produtivos de forma continuada, combatendo incessantemente toda e qualquer perda existente.

O baixo rendimento da indústria tem como conseqüência o elevado número de resíduos gerados, prejudicando a lucratividade da atividade. Resíduos não só representam um problema econômico, através do desperdício, como também um sério problema ambiental. Gera-se atualmente nada menos que 23 milhões de toneladas de resíduos florestais no Brasil somente em serrarias (SOUZA, 1997).

Estes problemas podem ser revertidos em soluções, se forem adotadas medidas eficientes de gerenciamento dos resíduos, para que estes sejam transformados através de técnicas simples e de baixo custo em matérias-primas. A sua utilização é fundamental para poupar o uso de madeira virgem e reduzir o volume de resíduos gerados, além de colaborar para o aumento da receita da indústria.

Nos países desenvolvidos, devido à escassez de matéria-prima e ao grande consumo, a competição pelos resíduos de madeira é grande. Com isto, os resíduos são usados racionalmente, recebendo destinação e remuneração de acordo com as suas características. A nossa realidade, porém é muito diferente.

No Brasil, como o território é muito grande, os recursos ainda são fartos, tornando-se comum o desperdício. Até os dias de hoje o índice de aproveitamento de nossas indústrias madeireiras, com poucas exceções, é muito baixo quando comparados com outros países. Com isto, a produção de resíduos é muito grande, e o que é pior, são poucas as indústrias que dão uma utilização adequada para esses resíduos.

Além disso, a recuperação e utilização dos resíduos madeireiros é uma atividade difícil dada a diversidade na forma, característica de cada um dos tipos de resíduos gerados e presença de contaminantes.

O desenvolvimento de técnicas de uso destes resíduos não assegura a viabilidade real desta recuperação, uma vez que a disposição dos mesmos não é

adequada e seu manuseio e recuperação podem apresentar custos muito elevados. Deve-se considerar, segundo KEEGAN III (1987), a disposição deste resíduo para o processamento, a capacidade de suprimento contínuo, o custo de recuperação e o potencial valor do produto ou uso.

Desta forma, deve-se pensar na prevenção, ou seja, trabalhar para que haja uma menor geração de resíduos, tentando gastar menos, aproveitar melhor o que se produz e obter bens mais duráveis. E para uma menor geração de resíduos são necessárias constantes melhorias no processo produtivo. Sendo assim, estudos visando um maior rendimento no processo produtivo e menor desperdício provam ser importantes. Um conhecimento prévio da composição e origem dos resíduos gerados, além de sua quantificação, também são necessários, pois somente assim poder-se-á determinar o uso final adequado para estes recursos.

Este trabalho visou analisar o processo produtivo de chapas compensadas, através da determinação do rendimento da matéria-prima e da perda em resíduos gerados em cada etapa do processo, tendo como objetivos específicos:

- a) determinação das fontes geradoras de resíduos no processo produtivo;
- b) avaliação do rendimento em chapas compensadas e quantificação dos resíduos gerados;
- c) qualificação destes resíduos;
- d) avaliação da influência dos equipamentos e recursos humanos na geração de resíduos e da má qualidade no processo produtivo;
- e) sugestões de melhoria que possam reduzir resíduos e aumentar a produtividade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

É consenso, entre especialistas do setor madeireiro, que o aumento do preço da madeira nos próximos anos fará com que as indústrias comecem a utilizar os resíduos de madeira com mais frequência no seu processo. Mas a problemática dos resíduos já existe hoje. Tanto a indústria quanto as atividades urbanas geram uma grande quantidade de resíduos em todo o mundo.

No caso da indústria florestal, um dos grandes problemas de fácil visualização é a grande quantidade de resíduos gerados a partir do processamento da madeira. Atualmente, a utilização destes resíduos no Brasil é considerada relativamente baixa quando comparada com os países mais desenvolvidos. Algumas poucas indústrias brasileiras utilizam tecnologias que permitem aproveitar a madeira quase que integralmente.

Nas indústrias onde os resíduos de madeira são pouco utilizados, estes se tornam um problema por três razões principais: necessidade de espaço para seu depósito; prejuízo financeiro com o desperdício de um material que pode ser muito bem utilizado em outros produtos e maior pressão sobre as florestas existentes devido à necessidade de quantidades maiores de matéria-prima (BRITO & MATOS, 1993).

Desta forma, para se enfrentar a carência de locais adequados para lançar esses resíduos e a crescente diminuição, e muitas vezes extinção, dos recursos renováveis ou não, iniciou-se a busca por soluções mais eficazes do que a dispersão dos mesmos. Ao invés de simplesmente dispor os resíduos, o homem passou a procurar alternativas mais inteligentes, que se propõem a tratar, reaproveitar, minimizar ou até eliminar a geração de resíduos.

E com a utilização mais racionalizada da matéria-prima e o gerenciamento e reaproveitamento de resíduos, os recursos disponíveis serão otimizados e a pressão sobre o meio ambiente será amenizada. Além disso, reduzindo-se os desperdícios e utilizando-se os resíduos existentes de maneira apropriada, maiores índices de produtividade poderão ser alcançados.

2.1 RESÍDUOS

Segundo FIGUEIREDO (1994), resíduo, lixo ou o que sobra é sinônimo da agregação aleatória de elementos bem definidos que, quando agrupados, se transformam em uma massa sem valor comercial e com um potencial de agressão ambiental variável segundo a sua composição.

No caso dos resíduos florestais, estes são o material originado de árvores e que permanece no campo após exploração e rebrota. A biomassa não comercial é representada pelas árvores dominadas ou mortas, casca, galhos, ponteiros, folhas e brotos, e ainda touças, raízes e folhas. As folhas são mais úteis quando deixadas em campo, pois possuem 5% de matéria seca e 50% de nutrientes essenciais às plantas. Mas os outros resíduos, quando deixados no campo, são desperdiçados.

Já os resíduos madeireiros podem ser definidos como a porção da tora não transformada em madeira comercial, incluindo costaneiras, aparas, peças descartadas pela presença de defeitos, destopos e serragem. Suas características físicas, químicas e mecânicas variam substancialmente, dependendo do tipo e origem do material, afetando significativamente a sua destinação final.

Sendo assim, os resíduos de madeira podem ser classificados em: limpos ou não tratados, tratados ou contendo itens separáveis fisicamente.

A madeira limpa ou não tratada é definida como madeira natural, que não foi tratada com nenhum contaminante potencial ou produto químico. Exemplos deste tipo de resíduo incluem resíduos de atividades silviculturais, restos de serraria onde não existe tratamentos preservantes (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1997).

Quanto à madeira tratada, esta pode ser definida como aquela que recebeu tratamento ou mudança química de alguma forma, incluindo madeira com pintura, tingimentos, descoloração, coberturas, como laminados plásticos e preservantes contra agentes xilófagos; madeiras com resinas, colas ou adesivos, como compensado, chapas de partícula e outros compostos de madeira (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1997).

2.1.1 Quantificação de Resíduos Madeireiros

Segundo BRITO (1996), citado por MENDES et. al. (1997), a produção de resíduos oriundos da indústria de base florestal, no Brasil, é muito grande, onde as operações desde o abate das árvores até a confecção do produto final acarretam perdas valorosas.

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

A geração de resíduos de manufatura na indústria supera ainda mais os valores dos resíduos produzidos na floresta, atingindo, segundo FONTES (1994), valores entre 50 e 70% do volume de madeira em tora consumido, o que pode ser conferido pelos dados da FAO apresentados na tabela 1.

TABELA 1 - RENDIMENTOS OBTIDOS APÓS BENEFICIAMENTO - 1968

1,0 m ³ DE	EQUIVALENTE EM TORA	APROVEITAMENTO
Madeira serrada de conífera	1,67 m ³ de tora	59,8%
Madeira serrada de folhosa	1,82 m ³ de tora	54,9%
Chapa de compensado	2,30 m ³ de tora	43,5%
Laminado	1,90 m ³ de tora	52,6%

FONTE: FAO (1968)

Por exemplo, em 1991, a indústria de madeira serrada, lâminas e compensados chegou a valores de 19.255.000 m³/ano de resíduos, em torno de 50,71% do volume original de toras (BRITO, 1996).

As serrarias são responsáveis por cerca de 26,71% destes resíduos; serrarias que fazem beneficiamento por 28,57%; indústrias de beneficiamento por 19,25%, e a fabricação de laminados e compensados por 25,47%.

O volume, tipo e forma de resíduos gerados em uma indústria madeireira, de acordo com FONTES (1994), varia em função do tipo e tamanho das indústrias, equipamentos e espécies utilizadas.

Nas serrarias o autor considera que 70% dos resíduos gerados são constituídos por refilo, costaneiras e destopo, e os 30% restantes, por serragem e aparas finas. Nas tabelas 2, 3 e 4 são apresentados dados de resíduos gerados em serrarias obtidos por diferentes autores.

TABELA 2 - PORCENTAGEM MÉDIA DE RESÍDUOS GERADOS EM SERRARIA - 1968

INSUMO	PROPORÇÃO DO VOLUME SÓLIDO DE TORAS(%)		
	Produto	Madeira seca ao ar	Madeira seca em estufa
Matéria-prima bruta com casca		112%	112%
Casca		12%	12%
Matéria-prima líquida sem casca		100%	100%
<i>Resíduos:</i>			
Costaneiras, refilos e destopo		34%	34%
Serragem e pontas		12%	14%
Aparas de plaina		-	6%
Total de resíduos		46%	54%
Contração		2%	4%
TOTAL MADEIRA SERRADA		52%	42%

FONTE: FAO (1968)

TABELA 3 - DESDOBRO DE TORAS DE *Pinus* E VALORES MÉDIOS DE MADEIRA SERRADA E RESÍDUOS - 1984

CARACTERÍSTICAS/RENDIMENTOS	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus taeda</i>
Idade (anos)	12	11
Desbaste	2°	1°
Diâmetro menor (cm)	18,9	15,9
Madeira serrada(%)	43,5	32,7
Casca(%)	9,3	7,5
Refilo(%)	29,0	33,0
Destopo(%)	3,6	8,9
Serragem(%)	14,6	17,9

FONTE: VIANNA NETO (1984)

Na indústria papelreira há geração de resíduos sólidos de cinzas e lodo, que são compostos basicamente por restos de lignina e hemiceluloses.

Na indústria de chapas de madeira o resíduo do processo é principalmente composto de serragem. Na indústria de compensados o padrão médio dos resíduos são: 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).

TABELA 4 - TORAS DE *Pinus taeda* EM SERRARIA DE PEQUENO PORTE - VALORES OBTIDOS PARA MADEIRA SERRADA E RESÍDUOS (%) - 1997

	TORAS (2,5 m de comprimento)			TORAS (3,0 m de comprimento)		
	18/22,9 cm	23/27,9 cm	28/32,9 cm	18/22,9 cm	23/27,9 cm	28/32,9 cm
Serragem	11,17%	10,09%	9,43%	10,63%	11,05%	9,80%
Costaneira	12,09%	15,31%	14,96%	14,20%	7,13%	10,14%
Refilo	23,97%	23,09%	23,93%	22,60%	26,07%	24,27%
Destopo	2,64%	2,56%	2,24%	2,83%	3,79%	2,71%
Madeira	50,13%	48,95%	49,45%	49,74%	51,97%	53,09%

FONTE: OLANDOSKI et. al. (1998)

Os resíduos de serrarias e laminação são produzidos em quantidade suficiente para suprir toda a indústria de aglomerados, sendo que estes resíduos podem atingir valores até três vezes menores que aqueles pagos pela madeira em tora.

Um exemplo no caso da indústria de aglomerado foi a demanda no ano de 1991 (de 916.667 m³ de madeira) utilizando quase que exclusivamente madeira em toras. O custo da matéria-prima alcançou cerca de US\$ 7.177.500,00. Desta forma, caso essa mesma indústria tivesse utilizado os resíduos ao invés de madeira roliça, os custos de matéria-prima teriam sido de US\$ 2.337.500,00, o que daria uma economia de US\$ 4.840.000,00 (BRITO, 1996).

2.1.2 Geração de Resíduos em Indústria de Chapas Compensadas

O processo de conversão de lâminas de madeira em chapas compensadas envolve uma série de procedimentos que geram perdas de madeira, chegando a representar uma alta porcentagem do volume inicial processado.

A qualidade das lâminas, envolvendo defeitos como nós, diferenças de espessura, ondulações, cor e desenho é um dos fatores que ocasionam perda de rendimento, pois os defeitos tendem a ser eliminados durante a classificação através de cortes das lâminas.

O próprio processo de confecção da chapa compensada é outro responsável pela geração de resíduos. O ajuste das dimensões de comprimento e largura das lâminas e do painel de compensado geram os refiles. E o ajuste de espessura do painel final gera o pó de lixa.

Os equipamentos e operadores também participam da geração de resíduos.

Características do equipamento como lâmina de corte de grande espessura acarreta uma perda maior no corte. E defeitos como de dimensões das peças são decorrentes da falta de manutenção (má afiação das guilhotinas, vibrações dos equipamentos, falta de paralelismo e alinhamento das chapas) ou erro do operador. Este fato provoca sub ou sobre dimensionamento do painel, que em geral precisa ser corrigido, perdendo-se boa parte da matéria-prima.

O operador tem muita importância, pois é um dos responsáveis pelo aumento ou declínio da produtividade, qualidade do produto e taxa de recuperação da matéria-prima. Em geral, os erros mais cometidos pelos operadores são: incorreta seleção do corte, sub dimensionamento da largura e comprimento das peças. Por este motivo, o adequado treinamento dos operadores é muito importante para o sucesso da empresa.

Além disso tudo, exigências de qualidade que se impõem aos produtos finais impossibilitam comercialização de painéis com defeitos, gerando ainda mais perdas.

2.1.3 Potencial de Utilização de Resíduos Madeireiros

Segundo KEEGAN III (1987), a maior parte da madeira tida como resíduo é tecnicamente utilizável, mas é sub-utilizada porque os custos de recuperação são altos, não há fácil acesso e eles possuem baixo valor. Além disso, as características da madeira descartada da linha de produção limitam seu processamento mecânico. Existem também limitações pela quantidade e uniformidade quanto à forma, umidade e poder calorífico dos resíduos.

Mas, independente disto há várias alternativas de uso para estes resíduos, aumentando a receita da empresa e evitando o seu acúmulo no meio ambiente.

Segundo empresas paranaenses que compram resíduos, o preço pago pelos mesmos é de no mínimo R\$20,00 (vinte reais) ou US\$10,00 o metro cúbico, podendo-se chegar a valores de até R\$90,00 (noventa reais) o metro cúbico, para resíduos de espécies nobres como araucária ou imbuia.

2.1.3.1 Energia

A queima é uma alternativa, pois a vantagem da indústria florestal é que resíduos podem ser usados para gerar energia, devido ao seu bom poder calorífico. Resíduos a 35% de umidade têm aproximadamente 1.620 kcal/kg de poder calorífico, resíduos secos possuem cerca de 3.000 kcal/kg e a casca em torno de 4.400 a 5.400 kcal/kg, podendo o poder calorífico deste último resíduo ser comparado ao da própria madeira (madeira de não resinosas: 4.000 a 4.250 kcal/kg; madeira de resinosas: 4.300 a 4.850 kcal/kg; madeira a 35% umidade: 2.774 kcal/kg) (GARLIPP, 1982).

Às vezes, estes resíduos são destinados à caldeira da empresa, gerando energia para o processo, já que a indústria madeireira necessita de energia elétrica para fazer funcionar as máquinas, e energia térmica para secagem, preparo da cola e prensagem à quente em indústrias de beneficiamento de aglomerados e laminados. A figura 1 mostra as vantagens e desvantagens do uso de resíduos para geração de energia.

FIGURA 1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE RESÍDUOS DE MADEIRA PARA GERAR ENERGIA

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Gera energia térmica e elétrica para o processo	Volume de resíduos nem sempre é suficiente para atender demanda energética
Conversão em energia diminui os efeitos indesejáveis ao meio ambiente pelos resíduos de indústrias	Incertezas em relação a custos e suprimento contínuo de matéria-prima
Economiza outras fontes energéticas (eletricidade/derivados do petróleo), melhorando os custos de produção	Falta de tecnologia eficiente, econômica e unidades geradoras para transformar resíduos em energia elétrica
Não produz poluentes como enxofre e nitrogênio	Corrosões dos tubos das caldeiras são maiores

Também podem ser usados para fabricação de metanol, etanol e syngas, que são alguns dos muitos combustíveis produzidos ou derivados de materiais de biomassa (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994).

Os tipos de resíduos de madeira queimados para combustível incluem: casca, pó-de-lixo, serragem, cavacos pequenos e grandes, toretes, entre outros. O conteúdo de umidade afeta o conteúdo de energia da madeira. O resíduo de madeira para queima em fornos deve ser seco, com um teor de umidade de 5% a 10% (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994).

Quando o material é sujo ou misturado a altas porcentagens de cascas ou ainda é fragmentado em serragem ou finos pode resultar em um uso melhor e mais econômico como combustível para vapor e energia elétrica (FAO, 1958).

Contaminantes químicos podem afetar negativamente as emissões de cinza e poluentes atmosféricos. Na maioria das instalações é permitido somente queimar madeira não tratada e limpa. Algumas instalações queimam tipos específicos de resíduos de madeira tratada, como compensados decorados ou madeira tratada com creosoto. Poucas instalações podem queimar todo tipo de resíduo de madeira, sendo em algumas permitido a queima de resíduos de madeira com níveis específicos de contaminação, com até 5% de madeira tratada (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994).

Madeira misturada a outros resíduos (como escombros de demolição e construção) requerem processamento, incluindo separação dos materiais não madeiráveis (usando separação manual e/ou tanques de flotação) e também redução de seu tamanho. Os metais podem ser removidos com o uso de imãs ou outros artificios.

Um estudo realizado pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1984) mostra que 25 a 45% dos resíduos gerados em serrarias de médio porte (produção de 1.200 a 2.200 m³/mês) já são suficientes para geração de energia (*P. elliottii*). Desta forma, o restante dos resíduos deve ter outro fim.

2.1.3.2 Briquetes e pellets

A briquetagem consiste na prensagem de pequenas partículas de material sólido para formar blocos de forma definida e de maior tamanho. Os principais materiais atualmente briquetados são o carvão mineral, minérios, carvão vegetal, aparas metálicas, carbonato de sódio, sais diversos, resinas plásticas e coque de petróleo (BRITO & MATOS, 1993).

Mas o briquete também pode ser feito a partir de resíduos florestais, substituindo lenha, carvão e óleo. Em relação à lenha é uma ótima opção, pois produz menos fumaça, tem um maior poder calorífico, é de mais fácil limpeza e armazenamento (CRUZ, 1997).

Para confecção dos briquetes são utilizados sobras de madeira como cavacos, casca e serragem de madeira, que são transformadas em biomassa compactada e prensada a 11% de umidade por uma máquina briquetadeira. A matéria-prima, composta de resíduos, é menos poluente e gera mais energia (CRUZ, 1997). Colas podem ser adicionadas para ajudar no processo de prensagem, aumentando o valor energético e protegendo estes produtos de quebras e absorção de umidade.

Um ponto fundamental é a presença de contaminantes físicos ou químicos na madeira, pois estes produtos podem ser queimados em estufas residenciais e comerciais sem equipamentos para o controle de emissões. Portanto, para serem vendidos nestes mercados, devem ser livres de contaminantes, como tintas e madeiras tratadas com CCA (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994).

Com briquetes podem ser abastecidas panificadoras, restaurantes, pizzarias, cerâmicas e olarias, para alimentar fornos, caldeiras e lareiras, pois o produto tem 35 cm comprimento e 10 cm de diâmetro, sendo de fácil manuseio e armazenamento.

2.1.3.3 Polpa e papel

A matéria-prima tradicionalmente utilizada para fabricação de polpa e papel é formada por partículas oriundas de madeira ou resíduos da indústria madeireira,

devendo ser limpa e sem tratamento com contaminantes como colas e adesivos, tintas, plástico e preservantes, pois estes podem afetar o processo de polpação e o rendimento. (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994). O tamanho da fibra do resíduo também influi na resistência do papel a ser produzido.

Outra característica que afeta a utilização de resíduos no processo de polpação é a origem da madeira. Algumas indústrias apenas aceitam resíduos de folhosas, outras apenas de coníferas e outras aceitam misturas. Os resíduos oriundos de atividades silviculturais são preferidos pelas indústrias papeleiras, enquanto resíduos de outras origens como *pallets*, entulhos de construção e demolições não são usados (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994).

2.1.3.4 Chapas à base de madeira

Existe uma grande variedade de chapas à base de madeira que podem ser confeccionadas utilizando-se resíduos de atividades florestais.

Diferentes critérios prevalecem para os diferentes tipos de chapas. Entretanto, o tipo da chapa produzida e detalhes do processo e equipamentos auxiliam na determinação das condições e formas da matéria-prima (FAO, 1958).

A característica chave necessária para a fabricação de chapas duras e de fibras é o tamanho da partícula, que deve ser apropriado para o desfibramento da madeira, como resíduos em pequenas partículas, lascas aplainadas e serragem.

No caso das chapas de partícula o tamanho da partícula e sua forma influenciam diretamente na qualidade da chapa, sendo aceitos no processo resíduos de cortes superficiais e serragem, de preferência de madeira verde (FAO, 1958).

Alguns produtores de chapas têm equipamentos para a redução do tamanho das partículas na própria indústria de manufatura e aceitam variabilidade no resíduo fornecido (C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC., 1994).

Segundo MOSLEMI (1974), a matéria-prima em forma de resíduos, para a manufatura de chapas, pode estar no estado úmido ou no estado seco. Mas resíduos

com baixo teor de umidade requerem menos secagem e energia que outros mais úmidos.

2.1.3.5 Aproveitamento da serragem

A serragem pode ser utilizada para a fabricação de briquetes, forração de estábulos, criações avícolas ou como farinha de madeira. Serve também como material de limpeza em curtição, matéria orgânica para húmus, substrato para cultivo de cogumelos, fabricação de moldurados fenólicos por pasta refinada termomecânica e produção de polímeros, com aproveitamento na fabricação de produtos destinados à construção, como tacos, pisos e bancos.

Recentemente surgiram no Paraná indústrias especializadas no processo de secagem de serragem. A serragem seca tem sido usada pelas indústrias de cal e de tijolos (CONTO et. al, 1997).

2.1.3.6 Costaneiras

As costaneiras podem ser vendidas a fábricas de celulose, para produção de pasta e cavacos. De acordo com a FAO (1958), países escandinavos vendem cavacos de costaneiras e recortes, contribuindo com 10 a 15% das vendas das serrarias, o equivalente ao custo da mão-de-obra das mesmas. E na Finlândia, 20% da pasta sulfato e 10% da pasta sulfito são obtidos de resíduos de costaneiras.

2.1.3.7 Casca

Na indústria madeireira, a casca tem sido considerada como um resíduo que deve ser removido do processo que requer a madeira. Como resultado, muito da casca tem sido queimada ou usada para deposição na terra (PRANCE & PRANCE, 1993).

Mas há alternativas para este resíduo. A casca pode ser utilizada para obtenção de extrativos como taninos, ceras, óleos essenciais, complexos fenólicos e produção de adesivos para madeira compensada.

Também pode ser utilizada para a fabricação de chapas isolantes e chapas duras. Mas há ainda preferência por materiais sem casca, baseada no controle do processo e aparência do produto final.

A presença de frações de sujeira nas fissuras da casca durante as operações de colheita podem causar problemas de separação, causando desgaste nas facas de corte. Outra dificuldade é causada pela variação na proporção de casca e a manutenção do pH na massa de fibras ou partículas. Os resíduos de casca no produto final podem ser indesejados (FAO, 1958).

A maioria das chapas isolantes e a superfície de chapas de partículas do tipo liso são manufaturadas de material livre de cascas. Para chapas duras e de partículas pode ser usado 15% de casca (FAO, 1958).

O uso excessivo da casca (mais de 10%) produz efeitos adversos significativos na resistência e propriedades dimensionais das chapas de partículas. Quando as fibras são usadas para produzir média densidade, experimentos mostram que a utilização de casca, particularmente de folhosas, não deve exceder a 5%, pois acima deste valor são reduzidas seriamente as propriedades de resistência e estabilidade dimensional (MOSLEMI, 1974).

A casca pode ter usos medicinais, como a da árvore de aroeira, que pode ser usada como medicamento no tratamento de gengivites. Além dos medicinais, algumas substâncias químicas das cascas podem ser usadas para dar sabor e cheiro a comidas e bebidas. Como exemplo tem-se o cinamomo (PRANCE & PRANCE, 1993) e a canela.

A cortiça é o produto da casca mais familiar em uso hoje. Pode ser usada para fabricação de rolhas para garrafas, é bom isolante acústico e elétrico, além de servir para confecção de vários produtos, como caixas para comida (PRANCE & PRANCE, 1993).

A casca residual também tem sido usada em manufatura de sarrafos, papel de forração, forro de *carpet* e feltros, sendo cada vez mais usada como condicionador de

solo, como cobertura, e para trilha de jardins. Como condicionador de solo, ela aumenta a porosidade do solo pela captura do ar e água na sua matriz. Devido à sua estrutura porosa, a casca também drena bem, como turfa ou musgo. Também previne a erosão do solo e protege as plantas, moderando a temperatura do solo, reduzindo o resfriamento e super aquecimento (PRANCE & PRANCE, 1993).

2.1.3.8 Outras finalidades

Os resíduos de madeira podem ser utilizados ainda de várias outras formas, como para propiciar matéria orgânica para correção ou aumento da qualidade do solo; para cobertura morta; como cama para animais; para cobertura de aterros; para estabilizar estradas de terra, grandes pátios industriais, pátios para equipamentos, estradas de acesso a aterros, estradas temporárias e outras superfícies de rodagem não pavimentadas; para fabricação de pequenos objetos e utensílios; obtenção de matéria-prima para a indústria de tintas, vernizes, corantes, adesivos, alimentícia e solventes através da extração de voláteis; produção de enchimento para embalagens; e outros usos não mencionados.

2.1.4 Preços de Resíduos Madeireiros

Os preços dos resíduos variam e dependem do tipo e forma do resíduo, espécie de madeira, conteúdo de umidade e de condições específicas de mercado no período de compra. As informações abaixo são baseadas nos preços pagos no norte e sul da Nova Inglaterra (C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC., 1990).

O preço pago pela madeira para energia oriunda de atividades silviculturais (chips) atualmente está em torno de US\$ 10,00 a US\$ 20,00 por tonelada, incluindo transporte. O preço usualmente pago é de US\$ 16,00 a US\$ 20,00 por tonelada. A madeira geralmente tem um conteúdo de umidade de 40 a 50% (C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC., 1990).

O preço das partículas de resíduo de madeira vai desde US\$ 12,00 até US\$ 20,00 por tonelada, incluindo transporte, quando vendido para combustível. As partículas com qualidade para a fabricação de polpa podem ser vendidas desde US\$ 24,00 até US\$ 30,00 por tonelada (C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC., 1990).

O preço pago pela serragem varia de US\$ 5,85 até US\$ 11,00 por tonelada, sendo que o conteúdo de umidade está em torno de 10-50%. A casca é vendida tanto para combustível ou outros usos, sendo que os preços variam de US\$ 10,00 por tonelada, incluindo transporte, para combustível até US\$ 32,00 por tonelada, incluindo transporte, para outros usos (C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC., 1990).

2.2 PRODUTOS FLORESTAIS

A madeira é um dos materiais mais completos gerados pela natureza. Apesar de ser relativamente leve, apresenta alta resistência e em algumas propriedades mecânicas compara-se favoravelmente com materiais sintéticos como o aço, concreto e nylon.

A natureza, no entanto, impõe suas limitações. No caso da madeira, o tamanho das peças a serem obtidas, em relação a comprimento e largura, é limitado pelas dimensões de diâmetro e alturas das árvores que as originarão. Na prática, isto significa que tábuas de madeira raramente excedem a um metro de largura, sendo que a maior parte da produção está de fato limitada à larguras inferiores a 50 cm. E o comprimento de peças de madeira está limitado ao comprimento da parte comercial do tronco da árvore.

Outros pontos a serem considerados são o caráter anisotrópico da madeira e seus defeitos naturais. A resistência mecânica ao longo do eixo longitudinal é muito maior que ao longo dos eixos tangencial e radial (PANSWIN & ZEEUW, 1980). E defeitos como nós, inclinação da grã, lenhos de reação, entre outros, ocasionam interferência quanto ao comportamento reológico da madeira (IWAKIRI, 1998).

Desta forma, percebe-se a importância das chapas de madeira. Através da produção de produtos compostos de madeira consegue-se um produto nas características requeridas, podendo-se controlar ou prever o comportamento

tecnológico do produto. E as chapas de madeira podem ter larguras muitas vezes superiores ao diâmetro da árvore, que fornece a matéria-prima.

Além de praticamente eliminar as limitações de tamanho, permite-se o aumento da resistência lateral (eixo transversal) através da alternância da direção da fibra das lâminas usadas na fabricação do compensado, ou através da orientação de partículas e fibras dos aglomerados e chapas de fibras, contribuindo significativamente para diminuir os efeitos da anisotropia da madeira.

A madeira colada também contribui indiretamente para a conservação de recursos florestais, assim como, para a ampliação da utilização de produtos florestais, porque oferece maiores possibilidades da utilização de resíduos, e maior rendimento em relação ao volume das toras, utilização de madeiras de reflorestamento de rápido crescimento e madeiras de densidade média, o que na confecção do painel confere rigidez suficiente para aplicação estrutural.

Dentro deste contexto, parece cada vez mais que a tendência lógica é a utilização de madeira reconstituída, desde a indústria moveleira até aplicações estruturais.

Os produtos manufaturados pela indústria de painéis diversificam-se e, atualmente, existe uma variada gama de produtos, os quais diferenciam-se principalmente pelo tamanho da partícula e pela sua densidade.

Os produtos que podem ser encontrados no mercado atualmente são:

2.2.1 *ELP- Engineered Lumber Products* (Produtos Engenheirados de Madeira)

São produtos obtidos a partir de madeiras serradas, de pequenas dimensões. Destacam-se os "*Glulam Glued Laminated*", ou seja, produtos fabricados mediante a colagem de pequenas peças de madeira, cujas fibras se dispõem em sentido paralelo. As uniões podem ser frontais (*finger joints*) ou laterais (*edge glued boards*). Tais produtos se destinam a substituir peças serradas de grandes dimensões e esquadrias superiores (*framing lumber*), funcionando como vigas na construção civil. Outros usos não-estruturais podem ocorrer, como os *blockboards* (peças finas de madeira colada

lateralmente) e os *finger-joint* (peças unidas nos extremos por encaixe e colagem) (LELLES & SILVA, 1997).

2.2.2 EP- Engineered Panel (Painéis Engenheirados)

São peças obtidas a partir de compensados ou outros tipos de painéis que apresentem determinados valores de resistência, rigidez. São utilizados em vários usos estruturais (LELLES & SILVA, 1997).

2.2.2.1 Compensado

Entre os mais variados produtos de madeira colados está o compensado, que constitui, expressando-se em volume, o mais importante de todos os produtos à base de madeira.

Segundo SANTOS (1987) o compensado é o produto obtido pela colagem de lâminas de madeira sobrepostas, onde o sentido das fibras das diversas lâminas é cruzado, geralmente a 90° , o que propicia grande resistência física e mecânica. E de acordo com LIMA (1995), o compensado deve possuir um número ímpar de lâminas de madeira. O produto obtido nessas condições não é suscetível de fendilhar e quando fabricado corretamente, as contrações e dilatações, devido às variações de umidade do ambiente (talvez o maior inconveniente encontrado na aplicação da madeira) ficam muito reduzidas.

O painel de compensado tem múltiplas aplicações: construção civil, móveis, formas para concreto, embalagens, etc. Suas características mecânicas, grandes dimensões e variedades de tipos adaptáveis a cada uso constituem os principais atributos para justificar a ampla utilização desse material (REVISTA DA MADEIRA, 1997).

O compensado é produzido sob duas principais especificações:

- a) para uso interno (resistente à umidade), com colagem à base de resina uréia-formaldeído, sendo empregado basicamente na indústria moveleira;

b) para uso externo (à prova d'água), com colagem à base de resina fenol-formaldeído, sendo normalmente utilizado na construção civil (REVISTA DA MADEIRA, 1997).

A indústria de compensados se abastece com lâminas produzidas a partir da madeira de *Pinus*, araucária, mogno, cedro, imbuia, cerejeira, ipê, sucupira, virola, andiroba, louro-faia, entre outras. O compensado mais comumente fabricado tem seu miolo feito de virola (DELESPINASSE, 1995).

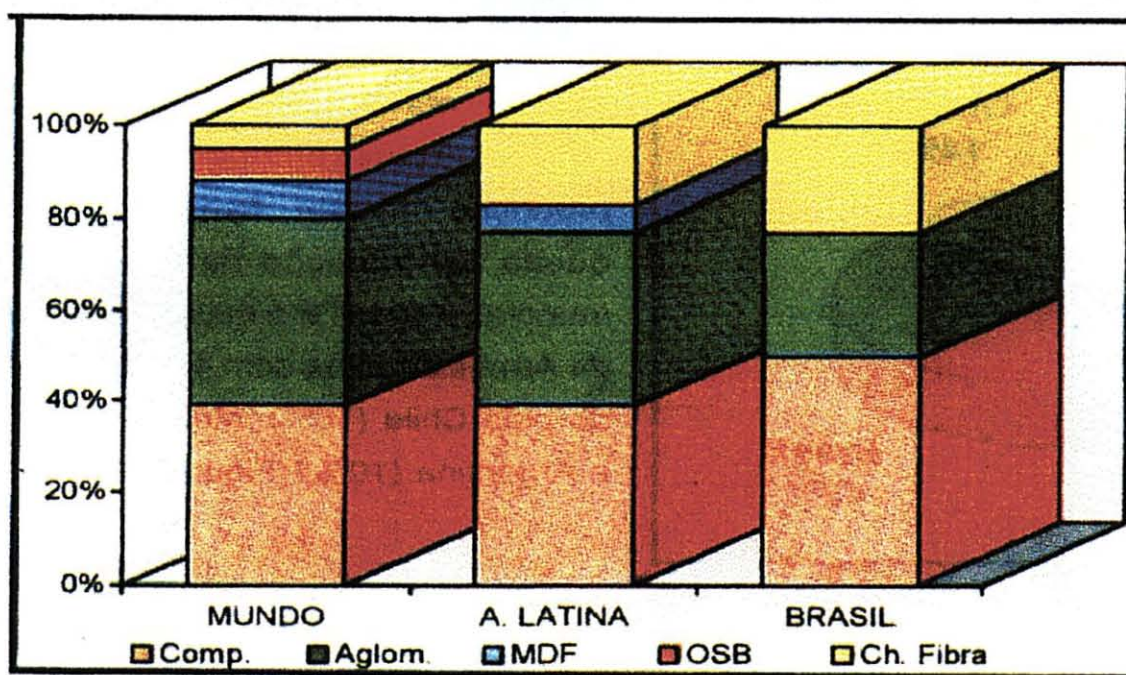
As vantagens apresentadas pelos compensados quando comparados com a madeira maciça são as seguintes:

- a) apresentam maior coeficiente de resistência distribuído de modo mais ou menos uniforme por todo o compensado;
- b) em razão da disposição cruzada das lâminas, apresentam maior estabilidade dimensional, com melhor distribuição de resistência nos sentidos longitudinal e transversal em relação à madeira sólida;
- c) os compensados podem ser moldados por ocasião da prensagem;
- d) são mais fáceis de serem tratados com preservativo;
- e) obtém-se melhor aproveitamento da tora para compensado do que pelo desdobro em serraria;
- f) pode-se obter chapas com grandes dimensões;
- g) o preço do compensado é inferior ao da madeira maciça.

2.3 MERCADO DE CHAPAS COMPENSADAS

O comércio mundial de madeiras provenientes dos vários tipos de florestas movimentada, anualmente, cerca de US\$ 50 bilhões. Neste cenário enquadra-se a produção de produtos à base de madeira, que pode ser observada na figura 2.

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE PAINÉIS - 1997



FONTE: TOMASELLI & DELESPINASSE (1997)

A figura apresenta uma comparação da distribuição dos diferentes painéis sobre a produção total do mundo, na América Latina e no Brasil.

Baseando-se nesta figura, fica comprovada a importância das chapas compensadas no consumo *per capita* global, tendo ainda mais destaque no Brasil, onde a produção de compensados é maior do que a produção de qualquer outro tipo de chapa.

2.3.1 Produção e Consumo Mundiais de Chapas Compensadas

A evolução da produção mundial de chapas, maiores exportadores e importadores podem ser observados nas tabelas 5, 6, 7 e 8.

TABELA 5 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE CHAPAS COMPENSADAS EM 1.000 m³ - 1996

	1975	1980	1985	1990	1995
Brasil	660 (1,92%)	900 (2,30%)	1.100 (2,45%)	1.050 (2,18%)	1.600 (3,21%)
Mundo	34.292 (100%)	39.202 (100%)	44.873 (100%)	48.258 (100%)	49.793 (100%)

FONTE: BANCO DE DADOS DA STCP E FAO, CITADO POR TOMASELLI (1997)

TABELA 6 - MAIORES PRODUTORES DE COMPENSADO DE MADEIRA EM 1.000 m³ NO PERÍODO DE 1981 A 1992

PAÍS	1981	1985	1989	1992
USA	16.300	18.562	19.700	17.109
Indonésia	1.552	4.615	8.784	10.100
Japão	7.096	7.033	6.700	5.594
Malásia	603	711	1.090	2.100
Canadá	2.086	2.190	2.165	1.838
Former USSR	2.035	2.187	2.298	1.221
Brasil	902	902	1.300	960
Coréia	1.599	1.227	1.180	948
França	516	489	498	482
Alemanha	391	376	439	429

FONTE: REZENDE (1994)

TABELA 7 - MAIORES EXPORTADORES DE COMPENSADO DE MADEIRA EM 1.000 m³ NO PERÍODO DE 1981 A 1992

PAÍS	1981	1985	1989	1992
Indonésia	760	3.964	8.039	8.635
Malásia	467	363	929	1.670
USA	437	215	1.382	1.557
Singapura	587	629	714	661
Hong Kong	2	3	379	444
Canadá	408	473	400	395
Finlândia	520	456	512	321
Brasil	113	270	318	286
França	170	166	210	228
Rússia	-	-	-	224

FONTE: REZENDE (1994)

TABELA 8 - MAIORES IMPORTADORES DE COMPENSADO DE MADEIRA EM 1.000 m³ NO PERÍODO DE 1981 A 1992

PAÍS	1981	1985	1989	1992
Japão	38	337	3.261	3.278
China	203	438	1.569	2.768
USA	1.226	1.522	1.790	1.572
Coréia	-	17	739	953
Grã Bretanha	1.023	1.042	1.643	1.397
Alemanha	530	489	574	753
Hong Kong	249	220	542	637
Holanda	446	462	582	636
Singapura	319	637	748	547
França	274	246	376	423

FONTE: REZENDE (1994)

2.3.2 O Brasil no Mercado de Chapas Compensadas

A participação do Brasil no mercado internacional de compensados, apesar de insignificante a nível mundial, tem crescido visivelmente. Em 1971 o Brasil exportava cerca de apenas 29.000 m³, representando 0,55% da exportação desta chapa a nível mundial (5.263.000 m³). Em 10 anos, a participação brasileira praticamente triplicou, e em 1980, teve 1,5% de participação com sua exportação de 113.000 m³ em relação ao total exportado no mundo (6.577.000 m³). E em apenas mais 5 anos sua participação dobrou. Em 1985, o Brasil representou 3,2% das exportações mundiais de compensado, com 270.000 m³ de compensados exportados (STCP, 1990). E assim sua participação tem aumentado ano a ano, o que pode ser constatado pelos dados da tabela 9.

TABELA 9 - EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE COMPENSADOS - PERÍODO 1990 A 2000

ANO	EXPORTAÇÃO (1.000 m ³)	VARIAÇÃO (%)
1990	300	--
1991	369	23,0
1992	480	30,0
1993	813	69,4
1994	898	10,0
1995	748	-16,7
1996	658	-12,0
1997	650	-1,2
1998	620	-4,6
1999	1.300	110,0
2000*	1.000	-23,0

FONTE: BANCO DE DADOS DA STCP E SECREX, CITADO POR ABIMCI (2001)

NOTA: *Estimativa

Segundo a ABIMCI (2001), após 1990 o crescimento das exportações de compensado foi de 12,8% ao ano, acumulando um crescimento total de 233%. Entre 1993 e 1995 foram exportados expressivos volumes em virtude das condições favoráveis e atrativas no mercado internacional.

Ao longo dos últimos 10 anos, os principais importadores do compensado brasileiro foram os Estados Unidos, Porto Rico e Alemanha, sendo que em 1999 as

maiores participações foram do Reino Unido e dos Estados Unidos com 20%, a Alemanha com 14%, a Bélgica com 8% e Porto Rico com 7%.

O país já é o sétimo produtor mundial de chapas compensadas, sendo também o oitavo maior exportador, não tendo representação em importações neste segmento.

Os volumes importados de compensado são desprezíveis. Segundo dados da ABIMCI (2001), a maior importação no período após 1975 ocorreu em 1978, com 3.000 m³, o que representou menos de 0,5% da produção nacional, e normalmente não ultrapassam a 500 m³ anuais.

2.3.3 Produção Nacional

Hoje, o parque nacional voltado à produção de compensado apresenta 300 unidades industriais. A produção representada por estas unidades é de aproximadamente 2,2 milhões de metros cúbicos anuais, sendo que as 40 maiores indústrias respondem por pouco mais de 60% desta produção (ABIMCI, 2001).

Durante a década de 80 e início dos anos 90, a produção brasileira de painéis manteve-se constante no nível de 2,5 milhões de metros cúbicos anuais, representando a utilização de apenas 36% da capacidade instalada. Este elevado grau de ociosidade vem acompanhando a indústria desde a sua implantação no país (DONNELLY & SUCHEK, 1997).

Apenas mais recentemente a produção de painéis experimentou um crescimento a uma taxa de 6,4% ao ano (ABIMCI, 2001), atingindo em 1996 a produção de 3,4 milhões de metros cúbicos, representando 2,2% da produção mundial.

De acordo com FLÂNDOLI SOBRINHO (1997), a produção nacional de lâminas e compensados continua sendo inexpressiva a nível mundial, além de modesta quando comparada ao elevado aumento (163%) no consumo de madeira para o segmento de madeira serrada. Isto se deve a uma série de fatores, entre os quais evidenciam-se aspectos de disponibilidade de matéria-prima, instabilidade econômica, aspectos de mercado, dificuldades financeiras no setor e falhas de ordem gerencial (STCP, 1990).

2.3.4 Consumo Nacional

Segundo dados fornecidos pela STCP, citados pela ABIMCI (2001), a evolução do consumo brasileiro de compensados pode ser observada na tabela 10. Para o período analisado (1990-2000), o consumo cresceu cerca de 3,3%.

TABELA 10 - CONSUMO BRASILEIRO DE COMPENSADOS - PERÍODO 1990 A 2000

ANO	CONSUMO (1.000 m ³)	VARIAÇÃO (%)
1990	750	--
1991	751	0,0
1992	770	2,5
1993	782	1,6
1994	1.002	28,0
1995	852	-15,0
1996	1.012	19,0
1997	1.000	-1,2
1998	980	-2,0
1999	1.020	4,0
2000	1.040	2,0

FONTE: BANCO DE DADOS DA STCP E ABIMCI (2001)

2.3.5 Preços das Chapas

Historicamente, o preço sustentável do compensado moveleiro de 15 mm é 40% maior que o preço do aglomerado, girando em torno de R\$ 400,00/m³. Outros custos podem ser visualizados nas tabelas 11, 12 e 13.

TABELA 11 - FORMAÇÃO DO CUSTO E PREÇO DO COMPENSADO MULTILAMINADO DE VIROLA E *Pinus*, EM REAIS (AGOSTO / 2000)

ITEM	VIROLA		<i>Pinus</i>	
	4 mm	15 mm	4 mm	15 mm
Matéria-prima	304,98	240,93	219,61	194,75
Insumos	57,71	48,17	103,93	84,14
Mão-de-obra e encargos	53,48	45,64	54,78	46,75
Energia elétrica	3,13	2,67	3,13	2,67
Manutenção	2,41	2,06	2,41	2,06
Fretes	90,20	82,85	12,49	11,84
Despesas gerais	3,91	3,34	3,91	3,34
Depreciação	3,21	2,74	2,91	2,48
Custo do produto acabado	519,03	428,40	403,17	348,03
Custo de venda	77,20	52,81	80,09	37,00
Imposto de renda	33,58	9,58	55,05	6,47
Custo total	629,81	490,76	538,31	391,50
Preço de mercado	698,00	510,23	650,09	404,64
Rentabilidade (%)	10,83%	3,96%	20,76%	3,36%

FONTE: ABIMCI (2001)

NOTA: Preços Praticados à Vista (FOB Indústria em Curitiba- PR)

TABELA 12 - FORMAÇÃO DO CUSTO E PREÇO DO COMPENSADO MULTILAMINADO DE VIROLA, AMESCLA E MANGUE, EM REAIS (AGOSTO/ 2000)

ITEM	BITOLAS			
	4 mm	6 mm	12 mm	15 mm
Custo do produto acabado	519,04	466,27	425,00	428,40
Custo de venda	102,66	94,33	86,41	87,49
Custo total (CT)	621,70	560,60	511,41	515,89
Lucro líquido	137,93	124,37	113,46	114,45
Imposto de renda	67,93	61,26	55,88	51,41
Preço médio por m ³	827,56	746,23	680,75	686,71
Preço médio por chapa	11,65	15,76	28,75	36,26
Chapas por m ³	71,02	47,35	23,67	18,94
Ponto de equilíbrio (%)	23,04	24,06	22,94	23,94
Margem de contribuição (%)	32,49	32,66	32,28	32,71

FONTE: ABIMCI (2001)

NOTA: Preços praticados à vista (FOB Indústria em Curitiba- PR)

TABELA 13 - FORMAÇÃO DO CUSTO E PREÇO DO COMPENSADO SARRAFEADO 5 CAMADAS DE VIROLA, AMESCLA, MANGUE, EM REAIS (AGOSTO/ 2000)

ITEM	BITOLAS		
	15 mm	18 mm	20 mm
Custo do produto acabado	310,76	286,58	274,49
Custo de venda	570,17	48,95	44,84
Custo total (CT)	412,34	376,03	357,87
Lucro líquido	82,47	75,21	71,57
Imposto de renda	44,41	40,50	38,54
Preço médio por m ³	494,81	451,23	429,44
Preço médio por chapa	26,13	28,59	30,23
Chapas por m ³	18,94	15,78	20,00
Ponto de equilíbrio (%)	27,59	25,83	24,77
Margem de contribuição (%)	35,41	34,57	34,08

FONTE: ABIMCI (2001)

NOTA: Preços praticados à vista (FOB Indústria em Curitiba- PR)

2.4 TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS

Segundo MACEDO et al. (1997), na próxima década, haverá um descompasso crescente entre oferta e demanda de madeira no mercado internacional, em função, basicamente, da queda de produção da Malásia e Indonésia e pela virtual estagnação esperada para os principais produtores do hemisfério norte, ante as pressões ambientais e sociais. Tal descompasso propiciará a valorização do preço da madeira nos próximos anos e induzirá o mercado, especialmente nos países do hemisfério norte, no sentido de aproveitar de forma mais intensa os resíduos de madeira, provocando um crescimento acelerado da demanda de produtos “engenheirados” de madeira.

Além disso, certificados internacionais como ISO14000 e FSC colaboram para que as empresas utilizem de forma adequada a matéria-prima madeira, evitando desperdícios, canalizando o uso de resíduos para fabricação de chapas.

A manutenção da estabilidade e a elevação da atividade econômica permitirão crescimento sustentado do consumo nacional de chapas, tendo como consequência um crescimento acentuado na produção de chapas de madeira reconstituída, voltados sobretudo à produção de móveis e ao segmento da construção civil (FLÂNDOLI SOBRINHO, 1997).

Desta forma, segundo TOMASELLI E DELESPINASSE (1997), o potencial de crescimento da indústria de painéis na América Latina até o ano de 2005 será superior a 10% ao ano, e o Brasil será o principal responsável por ele.

Há espaço para esse crescimento e isso pode ser provado ao comparar-se o consumo *per capita* de painéis no Brasil frente ao consumo em alguns países em desenvolvimento e desenvolvidos.

A expansão do mercado das chapas, além de garantir o fortalecimento do mercado interno, abrirá novas opções para as exportações, especialmente para produtos com maior valor agregado, o que representa maior movimentação no Brasil, com resultados financeiros maiores na hora da venda.

TOMASELLI E DELESPINASSE (1997) mencionam que em linhas gerais as tendências para a indústria de compensado no Brasil devem ser as seguintes:

- a) estabilização no consumo doméstico de compensados devido à competição dos painéis reconstituídos;
- b) crescimento na produção e na exportação, movido pela entrada de empresas de grande porte, especialmente Malasianas;
- c) a competição e a demanda internacional deverão manter os preços atuais praticados no mercado.

Já os relatórios da ABIMCI (1985) apresentam as seguintes tendências para o seguimento de indústrias de compensado no Brasil:

- a) aumento da competitividade das empresas potenciais concorrentes no Brasil no mercado internacional;
- b) tendência significativa do crescimento da participação brasileira no mercado internacional de madeiras industrializadas;
- c) aumento da demanda por madeiras tropicais e seus subprodutos, em paralelo com a redução geral da oferta;
- d) uso decrescente de lâminas de madeira em razão do aumento dos custos pelo setor moveleiro;
- e) maiores potencialidades de fornecimento de compensados para o mercado internacional;

- f) início da implantação, no Brasil, de novas linhas para produção de compensado, que utilizarão equipamentos modernos e próprios para trabalhar com madeira de reflorestamento; aumento substancial da demanda nacional (para 1,2 milhões de m³ em 2005) e internacional por produtos de origem florestal em geral, com especial destaque para painéis de madeira;
- g) tendência gradativa de aumento de preços, em geral, dos painéis de madeira;
- h) uso decrescente de compensado em móveis seriados, em razão da evolução de projetos de móveis e equipamentos, seguindo a tendência mundial, resultando num aumento de sua substituição pelo aglomerado e MDF;
- i) retomada do setor de construção civil, que irá demandar um volume bastante significativo de compensados no país.

2.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMPENSADOS

Basicamente, as chapas compensadas são produzidas na mesma seqüência apresentada na figura 3.

FIGURA 3 – DESCRIÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DE COMPENSADOS

INSUMO	PROCESSO PRODUTIVO
1. Árvore	Abatida na floresta através de motosserras e transformada em toras
2. Tora	Transformação em lâminas, através do torno laminador ou faqueadeira.
3. Lâmina	Recortada em tamanhos padronizados através da guilhotina
4. Secagem	Passagem pelo secador para que a lâmina tenha no processo final a umidade adequada (normalmente de 6-10%)
5. Lâmina	Transportada para uma esquadrejadeira para os cortes finais
6. Lâmina	Sobreposta uma à outra impregnada com adesivo adequado à utilização final da chapa
7. Camada de lâminas	Transportada para a prensa à quente por determinado período de tempo para fixação das lâminas sobrepostas
8. Chapa de compensado	Transferida para a lixadeira para a equalização da superfície
9. Chapa de compensado	Processo de revestimentos diversos

FONTE: ABIMCI (1985)

2.5.1 Corte das Lâminas

Primeiramente as toras são selecionadas, a casca é removida e as toras cortadas no comprimento desejado. Existem três métodos para cortar a madeira em lâminas: serrar, fatiar e laminar (IWAKIRI, 1998).

Serrar lâminas é um método raro de ser utilizado, o qual na maioria das vezes não necessita de aquecimento da tora, e pode ser também usado para madeiras que são muito quebradiças ou não indicadas para uma fatiação. Nesse processo, perde-se muita madeira e é difícil manter as serras com corte preciso.

O corte em fatias é usado em madeiras nobres para trabalhos finos, como para madeiras desenhadas de móveis e painéis de parede. As lâminas obtidas com este processo são usadas como capa decorativa de compensados.

O terceiro método é a laminação das toras em tornos rotativos, em que a produção tem seu maior volume. Este método envolve a centralização da tora no torno para então girá-la contra uma faca estacionária que possui o comprimento da tora. A lâmina é desenrolada em uma esteira contínua de borracha, como se fosse um rolo de papel toalha, podendo ser cortada em uma grande variedade de espessuras, tipicamente de 2,5 a 4,8 mm para madeiras macias e de 0,7 mm para as madeiras mais duras.

As lâminas quase sempre são produzidas em regiões geográficas diferentes das que são produzidos os compensados, é o caso das lâminas provenientes de madeiras nativas, que são quase na totalidade produzidas no norte do País, sendo então exportadas ou transportadas para o sul e sudeste onde estão as fábricas de compensados.

2.5.2 Secagem das Lâminas

Após a laminação é realizada a secagem das lâminas. A secagem é fundamental para uma boa colagem. Quando há demora na secagem, ocorre a perda de umidade nas bordas. E os secadores são programados para uma determinada umidade de saída, o que significa que qualquer lâmina ou parte dela que estiver abaixo do conteúdo de

umidade em relação ao programa do secador será seca em demasia e sujeita a danos físico-químicos.

2.5.3 Tempo de Resfriamento

Após secagem, recomenda-se empilhar as lâminas por um período de 24 a 48 horas antes da aplicação do adesivo para a equalização da umidade. Essa prática também permite que a lâmina se resfrie, evitando a supersecagem (menos de 3% de umidade na chapa), que consiste na lâmina absorver todo o solvente da cola, reduzindo a fluidez. Frequentemente, extensores e cargas no adesivo são utilizados para amenizar o efeito da supersecagem.

A umidade desejada para lâminas na fabricação de compensado é de 3 a 7%.

2.5.4 Classificação

Consiste em separar as lâminas destinadas a constituir o interior ou o exterior do compensado. As lâminas são selecionadas de acordo com o uso pretendido do compensado. Em compensados decorativos (móveis, portas) as superfícies das lâminas são de alta qualidade e valiosas, sendo selecionadas pela figura e cor. O miolo e camadas internas são de menor qualidade ou outra espécie. Em compensados com propósitos de construção o maior critério é a resistência e não a aparência do produto (TSOUMIS, 1991).

A classificação é uma operação importante, pois dela dependerá em grande parte a qualidade dos compensados.

2.5.5 Junção das Lâminas

A colagem das bordas das lâminas é efetuada em função do comprimento e largura desejada do compensado.

Antes da junção propriamente dita, é necessário obter lâminas com bordas retas e quadradas de modo que duas ou mais lâminas possam ser coladas entre si. Em painéis estruturais onde a aparência não é um fator, as lâminas podem ser unidas simplesmente por fios de nylon, embebidos em resina à base de etileno vinil acetato, aplicados num sistema com rolo compressor aquecido nos sentidos transversal ou em ziguezague. Fitas adesivas também são usadas. As lâminas faqueadas são coladas pelas bordas laterais, sendo o adesivo aplicado em um feixe de lâminas, com posterior passagem pelo rolo compressor, para não causar ondulações (MARRA, 1992).

As lâminas com defeitos podem ser aproveitadas através de uma operação destinada aos defeitos (são cortados com um “vasador” e substituídos por rodela ou discos de madeira sã). Os discos são introduzidos sob pressão na abertura deixada pelo vasador e colados à lâmina pelas bordas.

2.5.6 Aplicação da Cola e Montagem dos Compensados

Depois do resfriamento das lâminas e sua junção, é realizado o espalhamento da cola e montagem dos compensados.

A montagem do compensado é a operação de sobreposição de lâminas com adesivo, em seqüência, de acordo com a composição preestabelecida e obedecendo ao princípio de laminação cruzada (IWAKIRI, 1998).

A distribuição da cola nas superfícies das lâminas é feita com a utilização de máquinas dotadas de aplicador de rolos, spray ou cortina que distribuem de forma uniforme o adesivo.

O método convencional na montagem de compensado é o de impregnação em rolos. Esse método envolve a passagem de lâminas entre rolos de impregnação, que aplicam cola tanto na superfície superior, como também na inferior.

A cola utilizada para montagem dos compensados pode ser natural ou sintética. As resinas sintéticas (resinas termoplásticas e resinas termoestáveis) apresentam uma maior resistência à umidade e ao ataque de microorganismos quando comparados às colas de origem natural. Por causa disto atualmente são amplamente utilizadas na

indústria madeireira, e as naturais estão em desuso. As resinas mais utilizadas na indústria de compensados hoje são as resinas termoestáveis uréia-formaldeído (UF) e fenol-formaldeído (FF).

A quantidade de adesivo a ser aplicado na lâmina depende do tipo de resina (UF/FF), espessura da lâmina e grau de extensão. Quanto maior a espessura da lâmina, maior deve ser a gramatura de cola, tendo em vista a transferência de maiores tensões na linha de cola.

2.5.7 Pré-Prensagem ou Prensagem à Frio

Prensagem é a operação realizada depois de distribuída a cola nas lâminas e montado o painel. O uso de pré-prensa tem geralmente aumentado a qualidade de colagem dos compensados e a produtividade, reduzindo defeitos de produção e assegurando o alinhamento entre os diversos elementos.

A prensagem é realizada em prensas mecânicas ou hidráulicas, à temperatura ambiente. O tempo de pré-prensagem é geralmente de 3 a 5 minutos, mas pode ser aumentado no inverno e diminuído no verão. A pressão de pré-prensa está compreendida na faixa de 120 a 160 psi, devendo ser de pelo menos 25 psi a menos que da prensa à quente para não afetar a espessura do painel (SELLERS, 1985).

2.5.8 Prensagem à Quente

Este processo é mais utilizado quando do emprego de colas de resina sintética. A prensa utilizada é constituída de vários pratos aquecidos com variações de 6 até 50 aberturas, com carregamento manual ou automático (IWAKIRI, 1998). O aquecimento da prensa pode ser elétrico, à óleo ou à vapor. A maioria das empresas usa o método à vapor para a cura das resinas fenólicas e uréia-formaldeído.

Na prensagem à quente as variáveis de controle do ciclo da prensa são: temperatura, pressão e tempo de prensagem.

A temperatura de prensagem depende da espessura do painel e da cola utilizada, e é definida em função da temperatura necessária para a cura da resina. São recomendadas temperaturas nas faixas de 95 a 120°C para resina uréia-formaldeído, e de 130 a 150°C para resina fenol-formaldeído (IWAKIRI, 1998).

A pressão aplicada durante a prensagem dos painéis tem a finalidade de transferência do adesivo para as lâminas, devendo reparar danos causados na sub-superfície da madeira decorrentes do processo de laminação. A pressão a ser exercida depende da densidade da madeira a ser colada, quantidade e tipo de cola aplicada e qualidade da lâmina. Geralmente está entre 180 e 200 psi.

O tempo de prensagem de um painel está relacionado ao tempo necessário para que a linha de cola mais interna atinja a temperatura de cura da resina, podendo variar de menos de 4 até 15 minutos (FAO, 1968). Portanto, depende diretamente da temperatura de prensagem, espessura da chapa e tipo de adesivo.

2.5.9 Acabamento dos Compensados

A seqüência de operações de acabamento dos painéis após a retirada da prensa são: acondicionamento, calibração, esquadrejamento e lixamento (IWAKIRI, 1998).

Os painéis após serem retirados da prensa quente se encontram em condições instáveis em relação à umidade e temperatura. O teor de umidade da superfície será menor em relação ao centro, e a temperatura da superfície será maior em relação ao centro do painel (IWAKIRI, 1998). O acondicionamento visa a cura adicional da resina e equalização do gradiente de umidade e temperatura, e pode ser realizado através de:

- a) armazenamento de painéis empilhados em local coberto e ventilado;
- b) câmaras de acondicionamento;
- c) atomização com água em painéis empilhados com separadores.

O esquadrejamento é realizado por cortes longitudinais através de serras circulares esquadrejadeiras (duplas) para ajustes da largura e comprimento dos painéis

em medidas padronizadas. As dimensões comerciais mais comuns são: 1.220x2.440 mm e 1.600x2.200 mm (IWAKIRI, 1998). Sistemas modernos de esquadreamento são compostos de dois equipamentos dispostos em “L”, sendo que o primeiro faz o ajuste da largura e o segundo do comprimento do painel, através de controle eletro-mecânico automatizado para cortes (IWAKIRI, 1998).

A calibração por lixamento dos painéis tem como objetivos o ajuste da espessura e eliminação de pequenas imperfeições superficiais para melhor acabamento superficial. É realizada através de lixadeira de cilindro, lixadeira de correia ou em plainas especiais (IWAKIRI, 1998).

2.5.10 Controle de Qualidade, Classificação e Especificações

O controle de qualidade do painel compensado é realizado com base nas suas propriedades e defeitos de fabricação.

As principais propriedades avaliadas em pesquisas e pelo setor de controle de qualidade e desenvolvimento das indústrias são: teor de umidade, massa específica aparente, módulos de elasticidade e de ruptura em flexão estática, resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento, absorção de água, inchamento e recuperação em espessura e emissão de formaldeído.

Os principais tipos de defeitos, segundo IWAKIRI (1998), são:

- a) bolha: elevação da superfície, proveniente de uma separação entre lâminas, geralmente não visível nas bordas do compensado, e ocorre devido à pressão interna de vapor;
- b) delaminação: separação de lâminas a partir das bordas do painel devido à falhas na colagem;
- c) encavalamento: sobreposição de lâminas devido à falhas na junção de lâminas;
- d) defeitos abertos: irregularidades como trincas, rachaduras, juntas abertas, fissuras e orifício de nós;

- e) ultrapassagem do adesivo: manchas na superfície do painel devido à ultrapassagem do adesivo da linha de cola para a superfície.

Segundo a minuta desenvolvida pelo IBDF (1985), a classificação dos painéis pode ser feita com base na qualidade das lâminas e o tipo de adesivo utilizado, bem como o local de utilização do painel. As lâminas são classificadas da seguinte forma:

- a) N - natural;
- b) A - primeira;
- c) B - segunda;
- d) C - terceira;
- e) D - quarta.

A classificação com base no local de utilização e adesivo utilizado é seguida da seguinte forma:

- a) IR - interior (UF) com mínimo de falha na madeira de 60%;
- b) IM - intermediário (UF + MF) para uso em ambientes de alta umidade relativa e com mínimo de falha na madeira de 60%;
- c) EX - exterior (FF) para uso em condições cíclicas de alta e baixa umidade relativa e em ação direta com a água.

As especificações segundo a minuta elaborada pelo IBDF (1985) são as seguintes:

- a) dimensões: 1.220x2.440; 1.600x2.200 e 1.220x2.750 cm;
- b) espessura: 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21 mm.

2.5.11 Embalagem / Expedição

A complexidade da embalagem está intimamente relacionada com a localização da fábrica de compensados e a distância em que se encontram seus principais clientes (FAO, 1968).

2.5.12 Tratamentos Especiais

Os compensados ainda podem receber outros tratamentos de acordo com seu uso final. Isto inclui tratamentos mecânicos, térmicos ou químicos e aplicação de acabamentos ou revestimentos.

Os tratamentos mecânicos são para ajuste de dimensões finais pedidas pelo cliente e desgaste da superfície para minimizar defeitos como diferença de lenho inicial e tardio (FAO, 1968).

Os tratamentos térmicos e químicos e acabamentos ou revestimentos têm como objetivo a proteção ou decoração, ou ambos. Podem ser tratamentos ou acabamentos com líquidos como impermeabilizantes, pinturas, tintas e vernizes ou recobrimento à base de materiais laminados como papéis impregnantes ou plástico (FAO, 1968).

2.5.13 Estrutura de Custos de Produção

A figura 4 ilustra os custos de produção baseados na produção de compensados de uso geral (2.200 x 1.600 x 15 mm), com grande parte das lâminas originadas da Amazônia.

FIGURA 4 - CUSTOS DE PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE USO GERAL - 1999

	CUSTOS	PARTICIPAÇÃO (%)
Fixos	Mão de obra	7,1
	Depreciação	1,5
	Manutenção	0,2
	Outros	2,2
	Subtotal	11,0
Variáveis	Matéria prima básica	57,7
	Matéria prima secundária	12,5
	Energia elétrica	0,5
	Fretes	18,3
	Subtotal	89,0
	TOTAL	100,0

FONTE: IWAKIRI (1999)

Para as fábricas localizadas no sul, que utilizam lâminas de *Pinus* como matéria-prima, o perfil dos custos é um pouco diferente, havendo participação dos fretes.

2.6 QUALIDADE

A preocupação com a qualidade de produtos e serviços deixou de ser apenas uma estratégia de diferenciação e passou a se tornar uma questão de necessidade. A sobrevivência das organizações no mercado atual depende de sua competitividade, que hoje é função direta da produtividade e qualidade da empresa. Assim, as indústrias que não questionarem seus métodos tradicionais de gerenciamento, desenvolvimento de novos produtos e serviços, produção e controle da qualidade estarão em risco.

Neste contexto, as indústrias do Brasil vêm progredindo gradativamente. Mas no setor florestal, apesar de existir um grande número de indústrias madeireiras e potencial florestal, há carência de estudos neste sentido. Os produtos são confeccionados em função da demanda, sem necessários estudos potenciais. Os problemas mais comuns enfrentados pela indústria madeireira são:

- a) uso de equipamentos obsoletos e indústrias com baixo nível tecnológico;
- b) matéria-prima de baixa qualidade;
- c) baixo rendimento no beneficiamento da madeira;
- d) estocagem inadequada da madeira, provocando perdas por insetos e rachaduras;
- e) mão de obra com baixa qualificação;
- f) falta de entrosamento com exportadores e grandes centros consumidores.

Estes problemas, assim como outros, que existem e contribuem para o desperdício e perdas significativas na empresa, podem ser detectados e quantificados através de estudos do processo produtivo, envolvendo a má qualidade. Os resultados obtidos indicam as áreas prioritárias para ações corretivas e/ou preventivas, no combate às perdas.

A melhoria da qualidade reduz os desperdícios que podem ser traduzidos como homens-hora e horas-máquina excedentes, consumo extra de matéria-prima e insumos nas operações de retrabalho. Esta redução dos desperdícios leva a uma redução dos custos e conseqüente aumento da produtividade (BONDUELLE, 1997).

Melhorias também podem ser conseguidas através de:

- a) realização de cursos para aperfeiçoamento da mão de obra;
- b) divulgação de tecnologias desenvolvidas e disponíveis;
- c) criação de incentivos à exportação e mercado nacional;
- d) aprimoramento das técnicas de estocagem;
- e) usos alternativos e recuperação de resíduos;
- f) melhoria do controle da precisão de corte dos equipamentos e uso de equipamentos mais modernos.

2.6.1 Conceito

Qualidade é definida como a capacidade de atender, durante todo o tempo, às necessidades do cliente. Isto significa consonância, ou seja, a adequação entre as características do produto ou serviço e as expectativas do cliente ou consumidor. De acordo com CAMPOS (1992), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

A qualidade não se faz somente com tecnologia. Ela se faz com pessoas, sobretudo com pessoas capacitadas, treinadas, lideradas, motivadas e plenamente conscientes de suas responsabilidades.

2.6.2 Controle da Qualidade

O controle de qualidade é essencialmente o conjunto de atividades e técnicas empregadas para obter e manter a qualidade de um produto, processo ou serviço. Inclui uma atividade de monitoração, mas também objetiva encontrar e eliminar as

causas de problemas da qualidade, de tal modo que os requisitos do cliente sejam continuamente atendidos (OAKLAND, 1994).

A garantia da qualidade é a prevenção de problemas de qualidade por meio de atividades planejadas e sistemáticas (inclusive documentação). Essas atividades devem incluir o estabelecimento de um bom sistema de gerenciamento da qualidade, a avaliação de sua adequação, a auditoria da operação do sistema e sua revisão (OAKLAND, 1994).

O controle da qualidade total (Total Quality Control - TQC) é um sistema gerencial baseado na participação de todos os setores e de todos os empregados de uma empresa, no estudo e na condução do controle da qualidade. As pessoas constituem a origem e o objetivo de todas as ações. E o envolvimento de todos os membros de uma organização em uma constante busca de auto-superação e contínuo aperfeiçoamento traz resultados concretos, como comprovam empresas bem sucedidas do mundo atual.

2.6.3 Má Qualidade

Deficiências de produto e processo, independente de suas causas, geram a má qualidade, que segundo BONDUELLE (1997) é o grau de discordância entre os caracteres de um produto e as necessidades da clientela. Esta má qualidade gera os chamados custos da má qualidade.

Os custos da má qualidade, ainda, segundo BONDUELLE (1997), podem ser classificados em custos diretos (detecção, prevenção, anomalias internas e externas) e custos indiretos.

2.6.3.1 Custos diretos

- a) detecção: são provenientes da verificação de conformidade do produto com relação às especificações. Fazem parte destes custos os salários, materiais, equipamentos e insumos utilizados nas inspeções e ensaios, controles de

conformidade na linha de produção, auditorias, serviços de laboratório, tratamento de dados, entre outros;

- b) prevenção: consideram todas as despesas efetuadas pela empresa para impedir que falhas sejam cometidas. Estes custos são gerados no desenvolvimento e aplicação de um plano de controle de qualidade do processo, treinamentos, na realização de pesquisas sobre clientes e/ou fornecedores e no programa de melhoria do processo;
- c) anomalias internas: compreendem todos os custos originados pelas falhas cometidas antes da aceitação do produto pelo cliente final. Entre eles estão os rejeitos e retrabalhos, panes e reparações, estoques suplementares, desclassificações e faltas;
- d) anomalias externas: incluem as devoluções, tratamento das reclamações, treinamento para retrabalhos, material para reposição, tratamento do material devolvido pelo cliente, transportes, entre outros.

2.6.3.2 Custos indiretos

São os custos suportados pelo cliente após o produto ter saído do fabricante. Envolvem custos de substituição de produtos defeituosos, pedidos de desculpas por mau serviço, desperdício, reparo (retrabalho), falha e assim por diante. Desse modo, existe um vínculo direto entre qualidade e produtividade.

- a) desperdício: atividades relacionadas com trabalhos desnecessários ou manutenção de estoques resultantes de erros, organização ou comunicação deficientes, materiais errados, entre outros;
- b) reparo ou retrabalho: correção de material defeituoso ou de erros no atendimento dos requisitos;
- c) falha: quando um produto, sistema, componente ou serviço não mais desempenha a função exigida, diz-se que houve falha. As causas de falhas de

produto ou serviço e/ou sistema de serviço são muitas, sendo duas principais e gerais mais comuns:

- fraqueza: inerente ao próprio produto ou serviço quando submetido às tensões normais de uso;
- uso inadequado: representa a aplicação de tensões que estão fora da capacidade usual do produto ou sistema de serviço (OAKLAND, 1994).

Segundo CAMPOS (1992), a identificação inicial do problema decorre de um resultado indesejável observado por alguém da empresa, um mau resultado de qualidade de produto ou serviço, número grande de reclamações de clientes, custo elevado que impossibilita a prática de preços competitivos, atrasos de entrega de produtos/serviços, insatisfação dos empregados, número elevado de acidentes.

Cada organização deve tomar conhecimento dos custos de fazer errado, e a gerência precisa ter uma idéia do custo das falhas a cada ano. Essa classificação de elementos de custo pode ser usada para examinar qualquer processo interno de transformação. Usando-se os requisitos do cliente interno para medir falhas, as estimativas de custo podem ser feitas em qualquer situação onde houver transferência de informações, dados, materiais, serviços ou artefatos, de uma pessoa ou de um departamento para outro.

A comprovação de custos da qualidade em porcentagem significativa muitas vezes serve como catalisador de um programa de Controle da Qualidade Total. Disso podem resultar algumas ações imediatas:

- a) início de um estudo especial para determinar fontes de erros ou defeitos, necessidades de treinamento, entre outros;
- b) esforços especiais para melhorar a comunicação nas interfaces internas, fornecedor-cliente e entre departamentos, como marketing, projeto, produção, operações e compras;
- c) coleta e análise de informações sobre custos da qualidade com relatórios realizados continuamente por pessoal de finanças e da gerência da qualidade;

- d) estabelecimento e manutenção de objetivos da qualidade em termos de custos para toda a organização e para áreas específicas.

Na medida em que a ação preventiva se torna eficaz os custos das falhas e da avaliação são reduzidos e os custos totais diminuem.

Os custos da má qualidade podem explicar o nível de eficácia de uma empresa. Esta eficácia pode ser medida através:

- a) da eliminação dos desperdícios, retrabalhos e outras atividades não produtivas;
- b) dos esforços para a obtenção da melhoria contínua;
- c) da comparação dos resultados obtidos com o esperado;
- d) da racionalização da produção.

Atuar no levantamento das causas potenciais que levam a redução destas perdas exige comprometimento de todos na empresa. O envolvimento dos funcionários na busca de soluções de qualidade constitui um aspecto fundamental nos processos de melhoria da qualidade. A filosofia básica da melhoria contínua é que cada pessoa nunca deve estar satisfeita com o que faz, mas estar sempre na busca constante do aperfeiçoamento.

2.6.4 Ferramentas da Qualidade

Para auxiliar este processo, existem várias ferramentas da qualidade, que podem ser usadas para o planejamento da qualidade, sua manutenção, avaliação e melhorias.

As sete ferramentas usadas no planejamento da qualidade incluem o diagrama de afinidades; diagrama de relações; diagrama de matriz; diagrama de priorização; diagrama da árvore; diagrama do processo decisório (PDPC) e diagrama de setas (flecha).

A amostragem; análise de variância; análise de regressão; planejamento de experimentos; otimização de processos; análise multivariada; confiabilidade são

ferramentas criadas visando ao controle de processos, e lidam principalmente com dados numéricos.

Outras ferramentas são a análise de Pareto; diagrama de causa e efeito; estratificação; lista de verificação; histograma; diagrama de dispersão e gráficos de controle. São usadas para melhoria da qualidade.

2.6.4.1 Fluxograma

Representação gráfica com indicações de símbolos que delimitam seqüencialmente todas as etapas e inter-relações de um evento. Permite uma visualização do fluxo atual, identificando possíveis desvios e gargalos na transferência de operações.

De preferência, o fluxograma não deve ultrapassar uma página devido a possíveis desorganizações com detalhamentos, cuja menção pode ser feita em outro fluxograma (sub-fluxograma).

Os símbolos mais comumente usados nos fluxogramas são:

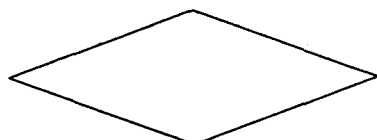
a) início e fim



b) fases do processo



c) tomada de decisão



2.6.4.2 Diagrama de Pareto - quais são os grandes problemas?

Disposição gráfica em forma de barras verticais que favorece a visualização quantitativa das causas de um problema, e quais delas são mais representativas para uma determinada fonte de dados. A formatação do gráfico exhibe a contribuição relativa das causas em relação ao efeito global. Para elaboração do diagrama neste trabalho é necessário:

- a) separar os dados em grupos para comparação;
- b) adotar um parâmetro de controle;
- c) quantificar os dados por parâmetro definido.

Segundo OAKLAND (1994), se os sistemas ou causas de produtos defeituosos ou de algum outro efeito são identificados e registrados, é possível determinar que porcentagem pode ser atribuída a cada uma das causas. O resultado provável é que a maior parte (em torno de 80%) dos erros, perdas ou efeitos seja originada de poucas causas (cerca de 20%).

2.6.4.3 Diagrama de causa-efeito (Ishikawa) - quais são as causas dos problemas?

Representação gráfica em forma de espinha de peixe, onde se relacionam inúmeras causas pertencentes a um determinado efeito. Permite visualizar fatores julgados responsáveis por um resultado, favorecendo a escolha e o rastreamento de causas potenciais que uma vez selecionadas, servirão para uma análise mais detalhada.

O efeito que está sendo investigado aparece na ponta de uma flecha horizontal. As causas potenciais são mostradas como setas identificadas que se prolongam até a seta da causa principal. Cada seta pode ter outras secundárias, se os fatores ou causas principais forem reduzidos a suas subcausas e subsubcausas, por Brainstorming (OAKLAND, 1994).

2.6.4.4 Análise de variância

Análise realizada para determinar as variações estatísticas entre resultados através de hipótese formulada.

Através da aplicação destas ferramentas, pode-se analisar os resultados de rendimento e de geração de resíduos e prever ações corretivas e/ou preventivas para otimização do processo.

Cada ferramenta é muito eficiente quando usada de forma adequada. Esta eficiência aumenta sensivelmente quando usadas em conjunto. Em algumas ocasiões tem-se dúvidas de qual ferramenta selecionar para um dado trabalho. Para facilitar esta seleção deve-se conhecer cada ferramenta.

O emprego conjunto de mais de uma ferramenta, de acordo com a natureza do problema sob consideração, permite o aprimoramento do processo de coleta, processamento e disposição das informações.

O aumento da sofisticação das ferramentas empregadas deverá ocorrer em função do aumento da capacidade de gerenciamento da empresa, isto é, do aumento da capacidade de alcance de metas (WERKEMA & AGUIAR, 1996).

2.6.5 Melhoria da Qualidade

Quando se alcança níveis inéditos de desempenho, e não uma volta à manutenção da estabilidade, após um período de descontrole, houve melhoria da qualidade. Menores índices de reclamações, redução de custos e redução de erros são os mais comuns indicadores de melhorias de acordo com um estudo internacional da qualidade. Redução do tempo de ciclo e variações no processo também são considerados indicadores significativos.

A melhoria da produtividade pode ser obtida modificando e aprimorando o processo, diminuindo desperdícios e aumentando sua rentabilidade.

Para ZAVALA (1994), alguns dos fatores diretamente correlacionados à rentabilidade do processo são: características e capacidade produtiva do equipamento

utilizado, habilidade e treinamento dos operários, estado de manutenção do equipamento, características da matéria-prima e suas propriedades físicas.

Segundo HOCHHEIM & MARTIN (1993), a qualidade da matéria-prima influencia o rendimento da madeira e apresenta reflexos em todo o processo produtivo. O posicionamento da madeira para o corte e eliminação de defeitos da madeira, através de operações de cortes são exemplos cotidianos da perda de material e redução do ritmo de produção da indústria.

Os operadores dos equipamentos influenciam também o rendimento, pois, segundo EL-RADI (1994), estes funcionários devem continuamente tomar decisões em relação à quantidade de material a ser retirado de uma peça e sua classificação. Suas atividades afetam diretamente o volume de produto produzido e qualidade. Indústrias, visando uma boa qualidade de corte e redução de resíduos e produtos de baixo valor no mercado, colocam em seu processo linhas-guia ou guias-laser que indicam a linha de corte, facilitando para o trabalhador o posicionamento da madeira e o planejamento do corte, de modo a maximizar o valor do produto.

2.6.6 Manutenção

A manutenção da fábrica e do equipamento em boas condições de trabalho é essencial para se obter qualidade total, confiabilidade e um trabalho eficiente. O “melhor” equipamento não trabalhará satisfatoriamente a não ser que seja bem cuidado. O pessoal e os materiais devem também ter a sua “manutenção” através do treinamento, motivação, cuidados com a saúde; os materiais precisam de armazenagem e manuseio adequados (OAKLAND, 1994).

Todo o trabalho de manutenção deve ser planejado. Não é fácil tentar descobrir o tempo realmente gasto e a quantidade de trabalho necessário quando se executa uma tarefa de manutenção, particularmente quando a fábrica é grande e/ou complexa e o trabalho de manutenção realizado não é simples (OAKLAND, 1994).

Planos de manutenção preventiva bem elaborados podem reduzir a incidência de manutenção de emergência. Em uma linha de produção de itens padronizados, onde

existe pouco ou nenhum trabalho acumulado entre operações adjacentes, se ocorrer paralisação em uma operação, logo a seguir todas as outras operações estarão também paradas. E à medida que a automação aumenta nos diferentes tipos de operação, tem-se necessidade de reduzir a força de trabalho da produção e aumentar as equipes de manutenção. Assim, a implantação crescente dos métodos *just in time* nos quais os estoques em processo e tamanho dos lotes em fabricação são reduzidos a níveis muito baixos, faz com que essa quase ausência de trabalho em andamento permita focalizar a atenção nas falhas dos equipamentos e sistemas (OAKLAND, 1994).

2.6.7 Treinamento

De acordo com OAKLAND (1994), as idéias para melhorias devem vir daqueles que têm conhecimento e experiência dos processos, atividades e tarefas. Desta forma, o gerenciamento da qualidade total visa envolver cada funcionário nos processos de melhoria, de tal modo que os resultados sejam obtidos em menos tempo.

Segundo o mesmo autor, quando indivíduos são estimulados a se comprometerem com uma determinada meta na qual estão envolvidos, seu orgulho pessoal, sua auto-estima e o nível de motivação estão no ponto máximo. Para a maioria das pessoas, o crítico mais duro e o chefe mais exigente que elas enfrentam não é seu supervisor imediato, mas elas mesmas.

O treinamento é muito importante e deve ser relacionado com as necessidades, as expectativas e a melhoria dos processos. Deve ser planejado e sua eficácia deve sempre ser revisada.

O pessoal precisa ser treinado e ensinado a utilizar seu tempo e energia para estudar seus processos em equipes, procurando as causas dos problemas para corrigí-los. Eles devem ser treinados para:

- a) avaliar: a situação e definir seus objetivos;
- b) planejar: para realizar inteiramente estes objetivos;
- c) fazer: isto é, implementar os planos;
- d) verificar: se os objetivos estão sendo atingidos;

e) aperfeiçoar: isto é, executar ações corretivas se os objetivos não estiverem sendo atingidos.

Os principais elementos de um treinamento em qualidade efetivo e sistemático podem ser considerados sob quatro amplos tópicos:

- a) prevenção de erros, defeitos e problemas;
- b) relatórios e análises de erros, defeitos e problemas;
- c) investigação de erros, defeitos e problemas;
- d) revisão. A ênfase deve ser, obviamente, em prevenção de erros / defeitos / problemas e espera-se que o mencionado nos outros tópicos confirme esse objetivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

A empresa onde foi realizado o estudo foi fundada em 1972, em Curitiba, no estado do Paraná. Hoje o grupo conta com seis unidades em 3 estados brasileiros (Paraná, Pará e Rondônia) em 46.000 m², que geram 1.500 empregos diretos e indiretos, produzindo anualmente 85.000 m³ de compensados, lâminas torneadas e faqueadas, assoalhos, lambris e madeiras serradas.

Parte da produção destina-se ao mercado externo, com destaque para a Inglaterra, Irlanda, Holanda, Bélgica, Alemanha, França, Escandinávia, Argentina, Uruguai e Estados Unidos. Para o mercado interno são produzidos compensados, sarrafeados e aglomerados revestidos.

A coleta dos dados foi realizada na fábrica de compensados, localizada no município de Curitiba, Paraná. A indústria utiliza no seu processo lâminas de madeira de dimensões e espécies variadas, sendo confeccionados muitos tipos de chapas. São utilizadas lâminas decorativas faqueadas para capa e contra-capas de painéis, além de lâminas torneadas para miolo, capa e contra-capas.

As lâminas decorativas faqueadas usadas pela empresa são de cedro (*Cedrela sp.*), mogno (*Swietenia macrophylla*), imbuia (*Ocotea porosa*), cerejeira (*Torresia acreana*), sucupira (*Bowdichia sp.*), freijó (*Cordia goeldiana*), amapá (*Parahancornia amapa*), angelim (*Dinizia sp.*), curupixá (*Micropholis meliniana*), tauari (*Couratari spp.*), muiratinga (*Maquira spp.*), caxeta (*Simarouba sp.*), mogno real (*Cariniana spp.*), sapele (*Entandrophragma cylindricum*), goiabão (*Pouteria pachycarpa*). A largura destas lâminas varia de 13 a 40 cm e sua espessura de 0,6 mm a 0,7 mm, com grande variação de comprimento.

As lâminas torneadas (mais espessas) são de madeira de amescla (*Trattinnickia burseraefolia*), copaíba (*Copaifera reticulata*), virola (*Virola sp.*) e bandarria (*Schizolobium parahyba*), variando em espessura de 1,4 mm a 3,3 mm, com grande variação de comprimento e largura.

As lâminas são transportadas por caminhões em fardos (*pallets*) até a fábrica, onde ficam estocadas em galpão coberto até sua necessidade no processo. O estoque mínimo disponível na empresa é de 1.000 m³.

Em relação às chapas produzidas, há uma grande diversidade de dimensões finais, devido à variação de espécie, espessura e comprimento das lâminas utilizadas (tabelas 14 e 15).

TABELA 14 - DIMENSÕES FINAIS DAS PEÇAS PRODUZIDAS PARA O MERCADO INTERNO

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)
2.200, 2.750 e 3.040	1.600 e 2.040	4
		6,5
		9
		12
		15
		18
		20

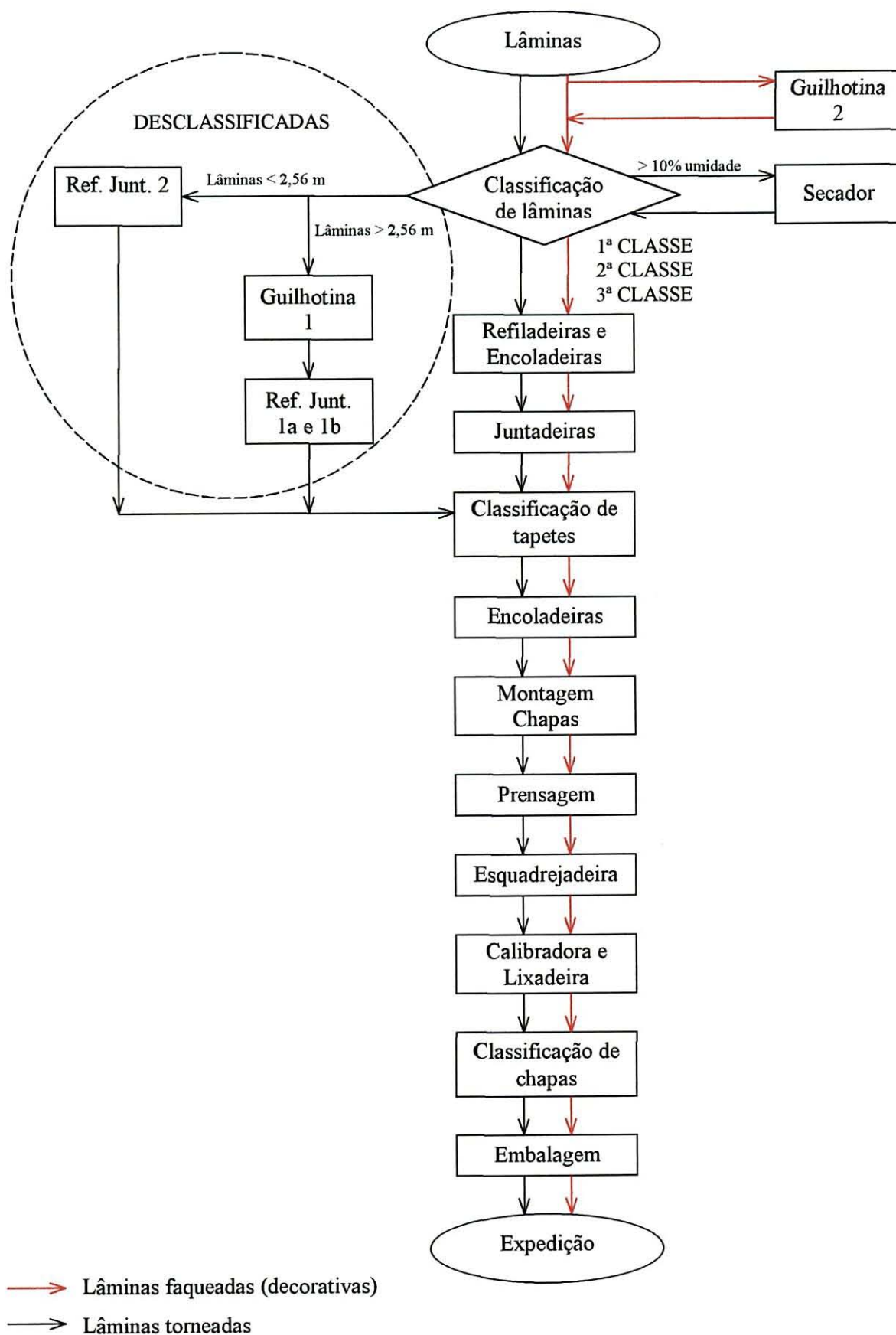
TABELA 15- DIMENSÕES FINAIS DAS PEÇAS PRODUZIDAS PARA O MERCADO EXTERNO

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)
2.440	1.220 ou 1.525	11,1 / 12
2.440	1.600 ou 1.830	15 / 18 / 19 / 25
2.500	1.600 ou 1.830	15 / 18 / 19 / 25
2.750	1.600 ou 1.830	15 / 18 / 19 / 25
3.050	1.525 ou 1.830	15 / 18 / 19 / 25
2.500 ou 2.750	1.600	4
2.200	1.600	4 / 5 / 6 / 8 / 9 / 10 / 12 / 15 / 18 / 20 / 22 / 25
2.440 ou 2.750	1.220	4 / 5 / 6 / 8 / 9 / 10 / 12 / 15 / 18 / 20 / 22 / 25
3.050	1.220 ou 1.525	4 / 5 / 6 / 8 / 9 / 10 / 12 / 15 / 18 / 20 / 22 / 25

3.2 DESCRIÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO DE CHAPAS COMPENSADAS

O processo de produção de chapas compensadas da empresa estudada pode ser apresentado como no fluxograma da figura 5.

FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO



O processo começa com a classificação das lâminas. As lâminas torneadas (com mais de 1,4 mm de espessura) são retiradas do estoque e levadas por empilhadeira até as classificadoras, em número de três, onde são classificadas de acordo com sua qualidade em lâminas de primeira (utilizadas para capa da chapa), de segunda (utilizadas para contra-capa da chapa), de terceira (utilizadas para miolo da chapa) ou são desclassificadas. As lâminas de primeira, segunda e terceira seguem então no processo para as quatro refileiras/encoladeiras de marca FEZER (guilhotinas que cortam a lâmina no sentido do comprimento e passam cola nas suas laterais), juntadeiras (cinco de marca FEZER e uma de marca TAKA- que juntam e colam lateralmente as lâminas) e são novamente classificadas. Nesta etapa, as lâminas já estão coladas lateralmente de forma a dar as dimensões aproximadas do painel e são chamadas de "tapetes". São então classificadas em tapetes para capa ou para miolo do compensado, seguindo para uma das cinco encoladeiras (onde recebem cola nas duas faces), montagem do painel, prensagem (feita por uma das cinco prensas), esquadreamento (realizada em esquadrejadeira em L) e calibração (feita em lixadeira). Por fim é realizado o controle de qualidade final nos painéis, sua embalagem e expedição.

As lâminas desclassificadas (chamadas também de recortes) tem outro destino, de acordo com seu comprimento. Lâminas com até 2,56 metros de comprimento seguem para a refileira/encoladeira/juntadeira BENECKE JSL 2600 (Ref.Junt. 2 na figura 5). Este equipamento retira os defeitos das lâminas através de corte por faca, passando cola automaticamente nas laterais das lâminas após o corte e juntando a lateral de uma lâmina na lâmina seguinte, formando os tapetes de lâminas para miolo, que então seguem normalmente no processo, sendo encaminhadas para a classificação de tapetes.

Lâminas desclassificadas de maiores comprimentos são levadas primeiramente para a guilhotina para diminuição de seu comprimento e posterior aproveitamento em uma de duas outras refileiras/encoladeiras/juntadeiras, de marca Minami (Ref.Junt. 1 a e 1b na figura 5), continuando no processo normalmente a partir da classificação de tapetes.

Lâminas com alta porcentagem de umidade (acima de 10%) são separadas no início do processo (classificação) e levadas para o secador de lâminas, retornando após secagem para classificação e utilização no processo.

Nem sempre as lâminas passam pela classificação, sendo às vezes encaminhadas diretamente para as refiladeiras/encoladeiras.

As lâminas faqueadas (decorativas - com 0,6 ou 0,7 mm de espessura) têm outro tratamento. São primeiramente cortadas em comprimentos padrão por uma segunda guilhotina e em seguida classificadas de acordo com sua aparência em lâminas de capa ou contra-capas, seguindo para as refiladeiras/encoladeiras e posteriormente para juntadeiras FEZER. Lâminas apresentando qualquer defeito ou problema retornam das juntadeiras para as refiladeiras/encoladeiras para novo corte e reaproveitamento como contra-capas. Após passagem pela juntadeira, os tapetes destas lâminas são levados para controle em mesa de luz, seguindo então para encoladeiras, montagem do painel, prensa, esquadrejadeiras e calibração por lixamento, estando os painéis prontos para embalagem e expedição.

3.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Antes da coleta de dados foram necessárias visitas à empresa para determinação das fontes geradoras de resíduo no processo produtivo e para planejamento de como os dados seriam coletados em cada equipamento participante do processo, visto que cada equipamento tem características próprias de funcionamento.

Durante a coleta não houve nenhuma alteração no processo produtivo, ou seja, o ritmo e forma de trabalho não foram alterados, sendo as atividades as mesmas usualmente seguidas pela empresa. Desta forma, foi possível a determinação do real rendimento em chapas compensadas e conseqüente real determinação dos resíduos gerados durante o processo, havendo assim uma melhor confiabilidade nos dados.

A coleta de dados foi realizada em cada equipamento que participa do processo de produção de compensados e gera perdas durante este processo. Estas perdas não são somente perdas em resíduos, mas também perdas relativas à má qualidade no processo,

como mau funcionamento de maquinário e problemas com pessoal. Assim, durante a coleta foram feitas anotações para posterior análise e verificação de pontos no processo que podem ser melhorados (em relação às pessoas e equipamentos participantes do processo).

Para a coleta de dados utilizou-se uma planilha de anotações e uma trena de 5 metros de comprimento. Todos os dados de medições foram coletados por amostragem, sendo cada amostra relativa a um posto de trabalho.

Além dos dados coletados *in loco*, foram coletadas amostras de resíduos para determinação de seu teor de umidade e granulometria, gerando informações necessárias para qualificação dos resíduos.

Após análise e avaliação de todos os resultados obtidos com a coleta de dados, foi possível sugerir melhorias para o processo e redução da geração de resíduos.

3.3.1 Amostragem (para Determinação de Rendimento e Quantificação dos Resíduos Gerados)

3.3.1.1 Guilhotinas

Obtenção de dados de medições do comprimento de lâminas antes e após corte pelas guilhotinas para diminuição de seu comprimento. Para esta amostra a porcentagem de resíduos gerados (perda) no corte foi calculada baseando-se na diferença de comprimento das lâminas antes e após o corte, da seguinte maneira:

$$P_G = \left(1 - \frac{CD}{CA}\right) \times 100$$

onde:

P_G = perda em porcentagem em relação ao comprimento total da lâmina antes do corte;

CD = comprimento da lâmina depois do corte;

CA = comprimento da lâmina antes do corte.

3.3.1.2 Classificadoras (classificação de lâminas)

Contagem do total de lâminas classificadas pelas classificadoras, englobando o número de lâminas classificadas como de primeira (capa), de segunda (contra-capa), de terceira (miolo) e como desclassificação (recorte), para determinação da porcentagem de participação de cada qualidade de lâmina no total classificado. Com os dados do total de lâminas classificadas em cada categoria, foi realizado o cálculo de porcentagem de participação de cada categoria (primeira, segunda, terceira ou desclassificação) no todo através do uso de regra de três simples.

Neste caso não há perda em resíduos, mas há perda por uso de lâminas de baixa qualidade, sendo estas classificadas como de segunda, terceira ou ainda desclassificadas (sendo processadas nas refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras para fabricação de tapetes de miolo).

3.3.1.3 Refiladeiras/encoladeiras

Obtenção de dados de medições da largura de lâminas antes e após corte pelas facas das refiladeiras/encoladeiras para diminuição e ajuste de sua largura. Para esta amostra a porcentagem de resíduos gerados (perda) no corte foi calculada baseando-se na diferença de largura das lâminas antes e após o corte, utilizando-se o princípio de cálculo usado para a guilhotina.

$$P_R = \left(1 - \frac{LD}{LA} \right) \times 100$$

onde:

P_R = perda em porcentagem em relação à largura total da lâmina antes do corte;

LD = largura da lâmina depois do corte;

LA = largura da lâmina antes do corte.

3.3.1.4 Juntadeiras

Contagem do número de lâminas enviadas para as juntadeiras para formação de tapetes, englobando o número de lâminas processadas nestas juntadeiras (para miolo e capa), número de lâminas não processadas e separadas para retorno à refiladeira/encoladeira (retrabalhos) ou para outro fim (desclassificações). Esta amostra também não apresentou perda em resíduos, mas foi coletada para determinação dos retrabalhos, que também caracterizam perdas. Os cálculos realizados seguem o raciocínio utilizado nas classificadoras (regra de três simples).

3.3.1.5 Refiladeiras/Encoladeiras/Juntadeiras

Abrangem medições do volume da pilha antes de seu processamento, volume da pilha de tapetes formados após processamento das lâminas e volume de lâminas descartadas pelas juntadeiras. Foram coletados para determinação da porcentagem de aproveitamento das lâminas (em tapetes), porcentagem de aproveitamento de lâminas como resíduos para venda e porcentagem de descarte de lâminas (como resíduos ou perdas).

Primeiramente foi calculado o volume da pilha de lâminas antes de ser processada, multiplicando-se (sempre em metros) a largura da pilha pelo seu comprimento e pela altura da pilha (medidos pela trena em metros).

Em seguida foi calculado o volume da pilha de tapetes de lâminas, utilizando-se o mesmo procedimento do volume da pilha a ser processada.

O terceiro passo foi o cálculo do volume de resíduos separados para venda, seguindo raciocínio anterior

Finalmente foram realizados os cálculos da participação dos volumes anteriores no total de volume processado (volume da pilha de lâminas = 100%), da seguinte forma:

$$V_{T\%} = \left(\frac{V_T \times 100}{V_A} \right)$$

onde:

V_T = volume da pilha de tapetes, em metros cúbicos;

$V_{T\%}$ = mesmo volume de V_T , expresso em porcentagem em relação ao total V_A ;

V_A = volume da pilha de lâminas antes de ser processada, em metros cúbicos.

$$V_{RV\%} = \left(\frac{V_{RV} \times 100}{V_A} \right)$$

onde:

V_{RV} = volume de resíduos separados para venda, em metros cúbicos;

$V_{RV\%}$ = mesmo volume de V_{RV} , expresso em porcentagem em relação ao total V_A .

$$V_R = V_A - V_T - V_{RV}$$

$$V_{R\%} = \left(\frac{V_R \times 100}{V_A} \right)$$

onde:

V_R = volume de resíduos (perdas), em metros cúbicos;

$V_{R\%}$ = volume de resíduos (perdas), em porcentagem.

3.3.1.6 Classificação de tapetes

Contagem do número de tapetes classificados após passagem por juntadeiras, englobando o número de tapetes separados como capa, miolo e como declassificação

(recorte), para determinação da porcentagem de participação de cada qualidade de tapete no total.

O cálculo de porcentagem de participação de cada categoria (capa, miolo ou desclassificação) no todo foi feito através de regra de três simples.

3.3.1.7 Esquadrejadeira e calibradora (por lixamento)

Medições de largura, comprimento e espessura de chapas já montadas e prensadas antes e após passagem pela esquadrejadeira, calibradora e lixadeira. Foram coletados para determinação da porcentagem de resíduos gerados pelo corte para ajuste de comprimento e largura de chapas e porcentagem perdida como pó de serra pelo lixamento (ajuste em espessura de chapas). Os cálculos foram feitos da seguinte forma:

$$P_C = \left(1 - \frac{CD}{CA}\right) \times 100$$

onde:

P_C = porcentagem de comprimento remanescente em relação ao comprimento anterior ao corte (que era de 100%);

CD = comprimento da chapa depois do corte;

CA = comprimento da chapa antes do corte.

$$P_L = \left(1 - \frac{LD}{LA}\right) \times 100$$

onde:

P_L = porcentagem de largura remanescente em relação à largura anterior ao corte (que era de 100%);

LD = largura da chapa depois do corte;

LA = largura da chapa antes do corte.

$$P_E = \left(1 - \frac{ED}{EA}\right) \times 100$$

onde:

P_E = porcentagem de espessura remanescente em relação à espessura anterior ao corte (que era de 100%);

ED = espessura da chapa depois do corte;

EA = espessura da chapa antes do corte.

O secador, encoladeiras e prensas são postos de trabalho onde não há geração de resíduos. Desta forma não foram coletadas amostras de material nestes locais.

3.3.2 Amostragem para Posterior Qualificação dos Resíduos Gerados

3.3.2.1 Teor de umidade

Para determinação do teor de umidade dos resíduos gerados no processo foram separadas de forma aleatória 5 amostras de resíduos gerados durante o processo. Estas amostras foram retiradas do silo, onde os resíduos após passagem pelo picador são estocados.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de química da madeira da UFPR, onde o teor de umidade foi determinado através do método da pesagem. As amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de duas casas decimais, colocadas em estufa a $103 \pm 2^\circ$ C por 24 horas e pesadas ao final deste período. O cálculo do teor de umidade foi realizado através da seguinte fórmula:

$$U = \left(\frac{(P_U - P_S) \times 100}{P_S} \right)$$

onde:

U: teor de umidade em porcentagem;

P_u: peso do material úmido em gramas;

P_s: peso do material seco em gramas (a 0% de umidade).

3.3.2.2 Granulometria dos resíduos

Para determinação de granulometria dos resíduos as mesmas amostras coletadas para determinação do teor de umidade foram utilizadas. As amostras de resíduos foram deixadas em agitador com peneiras, sob agitação constante durante 15 minutos (tempo determinado através de testes até que o material retido em cada peneira se tornasse constante no momento da medição).

Foram utilizadas 6 peneiras, com as seguintes malhas:

- a) 1º peneira: aberturas de 25,4 mm;
- b) 2º peneira: aberturas de 19,1 mm;
- c) 3º peneira: aberturas de 9,52 mm;
- d) 4º peneira: aberturas de 4 mm;
- e) 5º peneira: aberturas de 2 mm;
- f) 6º peneira: fechada (fundo).

Após o processo de peneiramento o conteúdo de cada peneira foi pesado em balança analítica, com precisão de duas casas decimais, e com os valores obtidos foi calculada a porcentagem de participação de cada dimensão de resíduos nas amostras.

3.3.3 Análise e Avaliação dos Dados Coletados

Para realização das análises relativas ao trabalho foram utilizadas as ferramentas Fluxograma, Diagrama de Ishikawa, Análise de Variância e as análises estatísticas não-paramétricas de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney.

O fluxograma auxiliou no entendimento do funcionamento do processo, mostrando toda a seqüência seguida pelas lâminas até formar os compensados. Além disso, através do fluxograma, pôde-se mostrar as fontes geradoras de resíduos.

O diagrama de Ishikawa foi utilizado para reunir todas as informações de problemas encontrados no processo, dando assim uma idéia geral das perdas inerentes à má qualidade, além das relativas à perda em resíduos.

A análise de variância foi a ferramenta utilizada para analisar as diferenças estatísticas entre espécies, espessuras e qualidade de lâminas, tendo-se como resultado se estas variáveis contribuem de forma a melhorar ou piorar o rendimento no processo. Devido à não-homogeneidade encontrada entre as amostras, também foram necessárias análises não-paramétricas para estas análises.

Através da aplicação destas ferramentas, pôde-se prever ações corretivas e/ou preventivas para otimização do processo.

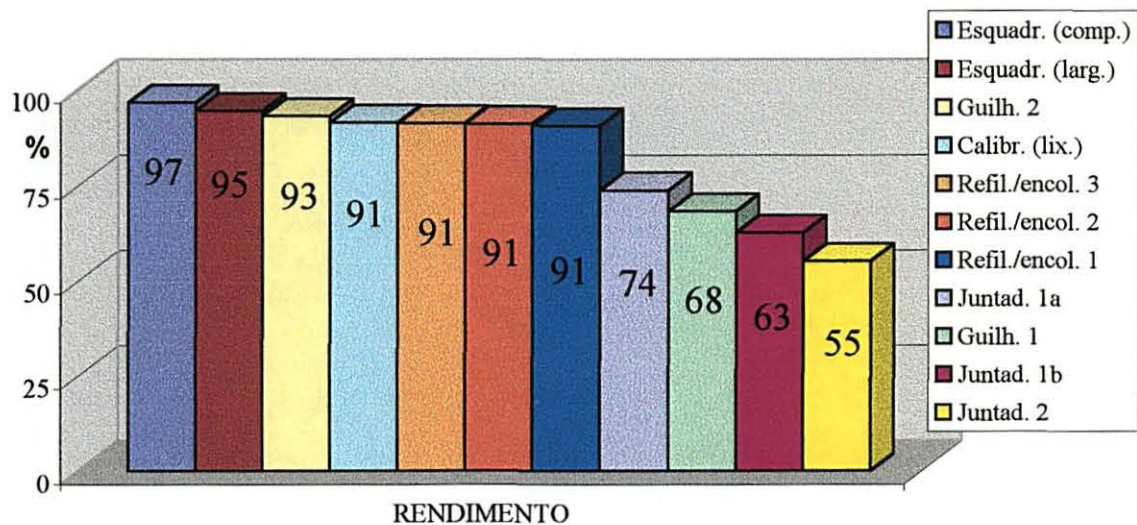
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RENDIMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

4.1.1 Fontes Geradoras de Resíduos

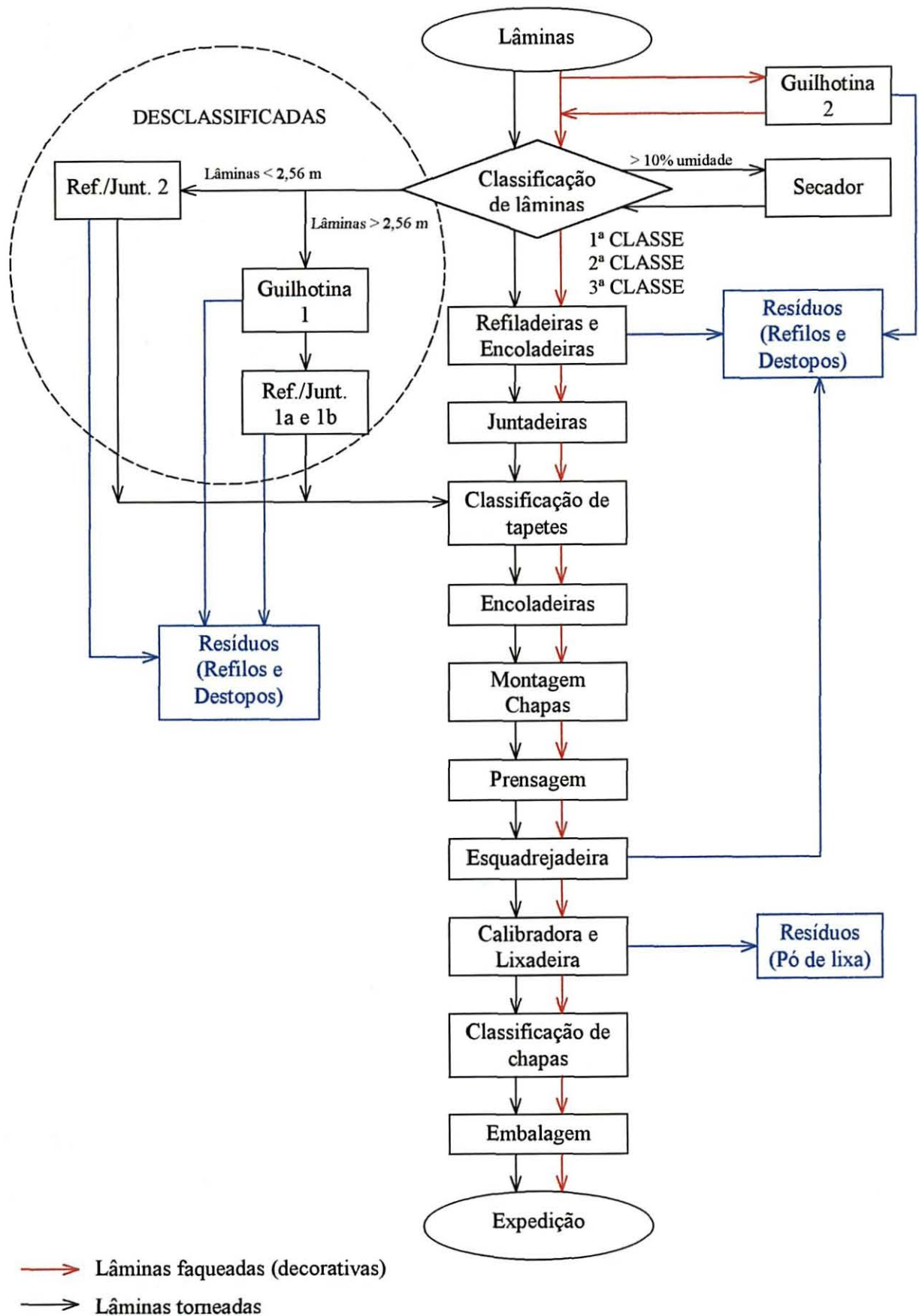
O estudo constatou que as fontes geradoras de resíduos durante o processo foram as guilhotinas; refiladeiras/encoladeiras, refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras, esquadrejadeira, calibradora e lixadeira (geração de pó de serra) (figura 7), sendo apresentados os rendimentos e perdas em resíduos para cada um destes equipamentos nas figuras 6 e 8 e tabela 16.

FIGURA 6 - -RESUMO PARA OS RENDIMENTOS EM CADA FASE DO PROCESSO



De acordo com as figuras 6 e 8, a maior perda em resíduos ocorreu nas refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras, seguidas pela guilhotina 1. A perda em resíduos gerada pelo processo de acabamento do painel, envolvendo esquadrejadeiras e lixadeira, foi a segunda maior perda, sendo a perda na lixadeira de maior representação nesta etapa do processo, equivalente em porcentagem às perdas originadas pelas refiladeiras/encoladeiras e guilhotina 2. A diferença de rendimento entre as refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras 1 e 2 ocorreram devido ao pré-corte sofrido pelas

FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DAS FONTES GERADORAS DE RESÍDUOS



lâminas processadas nas refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras 1a e 1b. Neste corte foram eliminados alguns defeitos, fazendo com que o rendimento nestes equipamentos fosse mais elevado.

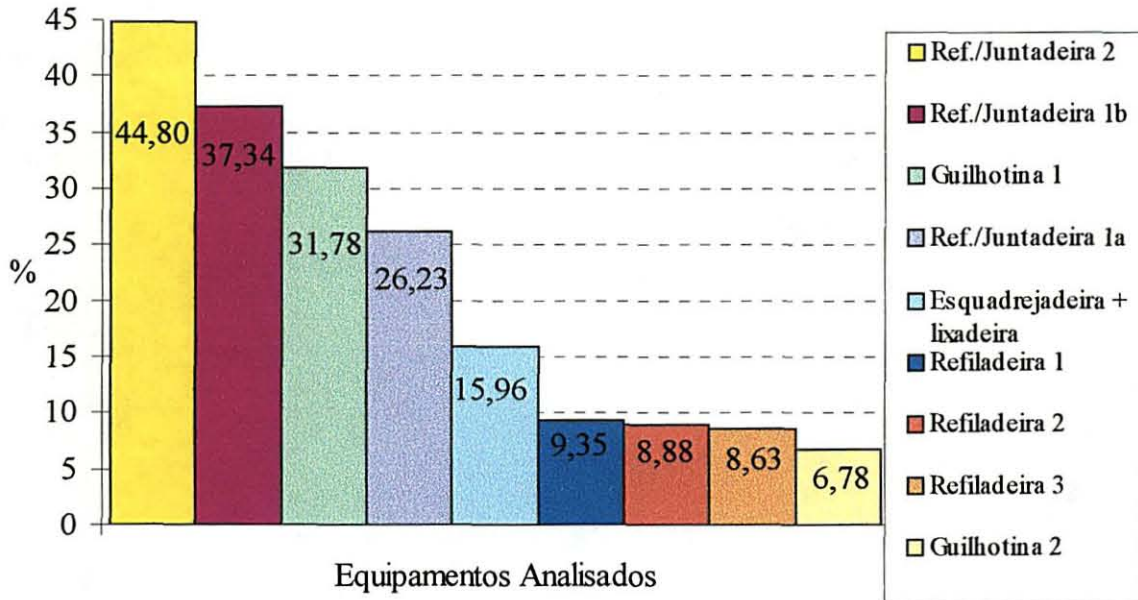
TABELA 16 - -RESUMO PARA AS PERDAS EM CADA FASE DO PROCESSO

EQUIPAMENTO	PERDA	PERDA (%)
Guilhotina 1	em comprimento (destopo)	31,78
Guilhotina 2	em comprimento (destopo)	6,78
MÉDIA		19,28
Refiladeira/encoladeira 1	em largura (refilo)	9,35
Refiladeira/encoladeira 2	em largura (refilo)	8,88
Refiladeira/encoladeira 3	em largura (refilo)	8,63
MÉDIA		8,95
Refiladeira/Encoladeira/Juntadeira 1a	em largura (refilo)	26,23
Refiladeira/Encoladeira/Juntadeira 1b	em largura (refilo)	37,34
Refiladeira/Encoladeira/Juntadeira 2	em largura (refilo)	44,80
MÉDIA		36,12
Esquadrejadeira	em largura (refilo)	5,46
Esquadrejadeira	em comprimento (refilo)	3,23
Calibradora e lixadeira	em espessura (pó de lixa)	8,56

Em estudo realizado por BRAND (2000) em uma indústria de base florestal, na região de Rio Negrinho, Santa Catarina, onde são produzidas lâminas e compensados multilaminados e sarrafeados em condições semelhantes às da indústria analisada neste estudo, os resultados obtidos foram de 46,59% de rendimento na produção de lâminas, com 8,71% de perda em resíduos na classificação de lâminas, 2,56% de perda após prensagem (devido à compressão), 6,49% de perda em resíduos nas esquadrejadeiras e 9,03% nas lixadeiras. Comparando estes resultados com os obtidos neste trabalho, pode-se dizer que em relação à classificação os resultados diferem, devido a não geração de resíduos na classificação neste trabalho (apenas desclassificações, que são posteriormente reaproveitadas no processo). Em relação à prensa, as perdas devido à compressão das chapas não foram contabilizadas neste estudo. Em relação à esquadrejadeira e lixadeira, no estudo realizado por BRAND (2000), os resultados foram um pouco inferiores (6,49%) para esquadrejadeira, comparados com os 8,69% de perdas obtidos neste estudo. E para a lixadeira, os resultados de BRAND (2000)

(9,03%) mostraram-se muito próximos aos obtidos neste estudo (8,56%), o que veio a confirmar os resultados deste trabalho.

FIGURA 8 - PORCENTAGEM DE PERDAS EM RESÍDUOS EM CADA EQUIPAMENTO



De acordo com a tabela 17, o rendimento total do processo para lâminas de primeira, segunda e terceira qualidade foi da ordem de 76%, gerando 24% de resíduos. Para lâminas desclassificadas processadas na refiladeira/encoladeira/juntadeira 2, o rendimento total foi de 46,1%, com um total de 53,9% de perdas. Para lâminas processadas nas refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras 1a e 1b, o rendimento foi de apenas 38,90%, gerando 61,10% de resíduos durante o processo. Para as lâminas decorativas a perda no processo foi de 29,1%, totalizando 70,9% de rendimento.

Em estudo citado por BALDWIN (1974), os rendimentos totais do processo de produção de compensados foram da ordem de 45%, com conseqüente geração de resíduos, sendo estes: resíduos verdes: 35%; cavacos: 25%; serragem: 10%; resíduos secos: 10% e casca: 10%.

Estes resíduos incluem resíduos gerados na produção de lâminas. Segundo BALDWIN (1974), estas porcentagens podem variar consideravelmente dependendo da qualidade da tora, dimensões e fábrica. Comparando-se o rendimento total citado por BALDWIN (1974) com o resultado deste trabalho, pode-se constatar que neste estudo os resultados foram mais satisfatórios. Esta diferença no rendimento deve-se às prováveis diferenças no processo e à evolução de equipamentos entre 1974 e o ano atual, justificando a melhoria no rendimento no processo.

TABELA 17 - RESULTADOS CUMULATIVOS PARA RENDIMENTO NO PROCESSO (%)

EQUIPAMENTO	DECORATIVAS	CLASSES 1 ^A , 2 ^A , 3 ^A	DESCLASSIFICADAS	
			REF./JUNT.1	REF./JUNT.2
Entrada	100,0	100,0	100,0	100,0
Guilhotina	93,2	100,0	68,2	100,0
Refiladeiras	84,9	91,1	-	-
Refil/Juntadeiras	-	-	46,5	55,2
Esquadrejadeira	77,5	83,1	42,5	50,4
Calibradora	70,9	76,0	38,9	46,1
RENDIMENTO TOTAL	70,9	76,0	38,9	46,1

Com estes resultados, pode-se dizer que para se ter uma produção mensal de 2.000 m³ de chapas de primeira, segunda ou terceira qualidade, são necessários cerca de 2.970 m³ de lâminas, pois ocorrem 22,68% de desclassificações no processo (com reaproveitamento de 9,75%), além de 24% de perdas em resíduos, o que significa que 970 m³ (32,66%) serão transformados em resíduos, dando um rendimento final de 67,34%.

Considerando-se o preço mínimo pago pelo resíduo em Curitiba (local de realização do trabalho) de R\$20,00 o metro cúbico, e tendo-se uma geração/mês de 970 m³ de resíduos, o retorno conseguido vendendo-se estes resíduos é de no mínimo R\$19.400,00 reais. Considerando-se ainda o faturamento da empresa de R\$800.000,00/mês, a venda destes resíduos representa 2,43% do faturamento da empresa.

4.1.1.1 Guilhotinas

Para as guilhotinas, assim como para os outros equipamentos, foram realizadas análises estatísticas com o objetivo de evidenciar diferenças entre espécies, qualidade da madeira, e analisar a influência de determinada espessura, comprimento ou largura de lâmina no rendimento do processo.

Em relação às guilhotinas, foram comparadas as amostras coletadas das espécies amescla, cerejeira e curupixá. Inicialmente, testou-se a hipótese nula de que todos os tipos (tabela 18) apresentavam a mesma perda no corte em comprimento, “versus” a hipótese alternativa de que pelo menos um dos tipos teria resultado de perda de comprimento diferente dos demais. Em função da não homogeneidade das variâncias, adotou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Em seguida, devido à significância estatística neste teste ($p < 0,0001$), investigou-se as diferenças considerando os tipos dois a dois. Para isso, adotou-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney. Em todos os testes o nível de significância adotado foi de 5%.

TABELA 18 – TIPOS TESTADOS ESTATISTICAMENTE NAS GUILHOTINAS

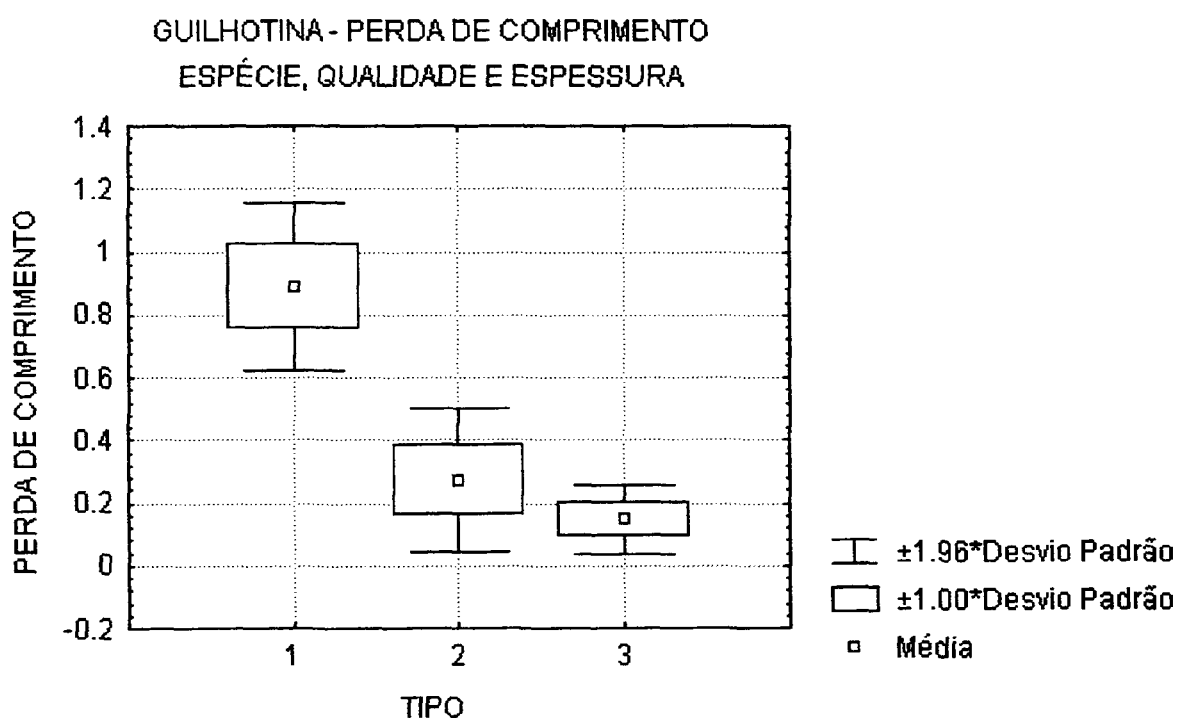
TIPO	ESPESSURA (mm)	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM COMPRIMENTO (m)	DESVIO PADRÃO
1. Amescla desclassificada	1,5	5	0,889	0,1374
2. Cerejeira de primeira	0,7	97	0,273	0,1174
3. Curupixá de primeira	0,6	164	0,148	0,0574
GERAL	-	266	0,207	0,1407

Os resultados dos testes para as combinações dos tipos mostraram que houve rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5% para todos os tipos analisados:

- a) tipos 1 x 2 $\Rightarrow p = 0,0002$;
- b) tipos 1 x 3 $\Rightarrow p = 0,0001$;
- c) tipos 2 x 3 $\Rightarrow p < 0,0001$.

Desta forma, estatisticamente, todos os tipos diferenciaram-se entre si, ou seja, as espécies analisadas não se comportaram da mesma forma quando efetuado o corte nas guilhotinas. Nota-se, em contrapartida, pela figura 9, que as espécies cerejeira e curupixá diferenciaram-se estatisticamente, mas o comportamento das duas em relação à amescla (lâmina menos nobre) foi muito mais homogêneo, devido à qualidade de suas lâminas, usadas como capa para compensados decorativos.

FIGURA 9- ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS GUILHOTINAS



TIPO 1 - Amescla desclassificada (1,5 mm de espessura)

TIPO 2 - Cerejeira de primeira (0,7 de espessura)

TIPO 3 - Curupixá de primeira (0,6 de espessura)

A média geral de perdas em resíduos para a guilhotina 1 foi de 31,78%, o que significa uma perda de praticamente 1/3 em resíduos em relação ao volume total processado nesta máquina.

A alta perda obtida ocorreu devido à alta sobremedida em comprimento das lâminas em relação ao comprimento final necessário para processamento nas juntadeiras, além da baixa qualidade das lâminas.

Para a guilhotina 2 evidenciou-se uma perda geral de 6,78% em resíduos no

corte de lâminas decorativas. A perda, comparando-se com a guilhotina 1, foi bem inferior, devido à superioridade da qualidade das lâminas cortadas por esta guilhotina, além da sobremedida menor em relação ao comprimento final desejado para as lâminas decorativas.

Sugere-se portanto a utilização de lâminas de melhor qualidade e sobremedidas menores em relação às dimensões desejadas para o processo, reduzindo-se assim a perda em resíduos.

4.1.1.2 Refiladeiras/encoladeiras

De acordo com a tabela 16, a média obtida para as três refiladeiras/encoladeiras onde houve coleta de dados foi de 8,95% de perdas em resíduos. Estas refiladeiras/encoladeiras foram testadas estatisticamente quanto à espécie, qualidade de lâminas e espessura. Inicialmente, testou-se a hipótese nula de que todos os tipos (interação espécie x qualidade de lâmina) apresentavam a mesma perda de largura, “versus” a hipótese alternativa de que pelo menos um dos tipos teria resultado de perda de largura diferente dos demais (tabela 19), adotando-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

TABELA 19 – TIPOS TESTADOS NAS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE x QUALIDADE DE LÂMINA)

TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM LARGURA (m)	DESVIO PADRÃO
1. Copaíba, de primeira	11	0,047	0,0096
2. Copaíba, de terceira	11	0,054	0,0106
3. Mogno real, de primeira	50	0,015	0,0049
4. Virola, de primeira	53	0,048	0,0160
5. Virola, de segunda	8	0,047	0,0142
6. Virola, de terceira	130	0,052	0,0151
7. Virola, sem classificação	14	0,054	0,0136
GERAL	277	0,045	0,0195

O teste de Kruskal-Wallis indicou a rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5% ($p < 0,0001$). Desta forma, adotou-se o teste não-paramétrico de

Mann-Whitney, também a 5%, comparando-se os tipos dois a dois. Na tabela 20 são apresentados os resultados dos testes para as combinações dos tipos. Os valores em negrito correspondem aos casos em que houve rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5%.

TABELA 20 – VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS

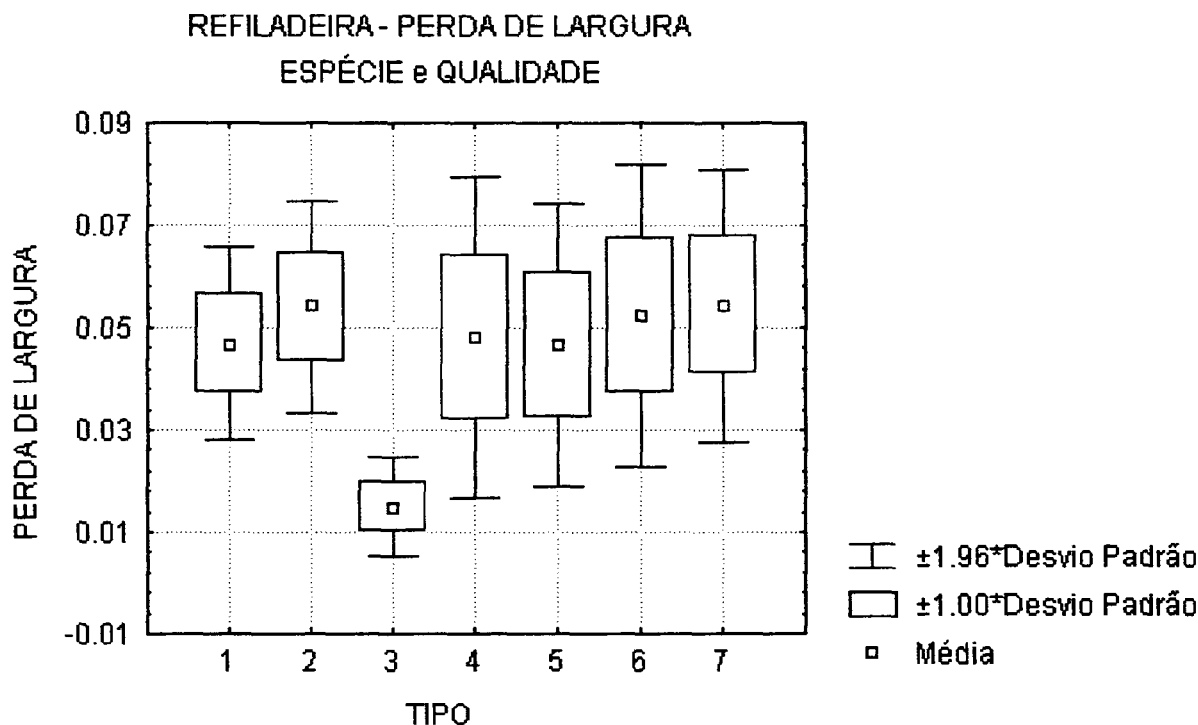
COMBINAÇÃO	VALOR DE p
1 x 2	0,1990
1 x 3	< 0,0001
1 x 4	0,8586
1 x 5	0,7098
1 x 6	0,2154
1 x 7	0,2057
2 x 3	< 0,0001
2 x 4	0,1323
2 x 5	0,1595
2 x 6	0,6919
2 x 7	0,9781
3 x 4	< 0,0001
3 x 5	< 0,0001
3 x 6	< 0,0001
3 x 7	< 0,0001
4 x 5	0,7402
4 x 6	0,0623
4 x 7	0,1622
5 x 6	0,2394
5 x 7	0,2182
6 x 7	0,6222

A hipótese foi rejeitada para o tipo 3 em relação aos demais, ou seja, a espécie mogno real de primeira qualidade teve rendimento superior, comprovado estatisticamente (figura 10). Isto deve-se ao fato de ser uma espécie nobre, de melhor qualidade, utilizada para fabricação de lâminas decorativas, tendo conseqüentemente melhor rendimento no processo.

Em relação às médias, obteve-se valores de perdas em largura (em metros) superiores para as lâminas que não foram anteriormente classificadas, seguidas pelas lâminas de terceira, segunda e primeira qualidade (mesmo que não significativo

estatisticamente). O que ocorreu foi que quanto melhor a qualidade das lâminas processadas, menor a perda em resíduos.

FIGURA 10 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE x QUALIDADE)



TIPO 1 - Copaíba, de primeira
 TIPO 2 - Copaíba, de terceira
 TIPO 3 - Mogno real, de primeira
 TIPO 4 - Virola, de primeira
 TIPO 5 - Virola, de segunda
 TIPO 6 - Virola, de terceira
 TIPO 7 - Virola, sem classificação

A não classificação das lâminas pelas classificadoras gerou uma perda maior no processo, devido à passagem de lâminas não classificadas (incluindo lâminas que seriam consideradas como desclassificadas) nas refiladeiras e juntadeiras, até sua desclassificação mais a frente no processo, agregando custos em peças que foram de qualquer forma desclassificadas no processo, e retrabalhadas pelas refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras 1 e 2.

As mesmas análises foram realizadas para a interação espécie x espessura (tabela 21), e o teste de Kruskal-Wallis indicou a rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5% ($p < 0,0001$).

Na tabela 22 são apresentados os resultados dos testes para as combinações dos tipos. Os valores em negrito correspondem aos casos em que houve rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5%.

TABELA 21 – TIPOS TESTADOS NAS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE x ESPESSURA DA LÂMINA)

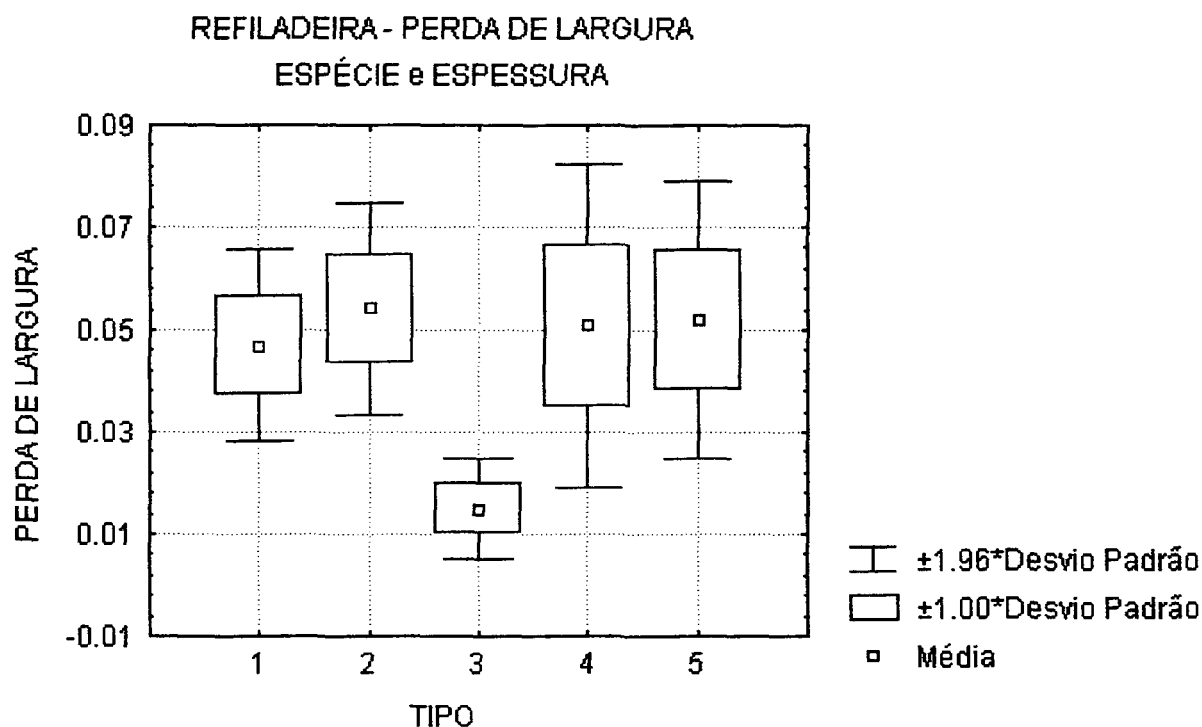
TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM LARGURA (m)	DESVIO PADRÃO
1. Copaíba, 2,5 mm de espessura	11	0,047	0,0096
2. Copaíba, 1,5 mm de espessura	11	0,054	0,0106
3. Mogno real, 0,6 mm de espessura	50	0,015	0,0049
4. Virola, 1,4 mm de espessura	133	0,051	0,0161
5. Virola, 1,5 mm de espessura	72	0,052	0,0138
GERAL	277	0,045	0,0195

TABELA 22– VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS

COMBINAÇÃO	VALOR DE p
1 x 2	0,1990
1 x 3	< 0,0001
1 x 4	0,4792
1 x 5	0,3101
2 x 3	< 0,0001
2 x 4	0,3887
2 x 5	0,6095
3 x 4	< 0,0001
3 x 5	< 0,0001
4 x 5	0,5999

Mais uma vez o mogno real mostrou melhores resultados (figura 11). Desta forma, pode-se dizer que independentemente da espessura e qualidade da lâmina, o mogno real por ser uma madeira nobre, teve rendimento superior.

FIGURA 11 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REFILEDEIRAS (ESPÉCIE x ESPESSURA)



TIPO 1- Copaíba, 2,5 mm de espessura

TIPO 2- Copaíba, 1,5 mm de espessura

TIPO 3- Mogno real, 0,6 mm de espessura

TIPO 4- Virola, 1,4 mm de espessura

TIPO 5- Virola, 1,5 mm de espessura

Além das perdas em resíduos, foi observada a ineficiência da função qualidade nas seguintes situações neste posto de trabalho:

- a) as refiladeiras/encoladeiras são de grande importância para o processo, e deveriam funcionar durante todo o tempo. Mas foram observadas paradas destes equipamentos por tempos extensos, devido à falta de manutenção. Um dos problemas frequentes neste caso relacionou-se com as encoladeiras destas máquinas, que constantemente exigiam manutenção (os funcionários não conseguiam consertá-las sem auxílio de um técnico), devendo haver manutenção preventiva programada na fábrica;
- b) além da perda de tempo e horas/máquina devido à falta de manutenção, os funcionários perdem tempo na troca de pilhas de lâminas para

- processamento, devido ao atual *lay-out* da fábrica (não há muito espaço para locomoção);
- c) neste caso, é importante um estudo envolvendo paradas de máquinas e pessoal envolvido, conseguindo-se obter dados de perdas de tempo, hora/máquina e homem/hora parados, que seria a base para o início de um programa de manutenção de maquinário e treinamento de pessoal;
 - d) devido às características dos equipamentos, as refiladeiras/encoladeiras 1 e 2 não ajustam o corte para larguras superiores à 84 centímetros e 83 centímetros, respectivamente, o que provoca a perda no corte quando processadas lâminas mais largas. Além disso, foram retirados pelo menos de 1,5 a 2 centímetros de cada lado das lâminas largas e um centímetro dos lados das lâminas mais estreitas por corte durante a coleta de dados;
 - e) falhas no corte também contribuíram para maior perda neste ponto do processo, ocasionando problemas na juntadeira (na junção), gerando retrabalhos. E as lâminas decorativas (0,6 mm) difíceis de serem alinhadas, necessitaram de mais um corte para ajuste;
 - f) outro fator a ser analisado é o processamento de lâminas com larguras diferentes no mesmo lote, pois desta forma gera-se mais resíduos, já que o corte é baseado nas lâminas mais estreitas, ocorrendo ainda o processamento de lâminas estreitas uma a uma na máquina (perda de tempo e potencial da máquina);
 - g) o pedido do processamento de lâminas para capa de pilha sem classificação prévia, onde quase todas as lâminas são de terceira qualidade (*miolo*) gera o atraso da produção de lâminas para capa, prejudicando o processo como um todo. Além disso, a classificação realizada em outro posto de trabalho e não nas classificadoras faz com que outros equipamentos fiquem ociosos durante a classificação, prejudicando o andamento do processo.

4.1.1.3 Refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras

Cada refiladeira/encoladeira/juntadeira apresentou um rendimento diferente. O rendimento obtido para a refiladeira/encoladeira/juntadeira 1a foi da ordem de 73,77%, com um aproveitamento em resíduos para venda de 3,63% e uma perda em resíduos de 22,60%, o que significa uma perda de praticamente $\frac{1}{4}$ de todo o volume processado. Para o equipamento 1b a perda obtida foi de 37,34%, o que representa mais de $\frac{1}{3}$ de todo o volume processado neste equipamento. E para o equipamento 2, a média de perda em resíduos foi de 40,15%.

A diferença entre perdas obtidas para os equipamentos 1 e 2 (menores para o equipamento 1) ocorreu devido à passagem das lâminas pela guilhotina 1 antes de serem encaminhadas aos equipamentos 1a e 1b, retirando defeitos maiores. Como este corte não foi feito nas lâminas processadas no equipamento 2, gerou-se maior número de resíduos neste equipamento.

Como as refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras são utilizadas para reaproveitamento de lâminas de baixa qualidade (desclassificadas) para a confecção de tapetes para miolo, o rendimento foi muito baixo, gerando custos para a empresa com retrabalhos, horas-máquina, funcionários, cola, nylon, energia, entre outros, que talvez não compensem, pois a hora-máquina destas juntadeiras é cara, e os outros custos somados talvez excedam o valor destas lâminas. Além disso, muitas vezes os funcionários separavam as lâminas como resíduos, antes mesmo do processamento, devido à baixa qualidade, para não gerarem problemas no maquinário. Recomenda-se portanto um estudo de viabilidade de utilização destes equipamentos para processamento de lâminas de baixa qualidade.

Nestes postos de trabalho foram analisadas estatisticamente as interações espécie x qualidade e espécie x espessura, a fim de se verificar a influência destas variáveis no rendimento nestes equipamentos.

Primeiramente testou-se a hipótese nula de que todos os tipos apresentavam a mesma perda de volume “versus” a hipótese alternativa de que pelo menos um dos tipos teria resultado de perda de volume diferente dos demais. Em função da não

homogeneidade das variâncias e do tamanho das amostras, adotou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para as interações espécie x qualidade foram analisados os seguintes tipos (tabela 23).

TABELA 23 – TIPOS TESTADOS NAS REF./JUNT. (ESPÉCIE x QUALIDADE DA LÂMINA)

TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM VOLUME (m ³)	DESVIO PADRÃO
1. Amescla, desclassificada	16	1,163	0,6878
2. Amescla, sem classificação	13	0,347	0,1788
3. Bandarra, de terceira	6	0,279	0,1469
4. Copaíba, desclassificada	4	0,359	0,2116
5. Copaíba, sem classificação	11	0,318	0,1469
GERAL	50	0,595	0,5637

Em seguida, devido à significância estatística neste teste (rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5% ($p=0,0051$)), investigou-se as diferenças considerando os tipos dois a dois. Para isso, adotou-se novamente o teste não-paramétrico de Mann-Whitney. Em todos os testes o nível de significância adotado foi de 5%.

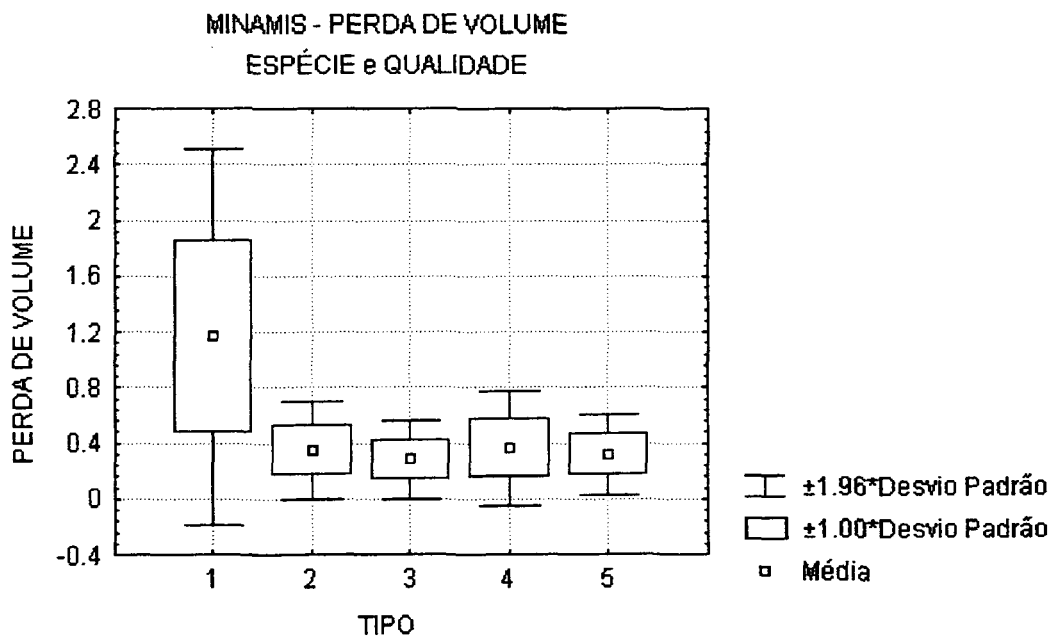
Na tabela 24 são apresentados os resultados dos testes para as combinações dos tipos. Os valores em negrito correspondem aos casos em que houve rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5%.

TABELA 24 – VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS

COMBINAÇÃO	VALOR DE p
1 x 2	0,0044
1 x 3	0,0122
1 x 4	0,0298
1 x 5	0,0031
2 x 3	0,2926
2 x 4	0,9098
2 x 5	0,9307
3 x 4	0,6698
3 x 5	0,5463
4 x 5	0,6950

A interação amescla x desclassificada mostrou-se estatisticamente diferente dos demais tipos (figura 12), com um rendimento significativamente menor que as demais espécies e qualidades de madeira. Neste caso, notou-se, através da comparação das perdas médias obtidas, que a interação amescla x desclassificada gerou uma quantidade 3 a 4 vezes maior de resíduos do que as lâminas de copaíba de mesma qualidade (desclassificadas), e as de amescla sem classificação, devendo-se evitar a utilização de lâminas de amescla de baixa qualidade no processo.

FIGURA 12 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REF./JUNT. (ESPÉCIE x QUALIDADE)



- TIPO 1- Amescla, desclassificada
- TIPO 2- Amescla, sem classificação
- TIPO 3- Bandarra, de terceira
- TIPO 4- Copaíba, desclassificada
- TIPO 5- Copaíba, sem classificação

Para a interação espécie e espessura (tabela 25) os resultados também mostraram as lâminas de amescla, com espessura de 1,5 mm, como o tipo que mais gerou perdas nestes equipamentos, com resultados ainda mais significativos em termos de perda (até 5 vezes mais para este tipo em relação aos demais).

TABELA 25 – TIPOS TESTADOS NAS REF./JUNT. (ESPÉCIE x ESPESSURA DA LÂMINA)

TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM VOLUME (m ³)	DESVIO PADRÃO
1. Amescla, 1,5 mm de espessura	11	1,521	0,4876
2. Amescla, 2,6 mm de espessura	15	0,335	0,1396
3. Amescla, 2,0 mm de espessura	3	0,455	0,3760
4. Bandarra, 3,3 mm de espessura	6	0,279	0,1469
5. Copaíba, 1,5 mm de espessura	9	0,299	0,1838
6. Copaíba, 2,5 de espessura	6	0,375	0,1128
GERAL	50	0,595	0,5637

O teste de Kruskal-Wallis indicou a rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5% ($p=0,0001$) e na tabela 26 são apresentados os resultados dos testes para as combinações dos tipos, segundo o teste de Mann-Whitney. Os valores em negrito correspondem aos casos em que houve rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5%.

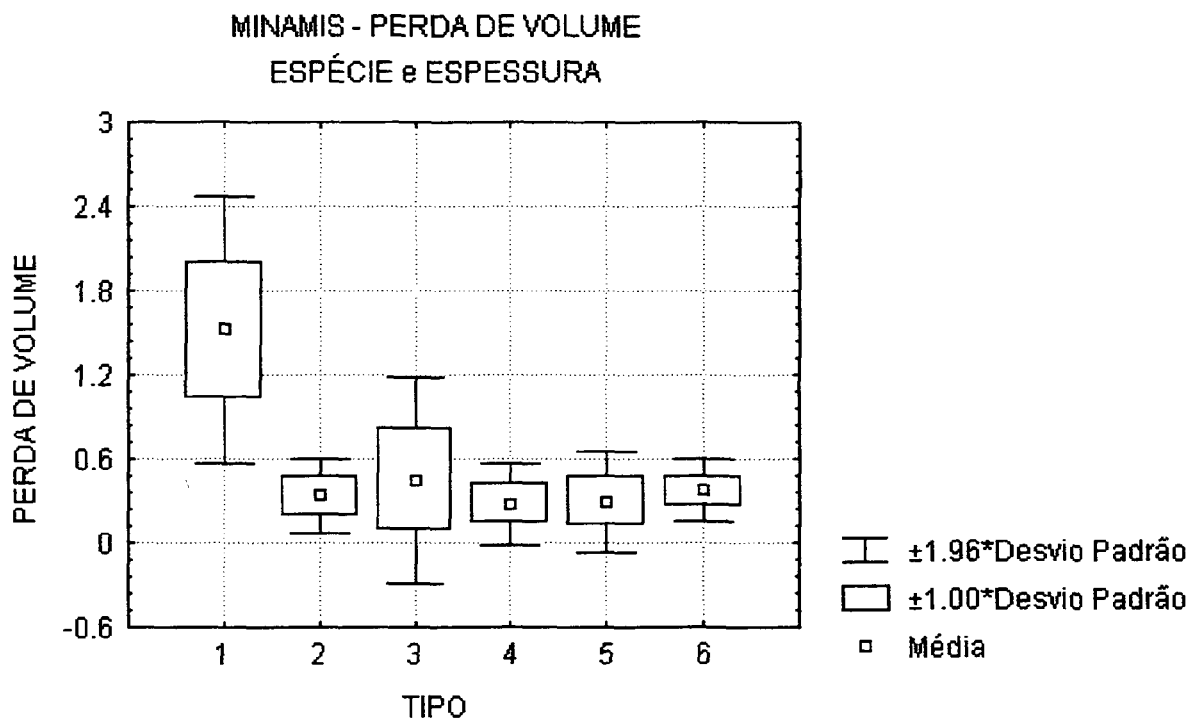
TABELA 26 – VALORES DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS TIPOS TESTADOS

COMBINAÇÃO	VALOR DE p
1 x 2	< 0,0001
1 x 3	0,0240
1 x 4	0,0018
1 x 5	0,0004
1 x 6	0,0026
2 x 3	0,5940
2 x 4	0,3115
2 x 5	0,1440
2 x 6	0,1020
3 x 4	0,6056
3 x 5	0,7815
3 x 6	0,7954
4 x 5	1,0000
4 x 6	0,1994
5 x 6	0,1569

A interação amescla x 1,5 mm de espessura não obteve bons resultados, não sendo recomendada (figura 13), mas pode-se, baseando-se nos testes, utilizar a mesma espécie com espessuras maiores, conseguindo-se consequentemente um melhor rendimento no processo.

Independentemente das espécies analisadas e espessuras, deve-se diminuir a perda através do processamento de lâminas de qualidade superior às processadas atualmente, aproveitando-se melhor os equipamentos, tempo e, diminuindo assim os custos da má qualidade no processo.

FIGURA 13 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS REF./JUNT. (ESPÉCIE x ESPESSURA)



4.1.1.4 Esquadrejadeira, calibradora e lixadeira

Neste etapa do processo foram gerados refilos e pó de lixa, resultantes do processo de acabamento das chapas. Na esquadrejadeira a perda em resíduos em largura foi de 5,46%. Em relação à perda em comprimento, a média foi de 3,23%, menor que a perda em resíduos para o ajuste da largura final. Isto aconteceu não porque no corte retirou-se uma maior sobremedida para ajuste da largura, mas porque em porcentagem a perda no corte em largura em relação à largura inicial teve maior representação do que para o comprimento, devido à maior dimensão da chapa em comprimento.

Para a lixadeira, a média de perda em pó de serra foi de 8,56%, devido à maior

representação da perda em porcentagem para a espessura e também porque houve maior dificuldade de controle dos fatores no processo para se conseguir a espessura final desejada, fazendo com que a sobremedida da chapa em espessura durante sua montagem fosse elevada, para garantir a espessura final correta.

Envolvendo as três dimensões analisadas, obteve-se uma média de perda volumétrica em resíduos de 15,96% no processo de acabamento das chapas, o que representa 1/6 do volume total de painéis fabricados.

Além dos resultados de rendimento e perdas, foram feitas análises estatísticas com o objetivo de avaliar se todas as chapas processadas, ao passarem pela esquadrejadeira e calibradora e lixadeira apresentavam a mesma perda em comprimento, largura e espessura, independente do tipo de chapa. Desta forma, testou-se a hipótese nula de que todos os tipos analisados apresentavam a mesma perda de comprimento, largura e espessura “versus” a hipótese alternativa de que pelo menos um dos tipos teve resultado de perda diferente dos demais (tabelas 27; 28 e 29). O teste utilizado foi novamente o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. O resultado do teste indicou a não rejeição da hipótese nula no nível de significância de 5% ($p=0,0942$ para comprimento, $p=0,1088$ para largura e $p= 0,2639$ para espessura), ou seja, independente do tipo de chapa e dimensões, as perdas foram estatisticamente semelhantes.

Os tipos analisados foram as chapas de nome Uniply (dimensões finais de 2,44 m x 1,525 m x 11,1 mm), Plataforma Miolo Exportação (dimensões finais de 3,050 m x 1,22 m x 18 mm), Copaíba (dimensões finais de 3,04 m x 2,04 m x 18 mm) e Comercial (dimensões finais de 2,75 m x 1,6 m x 4 mm),

Nas figuras 14, 15 e 16 são apresentadas as médias e os desvios para cada tipo testado.

FIGURA 14 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A ESQUADREJADEIRA/LIXADEIRA (PERDA DE COMPRIMENTO)

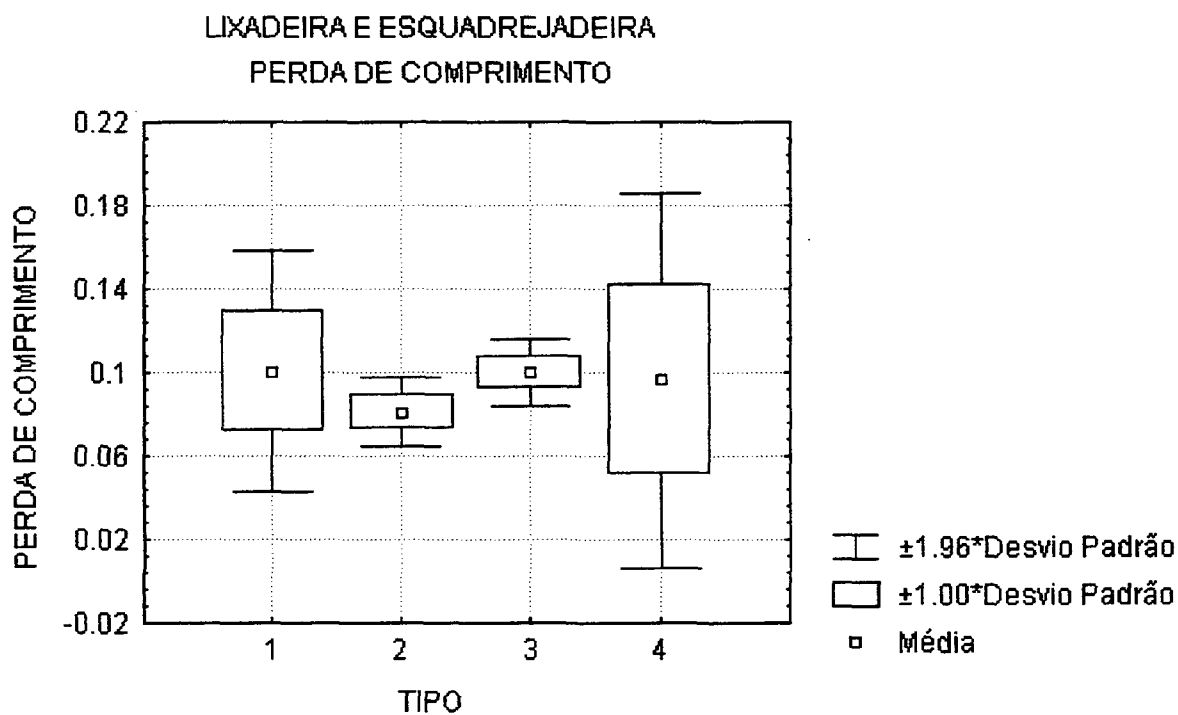


TABELA 27 – TIPOS TESTADOS PARA COMPRIMENTO

TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM COMPRIMENTO (m)	DESVIO PADRÃO
1. Uniply	7	0,100	0,0293
2. Plataforma	5	0,081	0,0083
3. Copaíba	4	0,100	0,0082
4. Comercial	5	0,096	0,0458
GERAL	21	0,095	0,0277

FIGURA 15 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A ESQUADREJADEIRA/LIXADEIRA (PERDA DE LARGURA)

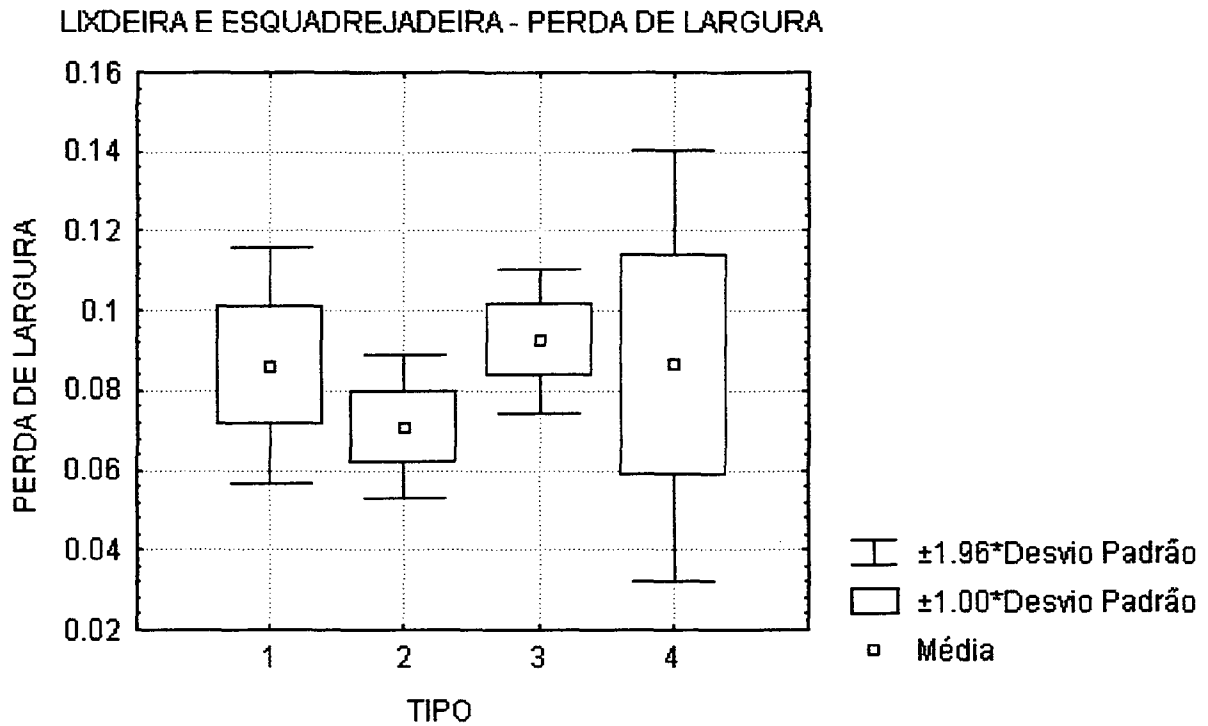


TABELA 28 – TIPOS TESTADOS PARA LARGURA

TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM LARGURA (m)	DESVIO PADRÃO
1. Uniply	7	0,086	0,0153
2. Plataforma	5	0,071	0,0091
3. Copaiba	4	0,093	0,0092
4. Comercial	5	0,086	0,0277
GERAL	21	0,084	0,0177

A chapa denominada Uniply é a mais produzida na empresa, abrangendo 40% da produção mensal de compensados, ou 815 m³ (19200 chapas/mês). Considerando a perda apenas na esquadrejadeira e lixadeira, obteve-se um total de 165 m³ perdidos/mês só na fase de acabamento do painel, o que equivale a uma produção de 3900 chapas deste mesmo produto se não houvesse perda. Esta perda equivale a 20%, ou 1/5 do total produzido ou 17% do total utilizado para produção desta chapa.

FIGURA 16 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A ESQUADREJADEIRA/LIXADEIRA (PERDA DE ESPESSURA)

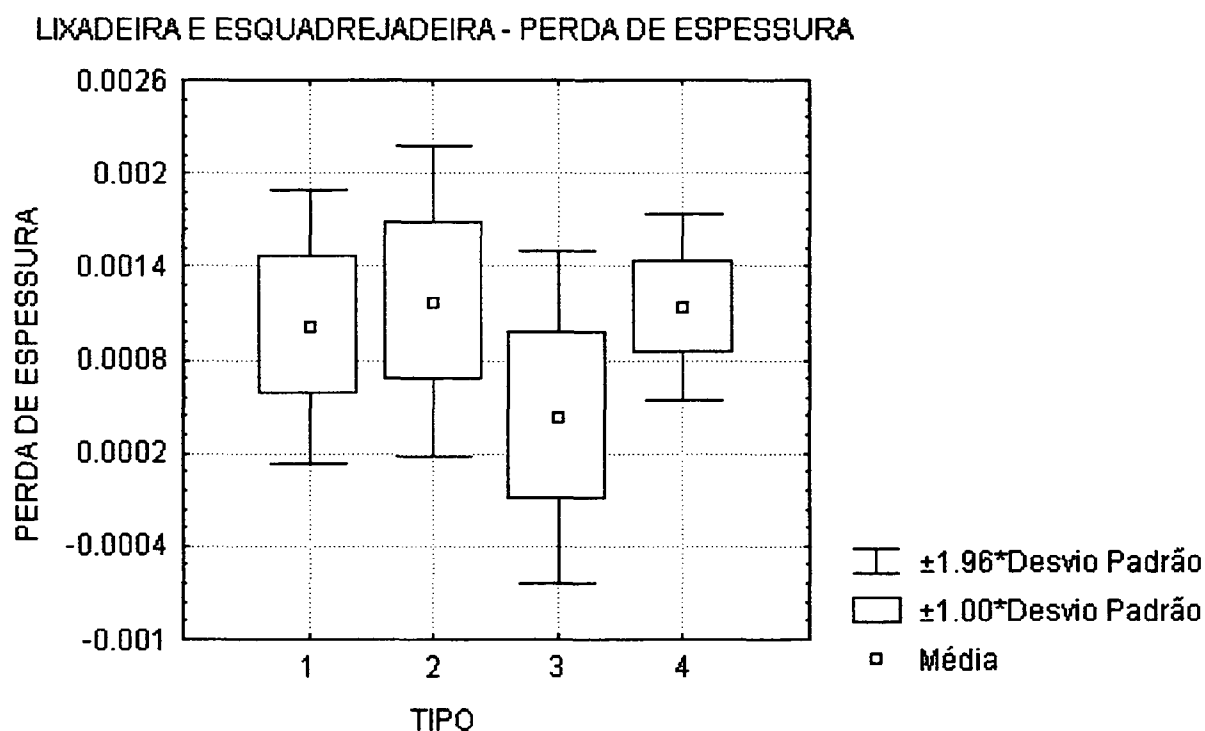


TABELA 29 – TIPOS TESTADOS PARA ESPESSURA

TIPO	N. DE CASOS	PERDA MÉDIA EM ESPESSURA (m)	DESVIO PADRÃO
1. Uniply	7	0,0010	0,0045
2. Plataforma	5	0,0012	0,00051
3. Copaiba	4	0,0004	0,00054
4. Comercial	5	0,0011	0,00030
GERAL	21	0,0010	0,00050

4.1.2 Má Qualidade no Processo

Na classificação dos painéis não existiu geração de resíduos, pois os painéis foram desclassificados para certa classe, mas classificados para uma classe inferior, sempre tendo uma destinação comercial. Mas houve perdas devido ao retrabalho, quando lâminas desclassificadas foram separadas como recorte e encaminhadas novamente para a guilhotina ou para as refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras para tentativa de aproveitamento de parte da lâmina.

As desclassificações tiveram maior representação nas classificadoras (tabela 30), antes mesmo das lâminas entrarem no processo, acontecendo inclusive durante o processo, em outros pontos. Estes pontos incluíram principalmente as juntadeiras (tabela 30), ocorrendo também nas refiladeiras/encoladeiras, classificação antes da montagem do painel, encoladeiras e até mesmo o secador, mas em quantidade muito menor, sem representação. O maior problema ocorreu quando não foram realizadas desclassificações pelas classificadoras, havendo a classificação da lâmina em outro ponto do processo de maneira errada, com classificações de lâminas de recorte (que seriam desclassificadas) como de terceira, e seu processamento até certo ponto, quando finalmente foram desclassificadas pela má qualidade e retornaram para as refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras 1 e 2, gerando os retrabalhos.

TABELA 30 - RESUMO PARA AS PERDAS EM DESCLASSIFICAÇÃO NO PROCESSO (%)

EQUIPAMENTO	DESCLASSIFICAÇÃO (RECORTES)
MÉDIA CLASSIFICADORAS	22,68
Juntadeira 1	5,30
Juntadeira 2	2,02
Juntadeira 3	12,70
Juntadeira 4	6,82
Juntadeira 5	1,96
Juntadeira 6	9,18
MÉDIA JUNTADEIRAS	6,33

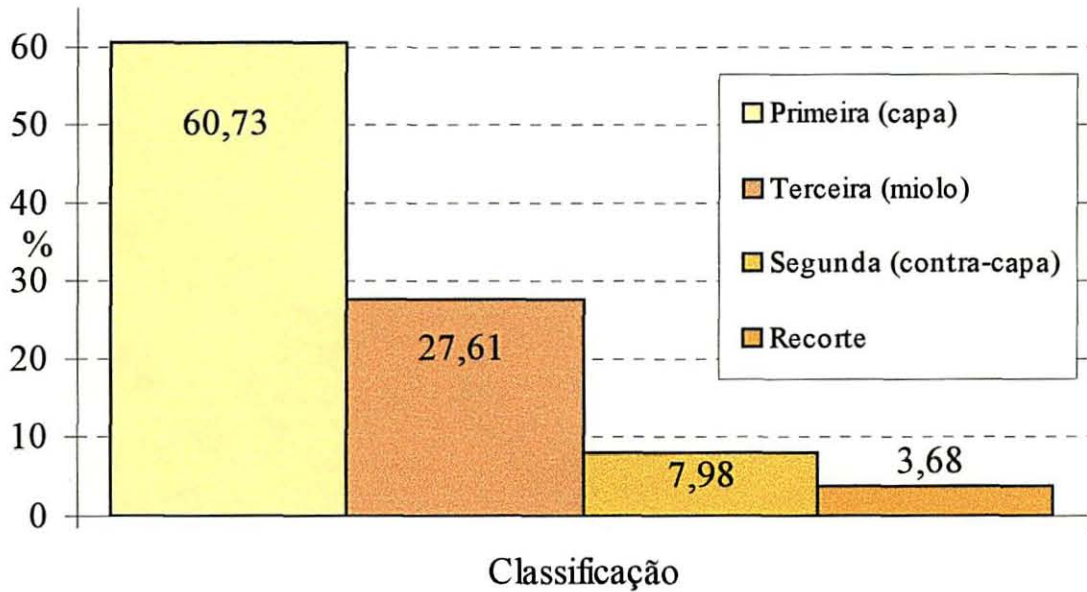
Nas juntadeiras as desclassificações representaram 6,33% do total de lâminas, significando retrabalhos, pois foram lâminas já processadas anteriormente, retornando mais uma vez no processo para novo processamento, significando perda de tempo, hora/máquina e custo/funcionário.

Os retrabalhos significaram para a empresa dois tipos de perdas, uma por não aproveitar as desclassificações na primeira vez que estas foram processadas, e a outra pela necessidade de reprocessar estas desclassificações, gerando gastos dobrados com equipamentos e pessoal, além de perda de tempo.

4.1.2.1 Classificadoras

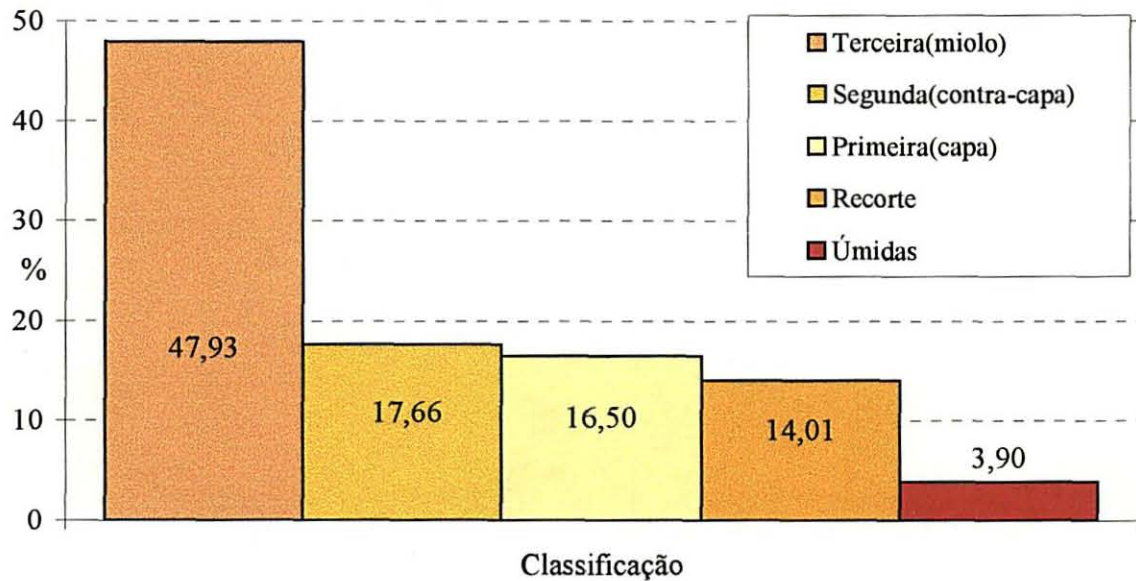
Os resultados obtidos para as amostras coletadas são mostrados nas figuras 17 e 18.

FIGURA 17- RESULTADOS OBTIDOS PARA AMOSTRA 1



Na figura 17 são mostrados os resultados para a amostra de virola de dimensões de 2,53m x 85 cm x 1,5 mm. Além das lâminas de 85 cm de largura, na amostra havia lâminas de largura menor (26,5 cm), em mesmo número que as lâminas largas, sendo todas separadas como desclassificação. Estas lâminas seguiram para a refiladeira/encoladeira/juntadeira 2 para fabricação de tapetes para miolo, obtendo-se portanto um total de 72,55% de aproveitamento do volume total de lâminas e 27,45% de desclassificação, devido à má qualidade das lâminas.

FIGURA 18 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AMOSTRA 2



Na figura 18 estão os resultados obtidos para lâminas de virola de dimensões 2,545 m x 69 cm x 1,5 mm. Comparando-se esta amostra com a anterior, nota-se a grande diferença existente entre uma amostra e outra em porcentagem de participação de cada qualidade de lâmina no volume total, o que significa que há diferença de qualidade entre os lotes de lâminas processados. Mas a participação das lâminas de terceira qualidade e das desclassificações no total foram representativas nas 2 amostras, chegando a uma média geral de 37,77% de lâminas de terceira qualidade e de 22,68% de desclassificação, o que significa que mais de 1/3 era de terceira qualidade e que 1/5 do total de lâminas foi desclassificado antes de entrar no processo. Este número pode e deve ser reduzido através da utilização de lâminas de melhor qualidade.

4.1.2.2 Classificação antes da montagem do painel (tapetes)

Nesta etapa do processo os tapetes formados por lâminas decorativas foram observados em mesa de luz, sendo fixada fita adesiva quando necessário em alguns pontos dos tapetes para sua melhor sustentação.

Os tapetes formados por lâminas mais espessas (com mais de 1,4 mm) foram classificados nesta etapa em tapetes para capa ou miolo. Em seguida, todos os tapetes foram encaminhados para a montagem dos painéis. Os resultados para esta classificação podem ser observados na tabela 31.

TABELA 31 - RESULTADOS OBTIDOS PARA OS TAPETES DE LÂMINAS DE VIROLA

DIMENSÕES (m)	% CAPA	% MIOLO
1,30 * 2,80 m	80,51	19,49
2,54 * 1,61 m	92,31	7,69
1,30 * 2,80 m	90,91	9,09
2,54 * 1,61 m	85,94	14,06
MÉDIA	87,42	12,58

Nesta classificação, durante a coleta de dados, 12,58% dos tapetes foram classificados como de terceira qualidade, sendo utilizados como miolo.

4.1.2.3 Juntadeiras

De acordo com os resultados obtidos para as juntadeiras (tabela 32 e figura 19) a média de rendimento foi de 84,59% de aproveitamento das lâminas para capa, 9,01% para miolo e 6,40% de retrabalho.

Na juntadeira 1 houve desclassificação de 5,30% do total de lâminas contabilizadas e 12% do total foi separado para fabricação de tapetes para miolo.

Na juntadeira 2 a desclassificação foi de 2,02% e houve separação de 4,87% das lâminas para miolo.

Na juntadeira 3 houve desclassificação de 12,70% do total de lâminas contabilizadas. Esta desclassificação foi alta devido às lâminas serem decorativas e retornarem à refiladeira/encoladeira não somente pelos defeitos, mas também por apresentarem desenhos diferentes, podendo ser utilizadas somente como contra-capas.

TABELA 32 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS JUNTADEIRAS

JUNTADEIRA	QUALIDADE	% RETRABALHO	% CAPA	% MIOLO
1	virola sem classificação	5,30	81,22	13,48
2	virola classificada	2,02	93,90	4,08
3	cerejeira capa	12,70	87,30	-
4	copaíba classificada	12,52	87,48	-
	virola sem classificação	1,12	54,79	44,09
5	virola classificada	1,96	96,61	1,43
6	amescla sem classificação	9,18	90,82	-
	MÉDIA	6,40	84,59	9,01

Na juntadeira 4 a desclassificação foi de 6,82% com separação de 22,05% das lâminas para fabricação de tapetes para miolo.

Na juntadeira 5 a desclassificação foi de 1,96% e uma separação de apenas 1,43% das lâminas para fabricação de tapetes para miolo.

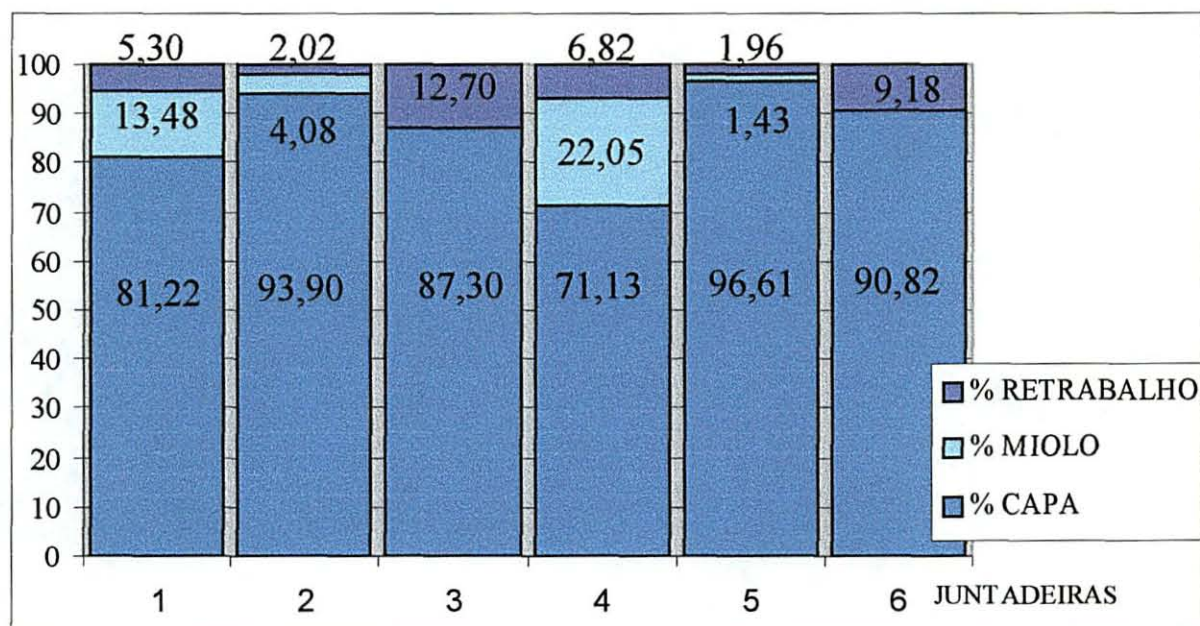
Na juntadeira 6 houve separação de 9,18% das lâminas como desclassificação.

Quanto à desclassificação, as lâminas retornaram à refiladeira/encoladeira para retirada de defeitos e seu reaproveitamento.

A diferença existente entre as médias obtidas para cada juntadeira ocorreu devido à coleta de dados de lâminas de diferentes qualidades (primeira, segunda, terceira e sem classificação). Desta forma, a separação de lâminas para miolo foi maior quando amostradas lâminas sem classificação inicial, onde havia lâminas de todas as qualidades na mesma amostra, como no caso das juntadeiras 1, 4 e 6.

Em relação à desclassificação, esta foi alta na juntadeira 4 devido à baixa qualidade das lâminas de copaíba, e na juntadeira 6, devido à baixa qualidade das lâminas de amescla.

FIGURA 19 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS JUNTADEIRAS



Nas juntadeiras o que ocorreu foi uma pré-classificação das lâminas antes de seu processamento, pois muitas das lâminas a serem processadas não foram previamente classificadas pelas classificadoras, prejudicando a produção, pois foram necessárias capas no processo, e a maioria das lâminas tinha qualidade apenas para miolo.

Além disso, durante a pré-classificação das lâminas, o equipamento ficou parado, representando perda de tempo. As juntadeiras também pararam para abastecimento de cola, troca de pilha de lâminas para processamento, calibração do equipamento de acordo com a espessura e comprimento das lâminas processadas. Houve ainda outras paradas devido à má qualidade, que ocorreram por espessura inadequada da lâmina e falta de manutenção preventiva da máquina.

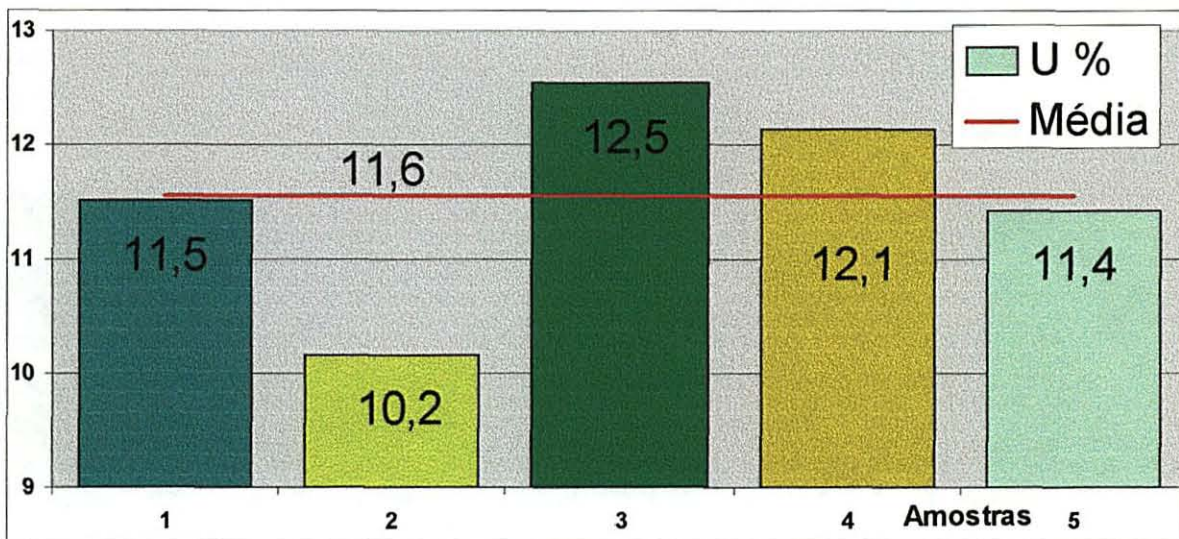
Outro fato que ocorreu com frequência foi que lâminas encaminhadas das refiladeiras/encoladeiras precisaram retornar no processo por não colarem, sendo necessário novo corte e aplicação de cola, perdendo-se tempo e gerando mais resíduos, com perda de matéria-prima e cola para esse retrabalho.

4.2 QUALIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

4.2.1 Teor de Umidade

Na figura 20 observa-se a média obtida de 11,6% de teor de umidade para as amostras coletadas, o que representa uma umidade de equilíbrio com as condições da região de estudo. Este teor de umidade não impede que os resíduos sejam aproveitados como fonte energética, pelo contrário, a porcentagem de umidade apresentada é bem menor que a de lenha utilizada para energia (30 a 35% de umidade, segundo CRUZ, 1997). Além disso, segundo o mesmo autor, 11% é o teor de umidade necessário para prensagem e compactação da biomassa formada por sobras de madeira para confecção de briquetes e *pellets*.

FIGURA 20 - TEOR DE UMIDADE DOS RESÍDUOS



A maior preocupação, segundo SOUZA (1997) é a desuniformidade granulométrica associada à variação de densidade dos resíduos. Mas a possibilidade de compactação destes resíduos, como briquetes, visa seu melhor e maior aproveitamento, com vantagens técnicas e econômicas. (SOUZA, 1997).

Mas além de briquetes, estes resíduos, devido ao seu baixo teor de umidade e conseqüente maior poder calorífico, podem ser utilizados para energia de outras formas. Segundo BRITO (1993), madeira com 11% de umidade tem um poder

calorífico na faixa de 3540 PCLu, o que é muito superior à da madeira a 35% de umidade (2200 PCLu).

A combustão é o método escolhido para resíduos com pouca umidade (WEATHERS, 1989). A eficiência da combustão da madeira seca (10% de umidade) é de 80%, enquanto que com umidade de 50% a eficiência é de 60%.

Segundo MARTÍN (1997), é possível afirmar que a porcentagem de rendimento energético para combustão é de 65 a 95%; para pirólise é de 30 a 90%; para gaseificação é de 65 a 75% e em digestão anaeróbica é de 20 a 35% .

A seleção da tecnologia de produção de um combustível com a utilização de uma categoria específica de resíduo segue certas diretrizes simples. As duas maiores decisões interdependentes que devem ser tomadas em um empreendimento, ao se decidir se vai ou não ser investido na geração de energia a partir de resíduos são: a escolha da tecnologia de utilização do resíduo e avaliação da possibilidade de utilização dos resíduos no local de produção ou necessidade de transporte dos mesmos para a planta. Estas decisões são influenciadas por informações a respeito da variabilidade, quantidade, concentração, disponibilidade, conteúdo de umidade e competição de mercado no uso dos resíduos, bem como por requerimentos de energia em residências (WEATHERS, 1989).

Daí conclui-se que, para o sucesso da utilização dos resíduos de madeira, gerados pela indústria, como fonte energética, é necessário e fundamental a realização de estudos detalhados:

- a) da demanda de energia de fontes renováveis;
- b) da disponibilidade destes resíduos para fins energéticos;
- c) do estabelecimento de especificações para os resíduos destinados ao uso energético;
- d) do local de produção do resíduo e onde este será utilizado para energia;
- e) das legislações vigentes sobre o assunto;
- f) dos métodos e equipamentos disponíveis para a transformação do resíduo em energia;

g) e outros fatores como incentivos governamentais para a atividade, interesse da comunidade empresarial.

A exemplo de outros países que já possuem planificação energética, no Brasil, deve-se tomar como ponto de partida a realização de um estudo regional abrangendo todos os pontos acima citados e até mesmo outros que possam ser característicos de cada região.

4.2.2 Granulometria dos Resíduos

Além do teor de umidade, a granulometria é muito importante para definir a destinação ideal para resíduos de madeira. Neste caso, a maioria dos resíduos apresentou dimensões menores que 19,1 mm e maiores que 4 mm para todas as amostras (tabela 33), já que grande parte dos mesmos ficou retida nas malhas das peneiras 3 e 4. Isto significa que grande parte dos resíduos pode ser classificada como serragem e maravalhas.

TABELA 33 - GRANULOMETRIA DOS RESÍDUOS PARA AS 5 AMOSTRAS

AMOSTRAS PENEIRAS	1	2	3	4	5
1	1,72	1,56	1,21	5,99	1,12
2	7,19	4,20	1,90	12,35	4,93
3	47,21	50,35	76,55	55,52	70,84
4	31,53	21,46	7,87	19,94	15,27
5	10,47	13,58	7,92	4,20	5,71
6	1,88	3,84	4,55	2,01	2,14

No caso da serragem, sua queima como fonte de energia para a secagem de madeira já é tradicional. No entanto, há uma superprodução desses resíduos nas serrarias paranaenses, portanto, há necessidade de se buscar usos alternativos (CONTO et. al, 1997).

Para as indústrias que utilizam a serragem, a principal preocupação não tem sido calcada unicamente sobre o retorno que o investimento propicia, uma vez que

existem benefícios indiretos relatados por produtores de tijolos e de cal que são de difícil quantificação. Entre outros, foram destacados: o não “aborrecimento” com a fiscalização; facilidade de estocagem e manuseio da serragem; facilidade de manutenção e limpeza da área; menor área de estocagem; redução de riscos de acidentes (CONTO et. al, 1997).

Neste caso, a serragem e maravalhas podem ter um destino diferente da queima. Como já discutido anteriormente, devido ao seu baixo teor de umidade e a serem resíduos limpos (com exceção dos resíduos produzidos pela esquadrejadeira), podem ser utilizados para fabricação de briquetes e *pellets*. Ou ainda, ter um fim mais nobre, como matéria-prima para confecção de chapas de partículas, que utilizam pequenas partículas, maravalhas e serragem no seu processo. Já para a indústria de polpa e papel eles não são interessantes devido às suas pequenas dimensões.

Outras finalidades ainda menos nobres podem ser dadas a este tipo de resíduos, como para matéria orgânica do solo, cama para animais, cobertura de aterros e enchimento de embalagens.

Por último, estes resíduos podem ser usados como “farinha de madeira”, que são resíduos compactados e misturados a outros produtos químicos para produção de diferentes objetos.

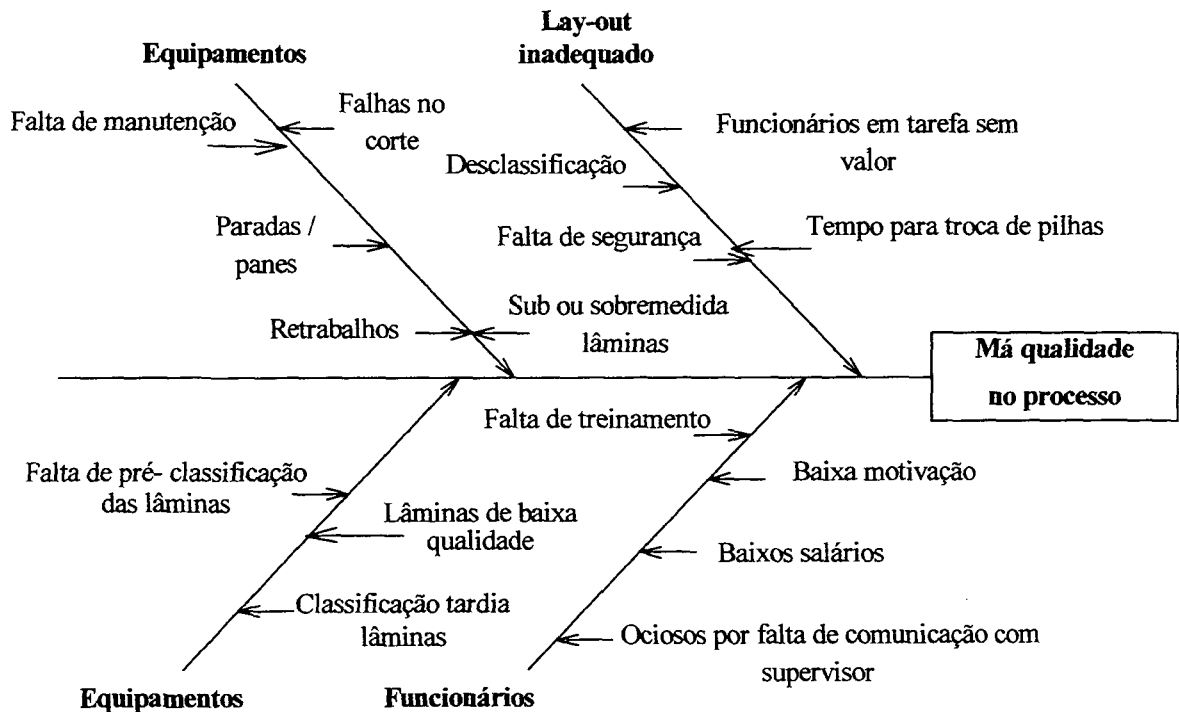
4.3 SUGESTÕES RELATIVAS AO PROCESSO

Algumas observações em relação ao processo, baseadas no diagrama de Ishikawa (figura 21), podem contribuir para a melhoria do mesmo:

Em relação ao local onde se trabalha (meio-ambiente), pode-se conseguir melhorias através de um estudo de novo *lay-out* para os equipamentos, e principalmente melhor organização das pilhas de lâminas que aguardam o processamento dentro da fábrica, facilitando a circulação de pessoal, diminuindo tempos para deslocamento de pilhas de lâminas, pessoal e empilhadeira, além do aumento da segurança dentro da fábrica (sugere-se também a marcação em chão de faixas de segurança). A clareza do ambiente de trabalho também pode ser

melhorada, assim como a qualidade do ar respirado (evitando-se o acúmulo de pó de serra na fábrica).

FIGURA 21 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA A MÁ QUALIDADE DO PROCESSO



A utilização de matéria-prima de boa qualidade, com sobremedidas adequadas, umidade exigida para o processo e correta classificação facilitaria muito o fluxo do processo, evitando perdas exageradas nos equipamentos, com conseqüente baixo rendimento e o surgimento de retrabalhos. Sugere-se um estudo de sobremedidas ideais no processo, e de novas espécies potenciais para fabricação de compensado, além da utilização de lâminas de qualidade superior às utilizadas no momento na empresa.

Em relação aos equipamentos, a manutenção preventiva seria a principal ação a ser tomada para evitar as paradas do maquinário por tempos demasiados durante o expediente. Desta forma, os funcionários não ficariam ociosos e o processo fluiria melhor. A regulagem dos equipamentos também é muito importante, pois a espessura

das facas de corte influenciam significativamente no volume de resíduos, podendo estes serem ainda maiores se houver deficiências de afiação, tensionamento e na linha de corte. Este fato provoca sub ou sobredimensionamento, que em geral precisam ser corrigidos perdendo-se boa parte da matéria-prima. Falta de alinhamento e paralelismo das facas com a máquina, folgas nos componentes dos equipamentos levam aos mesmos resultados (JARA, 1987).

Em relação ao pessoal, uma melhor comunicação dos funcionários de chão de fábrica com o supervisor e um melhor planejamento da produção evitariam a classificação tardia das lâminas em outro ponto do processo e mudança repentina do lote e tipo de lâminas processadas (evitando paradas para nova calibração do equipamento). Motivação de pessoal em relação ao trabalho que realizam também contribuiria para aumento do rendimento no processo.

A escolha do operador dos equipamentos como guilhotina, refileira e destopadeira também tem muita importância. Estes operadores estão continuamente tomando decisões que dizem respeito a três elementos das máquinas, que por sua vez, afetam o desempenho da indústria: produtividade, qualidade do produto e taxa de recuperação da matéria-prima. Em geral, os erros mais comuns observados foram: excesso de espessura do refile, incorreta seleção do corte, sub dimensionamento da largura e comprimento das peças.

Desta forma, todas as pessoas ligadas à produção devem ter conhecimento sobre as adequadas formas de se conduzir o corte, pois quase todas as operações são geradoras de perdas, e no caso de um corte mal realizado, as peças precisam passar por um novo processo de refileamento, destopamento e aplainamento, com maior consumo de mão-de-obra e energia, e geração de novas quantidades de resíduos. Assim, o adequado treinamento dos operadores é muito importante para o sucesso da empresa (JARA, 1987).

Outras sugestões de mais difícil implementação, como um plano de melhorias, podem trazer um alto grau de retorno para a empresa, começando pela implantação de um processo de qualidade na empresa:

- a) O processo deve ser sujeito à análise rigorosa, quanto aos métodos, ao pessoal, às habilidades, ao equipamento e a outros detalhes, visando ter a certeza de que são adequados para o trabalho (OAKLAND, 1994);
- b) O comprometimento de todos os membros de uma organização é um requisito de melhoria da qualidade em toda a empresa. Todos devem trabalhar juntos em todas as interfaces para atingir a perfeição;
- c) O pessoal precisa ser treinado e ensinado a utilizar seu tempo e energia para estudar seus processos em equipes, procurando as causas dos problemas e corrigí-las de uma vez para sempre em vez de se preocupar com os sintomas. Por meio de grupos de melhoria da qualidade, que precisam ser organizados, essas ações reduzirão a síndrome de inspeção-rejeição no devido tempo. Se as coisas são feitas corretamente da primeira vez, os problemas usuais que geram a necessidade de inspecionar para focalizar defeitos desaparecerão (OAKLAND, 1994);
- d) As idéias para melhorias devem vir daqueles que têm conhecimento e experiência dos processos, atividades e tarefas; isso tem grandes implicações com o treinamento e o follow-up.

CROSBY (1985), o criador da filosofia Zero Defeito, se baseia na teoria de que a qualidade é assegurada se todos se esforçarem em fazer seu trabalho corretamente da primeira vez.

DEMING (1990) tem uma abordagem baseada no uso de técnicas estatísticas para reduzir custos e aumentar a produtividade e qualidade.

Para OAKLAND (1994) a qualidade total se alcança através do compromisso com o melhoramento contínuo, da filosofia de fazer certo na primeira vez, do treinamento do pessoal para compreender o relacionamento cliente-fornecedor, do não comprar baseado apenas no preço, da melhoria dos sistemas de gestão, da supervisão e treinamento modernos, do controle de processos por meio de trabalho de grupo e melhoria das comunicações, da eliminação de barreiras e do medo, da instrução contínua e desenvolvimento de especialistas.

A abordagem de ISHIKAWA (1993) é voltada para a obtenção da qualidade total com a participação de todas as pessoas da organização, da alta gerência aos operários do chão de fábrica. O autor enfatiza também a participação dos funcionários através de grupos de melhoria, para a melhoria contínua dos níveis de qualidade e resolução.

Para FEIGENBAUM (1961) a qualidade é conseguida em quatro fases:

- a) estabelecimento dos padrões da qualidade;
- b) avaliação da conformidade em relação aos padrões;
- c) ação quando os padrões não forem obtidos;
- d) planejamento e ações para a melhoria dos padrões.

Desta forma, para que o processo funcione de uma maneira eficaz, primeiramente deve-se conhecer bem cada fase que compõe o processo, os equipamentos, matéria-prima e pessoal, e então monitorá-las, fornecendo medidas de performance como dados-base para um programa de melhorias.

Em resumo, o que deve ser levado em consideração para um programa de qualidade:

- a) fábrica/equipamento: o projeto, layout e inspeção da fábrica e do equipamento, incluindo aquecimento, iluminação, armazenagem, disposição do refugo, ente outros;
- b) processos: o projeto e monitoração de processos para reduzir a um mínimo a possibilidade de mau funcionamento e/ou falha;
- c) local de trabalho: estabelecimento e manutenção de locais de trabalho adequados, limpos e em ordem;
- d) meios para facilitar o trabalho: provisão e manutenção de adequados recursos técnicos com essa finalidade;
- e) procedimentos: preparação de procedimentos para todas as operações;
- f) treinamento: provisão de treinamento efetivo em qualidade, tecnologia, processo e operações fabris;

- g) informação: força vital de todos os sistemas de gerenciamento da qualidade. Todos os processos devem ser operados assim: nenhuma coleta de dados sem registro, nenhum registro sem análise, nenhuma análise sem ação.

Controle de Fornecimento de Matérias Primas

A matéria-prima é parte essencial para que qualquer processo seja desencadeado. Portanto, para que o produto final seja de qualidade, é primordial que a matéria-prima também seja. Além da matéria-prima, também é importante avaliar seu fornecedor, caso esta não seja produzida pela própria empresa.

JIT (*Just in Time*)

O objetivo fundamental do JIT é a melhoria da qualidade pela eliminação do desperdício. Ele exige que o estoque seja mantido no mínimo porque os custos de estoque podem atingir até 26% do valor do material estocado, sendo possível conseguir uma melhoria significativa em custos e em qualidade através desta redução. Além disso, com baixo estoque não há necessidade de uma quantidade de armazéns, frotas de empilhadeiras, filas de prateleiras, quantidade de empregados, etc. OAKLAND(1994)

Os conceitos de JIT permitem identificar problemas operacionais pelo rastreamento de:

- a) movimentos de material: quando o material pára, é desviado ou volta, este fato é sempre relacionado com uma anormalidade no processo;
- b) acúmulo de materiais: utilizado para amortecer problemas, excessiva variabilidade,
- c) flexibilidade do processo: necessidade absoluta para operação e projeto flexíveis;
- d) esforços que acrescentam valor: muito do que é feito não acrescenta valor e o cliente não vai pagar por ele.

5 S's

A prática dos 5S's tem como objetivo proporcionar melhor aproveitamento do espaço, eliminar as causas dos acidentes, desenvolver o espírito de equipe e assegurar boa aparência da organização. O programa 5S's muda completamente o comportamento das pessoas dentro das organizações. Em vez de simples trabalhadores, as pessoas tornam-se responsáveis pelos 5 S's de sua área de trabalho.

Não se trata apenas de realizar a tarefa em si, mas de realizá-la de acordo com os critérios citados ou, mais do que isso, de administrar a tarefa e o ambiente em que ela é realizada.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através dos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- a) o rendimento para lâminas de boa qualidade é de 76%, ou seja, $\frac{1}{4}$ da matéria-prima é transformada em resíduos durante o processo;
- b) quando se processa lâminas de qualidade inferior, estas perdas aumentam consideravelmente, chegando a valores de até 46% em resíduos;
- c) no processo de reaproveitamento de lâminas desclassificadas há um aproveitamento de 40% da matéria-prima;
- d) o ponto crítico do processo em termos de perdas em resíduos são as refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras, e guilhotina 1, com uma perda média de $\frac{1}{3}$ do total processado;
- e) na esquadrejadeira, calibradora e lixadeira todas as chapas analisadas apresentaram o mesmo comportamento em relação ao rendimento;
- f) a perda gerada pela calibradora e lixadeira é maior que a perda que ocorre no esquadrejamento do painel;
- g) as lâminas de amescla apresentaram resultados inferiores em rendimento em relação às demais espécies estudadas, gerando 3 a 4 vezes a quantidade de resíduos gerados pelas lâminas de copaíba, de mesma qualidade;
- h) o mogno real destacou-se como lâmina de melhor qualidade e maior rendimento para processamento em guilhotina;
- i) há perdas mais significativas para a empresa do que a própria geração de resíduos (perdas referentes à má qualidade no processo);
- j) estas perdas têm como maiores causas a baixa qualidade das lâminas, retrabalhos, problemas com maquinário, pessoal, planejamento, organização e ambiente de trabalho da empresa;
- k) a má qualidade é o principal fator de perda nas classificadoras e juntadeiras, chegando a valores médios de 22,68% (desclassificações), e 6,33% de retrabalhos;

- l) em função dos resultados obtidos para granulometria (serragem e maravalhas) e teor de umidade dos resíduos (baixa umidade, interferindo positivamente no seu uso final), estes podem ser utilizados como matéria-prima para outras indústrias como para confecção de briquetes, chapas de partícula, farinha de madeira, combustível, entre outros;
- m) a venda dos resíduos pode chegar a valores de até 2,40% do faturamento da empresa, podendo atingir valores ainda maiores.

Com base nas conclusões acima, sugere-se:

- a) um estudo de mercado para verificar a possibilidade de venda dos resíduos, envolvendo ganhos em termos econômicos e práticos para a empresa;
- b) um estudo envolvendo a possibilidade de aproveitamento destes resíduos pela própria empresa (através da criação de uma nova linha de produção onde se utilizem resíduos);
- c) um estudo de quantificação das perdas relacionadas à má qualidade existente no processo (envolvendo paradas de máquinas, pessoal, cálculos de perdas, estudo de lay-out);
- d) um estudo de viabilidade econômica para utilização das refiladeiras/encoladeiras/juntadeiras para processamento de lâminas de somente baixa qualidade,
- e) um estudo de melhorias no processo para diminuição das perdas causadas pela má qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABIMCI. **Sem título**. Relatório da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Compensada Industrial, 1985, 21 p.
- ABIMCI. **Compensado**. Disponível em: < <http://www.abimci.com.br> > Acesso em: 23 jan. 2001.
- BALDWIN, R.F. **Modern Plywood Techniques**. New Orleans, Louisiana, 1974. 144 p., v.2.
- BONDUELLE, G. M. **Avaliação e análise dos custos da má qualidade na indústria de painéis de fibras**. Florianópolis, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BRAND, M.A. **Avaliação do balanço de materiais e balanço energético de uma indústria de base florestal**. Curitiba, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná.
- 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.
- 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.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.
- CONTO, A. J. et al. Uso de serragem como fonte alternativa de energia. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. p. 171 - 174.
- CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1985.
- CRUZ, M. Briquete substitui carvão e óleo no interior. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, Domingo, 22 jun. 1997. Guia da Microempresa.
- C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC. Opportunities and constraints associated with using wood waste for fuel in connecticut. **Energy Division**, Hartford, Connecticut, 1990.

C.T. DONOVAN ASSOCIATES, INC. Biomass resource information clearinghouse. **Southeast Wood Waste Recovery**, Alabama, Vermont, Southeastern Regional Biomass Energy Program., 1994.

C.T. DONOVAN ASSOCIATES, INC. Biomass resource information clearinghouse. **Southeast Wood Waste Recovery**, Burlington, Vermont, Temple-Inland Forest Products Corporation, 1997.

DELESPINASSE, B.F.M. **Simulação de análise de investimentos na indústria de compensados no Brasil**. Curitiba, 1995. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

DEMING, W. E. **Qualidade: A revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DONNELLY, R.; SUCHEK, V. Oportunidades de expansão para o setor madeireiro. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 6, n. 32, p.4-6, 1997.

EL-RADI, T.E. A performance evaluation of edging and trimming operations in U.S. hardwood sawmills. **Canadian Journal of Forest Research**, 24(&):1450 - 6, 1994.

FAO. **Fiberboard and particleboard**. Roma: FAO, 1958. 192 p.

FAO. **Tableros contrachapados y otros paneles a base de madera**. Roma: FAO, 1968. 250 p.

FEIGENBAUM, A .V. **Controle da qualidade total**. New York: McGraw-Hill, 1961.

FIGUEIREDO, P. J. M. **A sociedade do lixo - Os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Piracicaba: Unimep, Universidade Metodista de Piracicaba, 1994, 240 p.

FLÂNDOLI SOBRINHO, V. Um impulso à expansão. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 6, n. 32, p. 3, 1997.

FLÂNDOLI SOBRINHO, V. Evolução do mercado madeireiro no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 6, n. 32, p. 10-16, 1997.

FONTES, P. J. P. **Auto-suficiência energética em serraria de *Pinus* e aproveitamento dos resíduos**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

GARLIPP, R. C. D. **Biomassa de florestas plantadas como fonte alternativa de energia em substituição ao óleo combustível industrial no estado de São Paulo**. Piracicaba, 1982. 175 f. Dissertação (Mestrado)

HOCHHEIM, N.; MARTIN, P. Influência da qualidade das toras no processo de fabricação, rendimento, custo e rentabilidade da madeira serrada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1993. p.644-646.

IBDF. **Norma de controle de qualidade e classificação de compensados.** IBDF, 1985. 79 p.

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total à maneira japonesa.** Rio de Janeiro: Campus, 1993.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira.** Curitiba: FUPEF/Série didática n. 1/98, 1998. 128 p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira.** Notas de Aula da disciplina. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1999

JARA, E. A geração de resíduos pelas serrarias. **Boletim ABNT**, São Paulo: IPT, n.59, 1987.

KEEGAN III, C.E. Utilizing wood residue for energy generation in northwestern Montana - a feasibility assessment. **USDA. Forest Service Int Gt**, (234):1-39, 1987.

LELLES, J.G.; SILVA, J. C. Novos Usos para a Madeira **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 6, n.36, p. 42 – 45, 1997.

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

MACEDO, A.R.P. et al. Tendências das exportações brasileiras de madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 6, n. 35, p. 11-16, 1997.

MARRA, A.A. **Technology of wood bonding - principles in practice.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454 p.

MARTÍN, F. M. **Otros aprovechamientos forestales.** Madrid: Fernando Martín Asín, 1997.

MENDES, L. M. et al. Gaseificação de resíduos da indústria madeireira para geração de energia elétrica em pequenas propriedades rurais. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. p. 145 - 149.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA-COORDENADORIA DE AGROENERGIA. **Proposta de utilização energética de florestas e resíduos agrícolas.** Secretaria Geral, 1984, 166 p.

MIYAZAKI, M. Forestry Products and Waste. In: KITANI, O.; HALL, C. W. **Biomass handbook.** New York: Gordon and Breach Science, 1989. p. 160 - 170.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard.** USA: Southern Illinois University Press, 1974. 244 p. v. 1: Materials.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total.** São Paulo: Nobel, 1994.

OLANDOSKI, D. P. et al. Avaliação do rendimento em madeira serrada, qualidade e quantidade e resíduos no desdobro de *Pinus spp.* **Revista do Setor de Ciências Agrárias,** Curitiba, n.1-2, p.177-184, 1998. v.17.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** 4. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.

PRANCE, G. T.; PRANCE, A. E. **Bark - The formation, characteristics and uses of bark around the world.** Portland: TimberPress, 1993.

REVISTA DA MADEIRA.. Curitiba, ano 6, n. 36, p. 4-6, 1997.

REZENDE, J.L. O setor florestal brasileiro e o comércio internacional de madeira e seus produtos. In: III SEMANA DO MEIO AMBIENTE, 3., 1994, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1994.

SANTOS, E. **Nossas madeiras.** Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. 313 p. v. 7.

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

SOUZA, M. R. Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: experiência do laboratório de produtos florestais - 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, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. p. 49 - 70.

STCP. **Tendências do mercado de serrados, laminados e compensados.** Curitiba, 1990. 64 p. Relatório final.

TOMASELLI, I.; DELESPINASSE, B. A indústria de painéis do Brasil - A tendência de mudança no perfil da produção brasileira. **STCP Informativo,** Curitiba, n. 1, p. 17-20, 1997.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood structure, properties, utilization.** New York: Chapman & Hall, 1991, 494 p.

VIANNA NETO, J.A.A. Considerações básicas sobre desdobro de *Pinus spp.* In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1984. p. 15-19.

WEATHERS, P. J. **Fuels from industrial biomass processing wastes.** Biomass Handbook. Editors KITANI, O. & HALL, C. W. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1989. p 175 - 191.

WERKEMA M.C.C.; AGUIAR S. **Planejamento e análise de experimentos: como identificar as principais variáveis influentes em um processo.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 294 p. v. 8.

ZAVALA, D. Z. Control de calidad en la industria de aserrio y su repercusión económica. **Boletín Técnico Inifap**, v. 115, p. 1-48, 1994.