



MESTRADO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA VIRGEM POR MATÉRIA-  
PRIMA ALTERNATIVA NA INDÚSTRIA DE MADEIRA  
RECONSTITUÍDA**

Marneli Ferreira Teixeira

Lajeado, dezembro de 2011

Marneli Ferreira Teixeira

**SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA VIRGEM POR MATÉRIA-  
PRIMA ALTERNATIVA NA INDÚSTRIA DE MADEIRA  
RECONSTITUÍDA**

Dissertação apresentada no Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento.

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Eniz C. Oliveira

Coorientador: Dr. Adalberto Schnorenberger

Lajeado, dezembro de 2011

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Eniz Conceição Oliveira, pela disponibilidade, atenção e orientação no andamento da pesquisa.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Adalberto Schnorenberger, pelo apoio e orientação dos rumos dos trabalhos.

À minha família, pelo longo tempo que fiquei ausente em função dos estudos e pesquisa para este trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, pela colaboração e apoio com referências usadas na elaboração desta pesquisa (Gilberto Bulling, Armin Aurich, Rui Santos, Cássio Bartz, Luciene Pereira, Francisco Pedroso, Ney Evangelista, Jusiane Conceição).

Ao Prof. Dr. Odorico Konrad, pelo apoio e esclarecimentos de dúvidas sobre as questões da pesquisa referentes a resíduos.

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi analisar o processo de produção de madeira reconstituída com a utilização de matérias-primas alternativas no sistema de fabricação de chapas de madeira reconstituída (*Medium Density Particleboard* - MDP) em uma empresa fabricante de painéis de madeira reconstituída. Para tanto, demonstram-se as tecnologias e os equipamentos disponíveis para a produção de MDP que podem minimizar os impactos ambientais. O trabalho buscou evidenciar a aplicação dessa matéria-prima na empresa pesquisada. Teve-se como premissas identificar as principais matérias-primas alternativas e etapas do processo de produção desenvolvido na empresa e descrever a aplicação prática da metodologia da produção de painéis de madeira reconstituída. O método utilizado apresenta caráter predominante descritivo e as técnicas na coleta e análise de dados focaram o caráter qualitativo. Foi analisado todo o processo produtivo na utilização de matérias-primas virgens e alternativas. Os resultados obtidos, além de estabelecerem um diagnóstico do processo de produção de painéis, revelando o destino e a crescente aplicação desses resíduos, retratam formas de repensar ações que contemplem a qualidade ambiental. Como consequência dos resultados obtidos tem-se uma redução de floresta plantada para a indústria com o uso de madeira reconstituída.

**Palavras-chave:** Matérias alternativas. MDP. Processo de produção.

## **ABSTRACT**

The main objective of this paper was to analyze the production process of restored wood through use of alternative raw material for the manufacture of Medium Density Particleboard (MDP) in a company manufacturer of restored wood panels. Therefore the technologies and equipment available to produce MDP which can minimize the environmental impact are displayed. This paper aimed to tell the use of this raw material in the researched company. The criteria were to identify the main alternative raw material and steps of the production process developed by the company and describe the practical application of the methodology of the production of restored wood panels. The method used presents a descriptive characteristic and the techniques in the process of gathering raw material and data analysis had a qualitative characteristic. All the productive process and in the use of virgin and alternative raw material was analyzed. Besides, as a characteristic of its proposal of integration, the obtained results, that set up a diagnose of the production process of boards where they show the destination and the growing use of these residues, show ways to rethink about the actions that complete the environmental quality. As a consequence of the obtained results there is a reduction in the planted forest to the industry of restore wood.

**Keywords:** Alternative materials. MDP. Production process.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPA	Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
Airgrade	Classificador pneumático
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
BU	Base úmida
BS	Base seca
CHIPS	Cavaco de processo
E 1	Resina com baixa emissão de formol
E 2	Resina com média emissão de formol
E 3	Resina com alta emissão de formol
<i>Ring Flaker</i>	Moinho de picagem no formato de anel
PSKM	Moinho de picagem de corte por meio de placas
OVERSIZE	Material cuja granulometria é grande demais para fabricação de painéis
UF	Ureia formaldeído
FF	<i>Finish Foil</i> (chapa revestida de baixa abrasão)
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
Ton H <sub>2</sub> O/h	Tonelada de água por hora

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produtoras de painéis no mundo .....	23
Figura 2 - Utilização de MDP na América Latina e na Europa .....	24
Figura 3 - Capacidade de MDP no Brasil .....	25
Figura 4 - Divisão do tronco de árvore .....	31
Figura 5 - Diagrama de bloco: madeira de conífera (esq.) e madeira de folhosa (dir.) .....	31
Figura 6 - Reação de formação de hidroximetilureias .....	32
Figura 7 - Representação genérica para o polímero (resina) .....	33
Figura 8 - Fluxograma da cadeia produtiva de painéis de MDP.....	36
Figura 9 - Resíduos moveleiros .....	37
Figura 10 - Resíduos de serrarias .....	38
Figura 11 - Silos para descarga de resíduos.....	38
Figura 12 - Silos de descarga e estocagem de resíduos de serraria .....	39
Figura 13 - Toras de eucalipto e a floresta de eucalipto .....	39
Figura 14 - Toras de eucalipto e a floresta de eucalipto .....	41
Figura 15 - Sistema abrasivo de descascamento .....	42
Figura 16 - Sistema abrasivo do descascamento – tipo tambor rotativo .....	42
Figura 17 - Picador a tambor Demuth .....	43

Figura 18 - Rolos com pinos para alimentação do picador .....	44
Figura 19 - Sistema de facas e contra facas dos <i>ring flakers</i> .....	44
Figura 20 - Sistema tambor rotativo .....	46
Figura 21 - Planta do secador rotativo .....	47
Figura 22 - Conjunto de peneira de classificação .....	49
Figura 23 - Classificador pneumático .....	50
Figura 24 - Segmento de moagem .....	51
Figura 25 - Moinho PSKM .....	51
Figura 26 - Fluxo de material no moinho .....	52
Figura 27 - Modelo de uma encoladeira .....	55
Figura 28 - Primeira estação formadora de superfície .....	57
Figura 29 - Segunda estação formadora de superfície .....	57
Figura 30 - Peneira de disco com rosca de alimentação .....	58
Figura 31 - Formadora tipo gaiola da camada interna .....	58
Figura 32 - Sistema de deposição de quatro fontes .....	60
Figura 33 - Pré-prensa – contiroll press .....	60
Figura 34 - Prensa Siempelkamp Contiroll .....	62
Figura 35 - Cilindros independentes e comuns .....	65
Figura 36 - Canais de aquecimento com óleo .....	65
Figura 37 - Temperatura do prato aquecido .....	66
Figura 38 - Subconjuntos das zonas de aquecimento .....	66
Figura 39 - Pratos de aquecimento de entrada do cabeçote .....	67
Figura 40 - Cabeçote de medição e exemplo de controle de espessura.....	69
Figura 41 - Esquema da determinação da densidade por meio de um medidor de espessura e uma balança .....	69
Figura 42 - Princípio e funcionamento do detector de delaminação .....	69

Figura 43 - Cabeçote de inspeção de delaminação .....	70
Figura 44 - Serras de corte longitudinal e transversal .....	70
Figura 45 - Programa da unidade de serra intervenções especiais .....	71
Figura 46 - Resfriador rotativo .....	72
Figura 47 – Lixadeira .....	74
Figura 48 - Serra de corte final das chapas .....	75
Figura 49 - Detalhe do dispositivo sugerido para submergir os corpos de prova .....	83
Figura 50 - Conjunto acoplado à máquina de ensaio e o sentido do esforço aplicado no corpo de prova .....	85
Figura 51 - Vista superior – suporte para sustentação do corpo de prova .....	85
Figura 52 - Dimensões dos blocos de tração’ .....	87
Figura 53 - Dimensões do dispositivo para prender os blocos de tração .....	87
Figura 54 - Conjunto acoplado no aparelho de tração .....	88
Figura 55 - Corpo de prova entre os dois blocos metálicos formando um conjunto .....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificação da Resina UF .....	34
Tabela 2 - Variáveis de produção de painéis de madeira reconstituída .....	77
Tabela 3 - Norma ABNT NBR 14810 .....	78
Tabela 4 - Teste de densidade para o material de resíduos .....	92
Tabela 5 - Teste de densidade para o material proveniente de resíduos alternativos e toras .....	93
Tabela 6 - Teste de flexão - material proveniente de toras .....	94
Tabela 7 - Teste de flexão - teste de material proveniente de resíduos alternativos e toras .....	94
Tabela 8 - Teste de inchamento e absorção - material proveniente de toras .....	95
Tabela 9 - Resultados do teste de inchamento e absorção de material proveniente de resíduos alternativos e toras .....	96
Tabela 10 - Resultado do teste de resistência superficial - material proveniente de toras .....	96
Tabela 11 - Resultados do teste de resistência superficial - material proveniente de resíduos alternativos e toras .....	97
Tabela 12 - Resultados do teste de resistência tração - material proveniente de toras .....	98
Tabela 13 – Resultados do teste de resistência tração - material proveniente de resíduo alternativo e toras .....	98
Tabela 14 - Teste de unidade residual - material proveniente de toras .....	99

Tabela 15 – Resultados do teste de umidade residual - material proveniente de resíduo alternativo e toras .....	100
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO</b> .....	15
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	17
3.1 Objetivo geral .....	17
3.2 Objetivos específicos .....	17
<b>4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO</b> .....	18
<b>5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
5.1 Processo de produção .....	19
5.2 Madeira aglomerada .....	20
5.3 Painéis de madeira reconstituída no Brasil .....	24
5.4 Principais matérias-primas para painéis .....	25
5.5 Resíduos .....	26
5.6 Modelo de gestão de floresta .....	27
5.7 Modelo de gestão de biodiversidade .....	28
5.8 Gestão ambiental .....	29
5.9 As políticas ambientais e a sustentabilidade .....	29
5.10 Madeira .....	30
5.11 Resina .....	32
5.12 Emulsão de parafina .....	34
5.13 Catalisador .....	35
<b>6 DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b> .....	36
6.1 Matéria-prima e geração de partículas .....	37
6.2 Tambor descascador .....	42
6.3 Picadores .....	42
6.4 <i>Ring Flakers</i> .....	45
6.5 Silos úmidos .....	45
6.6 Secadores .....	45
6.7 Silo seco .....	47
6.8 Classificação de partículas (peneiras) .....	47
6.9 <i>Airgrade</i> .....	49

6.10 Silos dos moinhos (oversize) .....	50
6.11 Moinhos .....	51
6.12 Classificação de particular .....	52
6.13 Peneira de reclassificação .....	52
6.14 Silo de miolo e de superfície .....	53
6.15 Estação preparadora (dosadoras) .....	53
6.15.1 Dosagem de partículas .....	53
6.16 Encolagem .....	54
6.17 Estações formadoras .....	56
6.18 Pré-prensa .....	60
6.19 Prensa .....	61
6.20 Estágios .....	63
6.20.1 Aquecimento .....	65
6.21 Cabeçote de alimentação .....	66
6.22 Massa da placa .....	67
6.23 Verificação de espessura e delaminação (bolhas) e controle de densidade .....	68
6.24 Cortes longitudinal e transversal .....	70
6.24.1 Corte das chapas .....	71
6.25 Aclimatização – inspeção – depósito e expedição .....	71
6.25.1 Considerações sobre o processo .....	71
6.26 Lixadeira e calibração .....	73
6.26.1 Lixa em forma de correia .....	73
6.27 Corte final .....	74
6.28 Empacotamento .....	75
<b>7 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>76</b>
7.1 Metodologia .....	76
7.2 Matéria-prima .....	77
7.3 Variáveis de produção dos painéis .....	77
7.4 Variáveis da produção dos painéis com resíduos provenientes de toras e resíduos alternativos .....	78
7.5 Determinação das propriedades físico-mecânicas dos painéis .....	78
7.6 Métodos e resultados dos corpos de prova .....	79
7.6.1 Densidade .....	79
7.6.2 Flexão .....	79
7.6.3 Inchamento e absorção de água .....	81
7.6.4 Resistência superficial .....	83
7.6.5 Tração perpendicular .....	85
7.6.6 Umidade residual .....	88
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>92</b>
8.1 Densidade .....	92
8.2 Flexão .....	94
8.3 Inchamento e absorção .....	95
8.4 Resistência superficial .....	96
8.5 Tração perpendicular .....	98
8.6 Umidade residual .....	99
<b>9 CONCLUSÃO .....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>103</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é inerente às atividades humanas desde os primórdios dos tempos. Vem aumentando em termos de quantidade e de complexidade na medida em que o homem evolui em cultura e tecnologia. Nunca, no entanto, o homem produziu tantos dejetos como no século XX e jamais teve tantos problemas, aos quais precisa apresentar soluções.

O volume de resíduos com que a humanidade tem que conviver é resultado também de novos padrões culturais impostos pela sociedade industrial. Os padrões de consumo apontam para uma situação extremamente grave. O volume de matéria-prima e recursos naturais que são consumidos pelo setor produtivo para atender as demandas existentes não encontram uma correlação com o sistema, não verificando ganhos na sociedade nem encontrando meios de repor o equilíbrio ambiental perdido pela espoliação de recursos naturais.

Diante desse contexto, as empresas, para a tomada de decisões, têm que se basear em diagnósticos que as auxiliam na busca de ações necessárias e eficientes para minimizar os problemas. É o caso, por exemplo, da redução de resíduos gerados e da substituição de matérias-primas virgens por matérias-primas alternativas recicláveis, os quais vêm sendo um desafio constante para as empresas tanto no campo da pesquisa quanto no da tecnologia.

A indústria de painéis de madeira reconstituída, um setor crescente em nossa economia, tem como principal fonte de matéria-prima a madeira derivada de eucalipto e pínus. Esses painéis, conforme Schneider (1993) apresentam elevada

importância, devido à diversidade de sua aplicação na indústria moveleira, que é o consumidor principal.

Nesse setor, a madeira representa a principal matéria-prima consumida, tornando-se necessários não somente o aumento de áreas de plantio com espécies de rápido crescimento, mas alternativas que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa para suprir as necessidades da indústria de painéis de madeira reconstituída, bem como contemplar a relação indústria e meio ambiente.

## 2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo aborda as principais etapas de aplicação prática do processo de utilização de matérias-primas virgens e alternativas na fabricação de painéis de madeira reconstituída (*Medium Density Particleboard* - MDP). A Empresa pesquisada passou a investir em novas tecnologias a partir de meados de 2009. Realizou parcerias com empresas geradoras de matérias-primas alternativas, tais como: cavacos de madeira serrada por meio do desdobro ou de resíduos moveleiros, sendo essas empresas geradoras de resíduos também responsáveis por uma parcela significativa dos impactos ambientais.

A pesquisa foi realizada num sistema de produção contínuo. O equipamento possui dimensões maiores e alta capacidade de produção. Por isso, os primeiros lotes produzidos foram com cavaco proveniente de tora. À medida que as receitas de fabricação eram homologadas, e a qualidade do produto final aprovado, foram sendo introduzidos na produção os materiais alternativos, inicialmente de cavaco (*pinchip*) e depois da serragem. Com a entrada desses materiais não houve redução na qualidade. Assim, passou-se a introduzir os outros materiais alternativos. Considerando a tecnologia atual, no início da pesquisa era imprevisível informar o impacto que o uso de material alternativo poderia gerar na qualidade do produto.

O estudo restringe-se à avaliação do nível de satisfação dos resultados obtidos pela empresa para incorporação de resíduos alternativos na fabricação de madeira reconstituída. Do ponto de vista acadêmico, apresenta-se como uma oportunidade de aplicar os conceitos e o aprendizado construído durante o curso de Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento. Para os pesquisadores da área

ambiental, a pesquisa poderá contribuir na medida em que esta permitir futuras reflexões relacionadas ao Ambiente e Desenvolvimento.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

- Analisar o processo de produção de madeira reconstituída com a utilização de matérias-primas alternativas na indústria de painéis de madeira reconstituída.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Descrever o processo e a utilização das matérias alternativas;
- Apresentar a tecnologia de processo de produção para matérias alternativas;
- Avaliar as propriedades físico-mecânicas dos painéis produzidos com matéria-prima convencional (toras) e alternativas (resíduos de madeira).

## 4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Este estudo, apresenta soluções aplicáveis para utilização de matérias-primas alternativas, suprindo as necessidades e mudanças que o mercado, nas suas rápidas evoluções, exige do comportamento da indústria de painéis de madeira reconstituída. As mudanças de mercado e também a evolução do conhecimento científico e tecnológico precisam ser introduzidas nestas indústrias. Só a capacidade de gerenciar esses processos de mudanças permitirá que as empresas absorvam as novas tecnologias com segurança e dinamismo.

Diante desse contexto, desde 2009, quando foi implantada na Empresa foco deste estudo a utilização de matérias-primas alternativas, esse cenário começou a se modificar. Inicialmente houve grande reestruturação tecnológica. Foi aplicada uma bateria de testes. Iniciou-se então a padronização de processo. Começava, naquele momento, a ser difundida a estratégia da empresa em longo prazo.

A empresa atingiu a liderança no setor de soluções de painéis de madeira aglomerada para o mercado moveleiro. Foi pioneira ao criar painéis revestidos com matérias-primas alternativas. Também foi primeira a obter a certificação NBR ISO 9001:2000 no setor, o que vem a consolidar a eficácia do sistema de gestão.

Essa condição é característica da era atual, em que, empresas até então aparentemente inexpugnáveis, podem, devido às rápidas mudanças, ter sua sobrevivência ameaçada. Por as mudanças serem tão radicais e rápidas, as empresas investem muito tempo e dinheiro em pesquisas que possibilitam tomadas de decisões cada vez mais rápidas e precisas.

## **5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1 Evolução do processo de produção**

Todos os componentes do sistema, no entender de Falconi (2009), são meios com um único fim - produzir resultados. Toda melhoria deve ser conduzida dos fins para os meios, ou seja, tem-se que primeiro estabelecer os resultados prioritários a serem melhorados e depois, em função disso, verificam-se quais são os meios prioritários a serem alterados de forma a garantir o resultado.

As organizações sempre têm melhorias a fazer conforme Falconi (2009) observa-se que todos os componentes do sistema são meios e que o único fim é produzir resultados. Toda melhoria deve ser conduzida dos fins para os meios, ou seja, temos que inicialmente estabelecer os resultados prioritários a serem melhorados e depois, em função disto, descobrir quais são os meios prioritários a serem alterados de forma a garantir os resultados objetivados.

Para Falconi (2009), as melhorias dentro de uma organização devem ser vista de forma adaptativa quando reage às mudanças ou agressiva quando ele mesmo provoca as mudanças e se antecipa. Onde todos devem estar sempre se preparando para fazer movimentos de melhorias.

Em uma empresa, salienta Fusco (2007), a área de produção é a que mais sofre pressões para as transformações e está sempre gerando inovações, decorrentes da concorrência, que se apresenta cada vez mais dinâmica, e os desafios impostos pelo mercado.

A empresa que continuamente busca aperfeiçoar seus resultados por meio das pessoas é formadora de grande acúmulo de conhecimento e deve administrar de modo que possa utilizar este conhecimento de uma forma proveitosa em seu benefício, aponta Fusco (2007).

Conforme Falconi (2009, p. 126), existe uma correlação direta entre o conhecimento praticado na empresa e o nível de resultado atingido, pois:

Uma empresa é um mundo infinito de possibilidades. Existe hoje uma quantidade de conhecimentos que está muito à frente do que é praticado mesmo nas melhores empresas. Por mais que eu queira desenvolver as pessoas da empresa e correr para aprender e aplicar todas as coisas, o mundo da tecnologia tem andado mais rapidamente.

Para Brocka e Brocka (1994), o gerenciamento tem por finalidade melhorar continuamente a produtividade em cada nível de operação e em cada área funcional de uma organização utilizando todos os recursos financeiros e humanos disponíveis. A melhoria é direcionada para satisfazer objetivos amplos, tais como custo, qualidade, visão de mercado, planejamento e crescimento da empresa.

## **5.2 Madeira reconstituída**

Maloney (1993) destaca que o trabalho inicial sobre painéis de madeira reconstituída foi publicada em 1887 por Ernst Hubbard descrevendo a utilização de serragem e albumina de sangue, através de aplicação de calor e pressão. Sendo que a patente alemã foi obtida em 1889, por Krammer para o método de colagem de maravalha e juntamente com um pano de linho disposto em camadas num sistema cruzado mesmo sistema de montagem do compensado. Em 1905 foi mencionado nos Estados Unidos por Watson a aplicação de partículas de madeira para a formação de painéis.

Maloney (1993) acrescenta que foi proposto em 1932 por Carson a primeira linha de produção de painéis de madeira reconstituída, onde o mesmo foi agraciado com uma patente onde se propôs a utilizar serragem com umidade aproximadamente de 12% impregnada com fungicida e produto retardante do

fogo.

Maloney (1993) observa que a madeira aglomerada é um painel produzido de material lignocelulósico (geralmente madeira) formado de pequenas partículas de fibras combinadas com resina sintética ou outro adesivo adequado, aglutinados e colados por meio de pressão e temperatura em prensa quente.

Maloney (1993) destaca que as propriedades da composição das chapas incluem solidez, capacidade de fixação, reação à absorção de água, reação à mudança, condições de umidade e mudanças causadas pela exposição a diversas condições climáticas. Todas essas propriedades são importantes para determinar a qualidade do produto e a aceitação do consumidor.

Acrescenta a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira - Abipa (2011) que esses painéis são atualmente produzidos no Brasil com madeiras de cultivos florestais sustentáveis de pinus e eucaliptos. Por isso é um produto ecologicamente correto. As florestas plantadas permitem o uso da madeira em larga escala, reduzindo assim a pressão sobre as florestas nativas.

A Abipa (2011) explica que, na formação das chapas, as partículas do MDP são posicionadas de forma diferenciada, com as maiores dispostas ao centro e as mais finas nas superfícies externas, formando três camadas. São aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética por meio da ação conjunta de pressão e do calor em prensa contínua de última geração. É o resultado da evolução da tecnologia de prensas contínuas e pertence à nova geração de painéis de partículas de média densidade.

Maloney (1993) lembra que o conceito de madeira aglomerada tem centenas de anos de idade, mas sua exploração comercial ocorre há apenas cinquenta anos. Assim como a madeira aglomerada, o conceito do papel é muito antigo, mas com exploração comercial mais atual. Sintetizando, a maior parte dos materiais úteis feitos de madeira são conhecidos, ou têm conceitos aplicados, há séculos, e desenvolvimentos atuais têm sido refinamentos dos antigos costumes.

Conforme Maloney (1993), placas e produtos de construção de pequenas partículas ou fibra são de origem histórica muito recente, porém madeira é o material

de construção mais antigo conhecido pelo homem, além da possível exceção da pedra. Os registros históricos apontam troncos de madeira como os produtos mais antigos utilizados em construção. Diferentes tipos de matéria-prima derivada de madeira são usados na composição da chapa, variando de troncos a serragem. Mesmo antigas caixas de madeira são usadas como matéria-prima em alguns países e resíduos agrícolas como linho ou bagaços de frutas são importantes em várias partes do mundo. Uma vasta gama de tipos de partículas com geometria variada pode ser gerada a partir de resíduos ou de madeira sólida, seja aplicada diretamente no processo de fabricação da chapa ou como partículas prontas a serem utilizadas, como plainas de corte. Os tipos de partícula e os gastos associados a sua produção são fatores significativos no custo da manufatura da chapa, observa o autor.

Para Maloney (1993), cada tipo de partícula, sua geometria inerente e combinações de várias partículas têm efeitos profundos na qualidade da chapa. Madeiras moles são usadas predominantemente, mas madeiras duras podem também ser usadas com sucesso. Observa o autor que as partículas são de tamanhos controlados por meio de passagem em peneiras ou classificadores pneumáticos, de modo que o colchão resultante possa ser formado de camadas de partículas grandes no miolo e de partículas mais finas na superfície.

Conforme Maloney (1993), esse arranjo produz chapas com superfícies lisas que podem ser acabadas com larga faixa de materiais decorativos. Diferentes categorias de aglomerados são obtidas pela variação no tamanho das partículas, sua distribuição, tipo e quantidade de resina e condições de prensagem. Os aglomerados de madeiras são usados predominantemente na indústria de móveis, tendo densidade geralmente na faixa de 550 a 750 kg/m<sup>3</sup>.

As principais indústrias produtoras de painéis de madeira reconstituída do mundo estão apresentadas na Figura 1, com destaque no Brasil para a empresa Duratex.

Empresa	País	Capacidade em '000 m3/ano
1 Kronospan	Áustria	14.825
2 Sonae Industria	Portugal	7.455
3 Pfeiderer	Alemaha	7.200
4 Swiss Krono Group	Suíça	5.650
5 Egger	Áustria	5.630
6 Louisiana-Pacific	EUA	5.575
<b>7  DURATEX</b>	<b>BRASIL</b>	<b>5.300</b>
8 Norbord	Canadá	4.940
9 Finsa	Espanha	3.470
10 Masisa	Chile	3.100

Figura 1 - Produtoras de painéis no mundo.

Fonte: ABIPA (2011)

A evolução do processo tecnológico com uso de prensas contínuas, modernos classificadores de partículas, resinas de última geração e complexos *softwares* de controle de processo resultaram num aprimoramento do painel ofertado ao mercado. A modernização do processo permite perfeita distribuição das camadas de partículas de madeira resultando um painel com maior homogeneidade e estabilidade ABIPA (2011).

A Figura 2 apresenta a utilização de MDP na América Latina e na Europa.

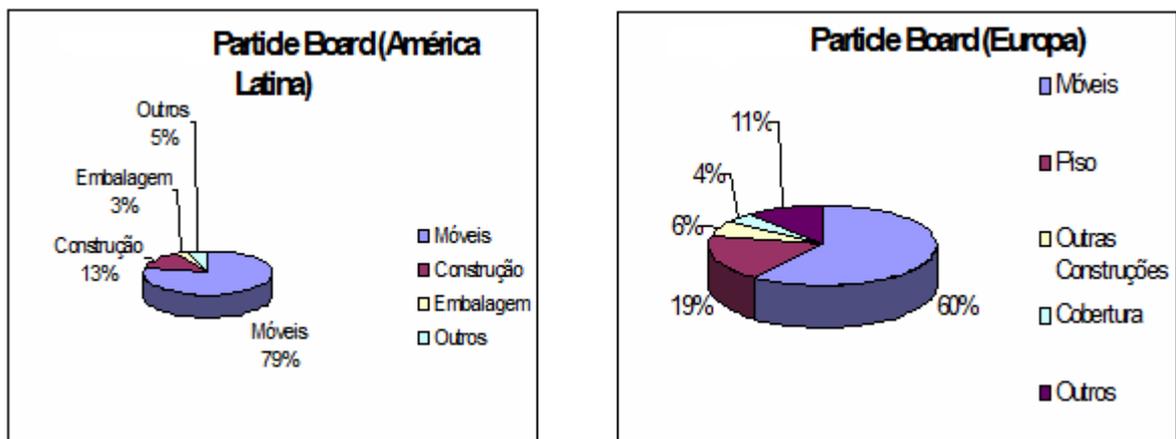


Figura 2 – Utilização de MDP na América Latina e na Europa

Fonte: ABIPA (2011)

### 5.3 Painéis de madeira reconstituída no Brasil

As empresas associadas à ABIPA geram 30 mil postos de trabalho por ano. São empresas de grande porte e seus escritórios e fábricas estão localizados nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Em 2010, a produção brasileira da indústria de painéis alcançou 6,4 milhões de metros cúbicos (ABIPA, 2011).

Conforme essa associação, o Brasil encontra-se entre os melhores fabricantes do mundo de painéis de madeira reconstituída. Está na frente com maior volume de fábricas de última geração. No país são constantes os investimentos em tecnologia e automação. As empresas atuais são versáteis, com modernos parques industriais, atualização tecnológica de suas plantas, implantação de linhas contínuas de produção e novos processos de impressão, de impregnação, de revestimento e de pintura.

Abipa (2011) explica encontra-se no Brasil, modernos e avançados parques fabris com sistema de produção de última geração. Sendo um dos maiores investidores em sistemas contínuos e automação tecnológicas, com empresas versáteis em sistema contínuo de impressão e impregnação.

Carnos (1988) salienta que a indústria de madeira aglomerada do Brasil tornou-se um parque industrial representativo que produz matéria-prima de elevada qualidade. Houve um desenvolvimento e aperfeiçoamento na indústria moveleira, em que se travou uma positiva competição entre os fabricantes de móveis em termos de qualidade e de custos que, por sua vez, refletiu nos produtores de madeira aglomerada. A Figura 3 apresenta as capacidades nominal e instalada no Brasil de MDP.

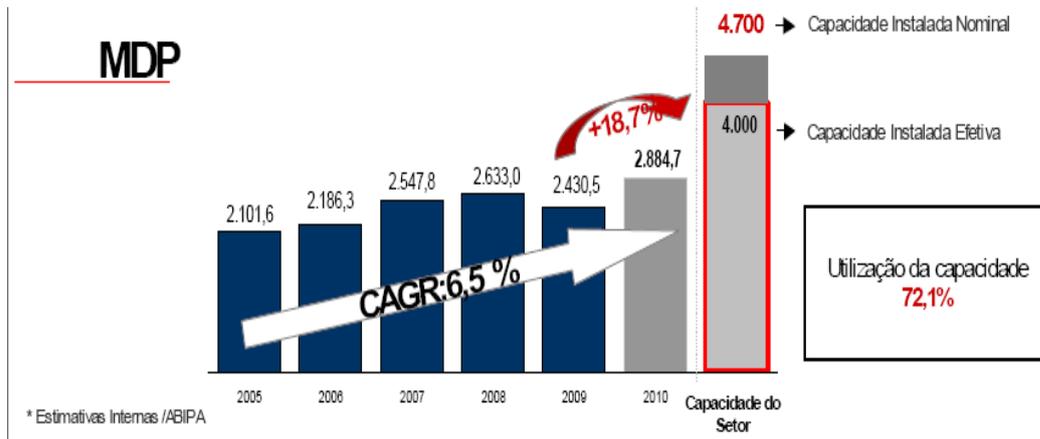


Figura 3 – Capacidade de MDP no Brasil

Fonte: ABIPA (2011)

Também Buainain (2007) assinala que a indústria de painéis de madeira no Brasil vem mantendo forte expansão. As indústrias são modernizadas com ampliações de suas unidades. Em 2000 o país atingiu 2,7 milhões de m<sup>3</sup> de MDP, passando para 3,9 milhões de m<sup>3</sup> no ano de 2004.

#### 5.4 Principais matérias-primas para painéis

Maloney (1993) explica que as principais matérias-primas para fabricação de madeiras reconstituídas são: toras de madeira, rejeitos de madeira serrada, serragem de corte de serra, aparas, resíduos de processamento de madeira, serragem seca derivada de cores e usinagem das madeiras, resíduos de compensados (aparas, pó de lixamento), lâminas de madeira serrada (seca).

Iwakiri (2005) lista como os principais componentes utilizados na composição de painéis de madeira aglomerada: madeira, resina e catalisador. Observa que também são utilizadas outras matérias-primas, como emulsão de parafina, retardante de fogo, produtos que preservam a madeira dos fungos e insetos.

## 5.5 Resíduos

Uma das fontes geradoras de resíduos são as indústrias de base florestal, que produzem volume significativo durante as fases operacionais, desde a exploração florestal até o produto final. De acordo com Brito (1995), considerando as indústrias que compõem a cadeia produtiva madeira serrada, lâminas e compensados, mostram geração de um volume significativo de resíduos, costaneiras, refilos, aparas, cascas, serragem, cepilhos ou maravalhas etc., que alcançou a ordem de 19.250.000 m<sup>3</sup>/ano, representando 50,7% do volume original de toras. O aproveitamento desses resíduos para produção de painéis de madeira reconstituída seria uma das alternativas, no sentido de se obter um produto de maior valor agregado.

Para Fagundes (2003), o aproveitamento de resíduos de madeira provindos de serrarias vem sendo analisado por empresas produtoras, em função do provimento de madeira, acompanhado de análises que mantenham a qualidade, tais como classificação por espécie, idade da tora, seleção de tipos e armazenagem. Embora a grande maioria dos resíduos seja utilizada como matéria alternativa no processo de produção de madeiras reconstituídas, exige-se que seja um resíduo classificado, necessitando, para isso, que a serraria desenvolva tecnologias para que consiga desdobrar a madeira sem a casca.

Brito (1995) assinala que o resíduo de madeira tem sua maior aplicação na geração de energia, não contribuindo na disposição logística das serrarias e laminadoras brasileiras para a coleta e o transporte. A geração de resíduos de madeira, em uma distância satisfatória das fábricas, deve ser visto como uma fonte de matéria-prima complementar de baixo custo para a fabricação de madeira reconstituída.

Olandoski (1998) explica que o sistema de desdobro da madeira de pínus difere do sistema de corte das madeiras nativas, devido sua forma e dimensões, gerando baixo rendimento e proporcionando muitos resíduos, que geralmente não são aproveitados.

Toda madeira proveniente de florestas e processada em serrarias tem um aproveitamento de aproximadamente 45% o restante desta madeira é transformado em resíduos (AYALA et al., 2003).

Para Fagundes (2003), a formação de resíduos nas serrarias do Estado do Rio Grande do Sul aproxima-se de 35% a 45% para *pínus* e entre 40% e 50% para as serrarias de eucalipto.

Para Smith (1997), o desafio da utilização de resíduos de madeira para fabricação de madeira aglomerada está nos contaminantes que podem aparecer, porém pode ser retirados antes do material ser moído e passado nas peneiras e moinho, onde devem ser controlados a geometria, a densidade e o teor da umidade.

Conforme Tales (2002), a gestão de resíduos é preocupação ambiental em todos os países. A redução da geração de resíduos é o principal objetivo para a estratégia de desenvolvimento sustentável, que pode ser atingido por meio da reciclagem ou recuperação e prática de métodos de produção.

Os resíduos da indústria moveleira diferem dos outros resíduos principalmente por apresentarem maior variedade de matéria-prima, ou seja, enquanto nas serrarias encontram-se resíduos de madeira serrada, nas indústrias moveleiras há resíduos de aglomerado, compensado e chapas de fibras de média densidade. Considerando que existe também grande variabilidade na forma e na dimensão dos resíduos, essa combinação de fatores variáveis, matéria-prima, dimensão e formas, acaba por refletir nas possibilidades de sua utilização e na qualidade final dos produtos obtidos (HILLING, 2004).

## **5.6 Modelo de gestão de floresta**

Os modelos para gestão da exploração madeireira, da mesma forma que os outros modelos para recursos renováveis, partem da ideia central de que a dinâmica de crescimento do estoque do recurso é determinada pelo seu ritmo biológico, porém os recursos estão submetidos a uma pressão humana que é representada pela exploração econômica, esclarece May (2003).

Junior (2006) coloca que os modelos de gestão ambiental iniciaram na década de 1970 devido à necessidade de melhorias ambientais. No período surgiram os manuais florestais e utilizados em vários locais do mundo e criados procedimentos e auditorias corporativas. Esse modelo continuou até 1980 sendo utilizado como controle de fim de linha.

Conforme Tales (2002), florestas fazem parte do ecossistema da terra. Contribuem no fornecimento de madeira, área de lazer, regulador do solo, do ar e da água. São reservatórios de biodiversidade e atuam como sumidouros de carbono.

Leão (2000) explica que, nos últimos anos, são inúmeros os esforços para repor as florestas segundo a Organização das Nações Unidas. As matas sempre foram muito exploradas e destruídas devido ao progresso, mas nunca num ritmo tão avassalador como nos últimos tempos, que representa uma pequena fração da história humana, se comparada às anteriores. É de nosso conhecimento que na pré-história 80% do continente europeu era coberto de florestas, nos Estados Unidos a cobertura vegetal primitiva era de aproximadamente de 30%, atualmente tem-se somente 1%, excluindo o Alaska. Com esses fatos passou-se a reconhecer que as florestas são um importante recurso renovável.

## **5.7 Modelo de gestão de biodiversidade**

Como uma extensão da teoria dos recursos renováveis, o modelo de gestão da biodiversidade enfoca o problema da extinção das espécies – os recursos florestais não madeireiros, as espécies animais e vegetais, entre outros. A ameaça ocorre quando o acesso a um recurso natural não é regulado, isto é, faz parte da categoria dos bens livres. Neste caso, serão os preços do produto e o custo de extração os determinantes da pressão exercida sobre a espécie, salienta May (2003).

Para Brito (2000), a preocupação maior da comunidade internacional é com a perda da biodiversidade em todo o planeta. Mais intenso nos trópicos foi uma das razões apontadas como responsável pelo expressivo aumento do número de áreas naturais protegidas estabelecidas em países em desenvolvimento. Nas palavras

deste autor:

Em 1991 iniciaram-se as negociações formais entre os países, que culminaram com a realização, em 1992, da 'Conferência da Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento' (UNCED - *United Nations Conference on Environment and Development*), também conhecida como 'Cúpula da Terra' (*Earth Summit*) ou RIO 92 (McConnell, 1996). Como produto dessa Conferência foram assinados cinco documentos, direta ou indiretamente relacionados com a proteção e conservação da biodiversidade em nível global, a saber: Convenção sobre Biodiversidade (CDB); Convenção sobre Mudanças do Clima; Agenda 21; Princípios para Administração Sustentável das Florestas; Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Com relação à Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), podem ser destacados os seguintes princípios norteadores (Dias, 1996; Glowka, 1996): a diversidade biológica deve ser conservada; a utilização dos recursos genéticos deve se dar de maneira sustentável; os benefícios advindos da utilização dos recursos genéticos devem ser repartidos de modo justo e equitativo (AMARAL, 2010, p. 1).

## 5.8 Gestão ambiental

Na visão de Viterbo Junior (1998), é prioridade adequar os tratamentos aos resíduos gerados de processos produtivos, serviços de empresas em que a “Gestão Ambiental” seja o conceito de desenvolvimento sustentável. É necessário eliminar os resíduos no momento de geração no final do processo.

Vieira (2006) ressalta que o meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito assegurado pela Constituição Federal, na qual foi definido que o meio ambiente é um bem público de uso geral. Não sendo objeto de propriedade privada ou estadual e contrária ao interesse público, a apropriação de bens ambientais pelo Estado ou por empresas privadas não impossibilita o uso pela coletividade.

## 5.9 As políticas ambientais e a sustentabilidade.

Para Klink (2001) a sustentabilidade é definida como ampla, onde possa abranger o crescimento e o desenvolvimento econômico através da conservação ambiental. Nota-se que podem coexistir benefícios e bens de serviços gerados pelo crescimento econômico.

No entender de Suassuma (2007), a sustentabilidade ambiental abrange desde o uso da criatividade a possíveis limitações de mortificar combustíveis fósseis,

por produtos renováveis com intensificação de pesquisa, por meio da existência de leis e atos administrativos com o objetivo do cumprimento da proteção ambiental.

Segundo Pereira (2000), a sustentabilidade definida como um fruto da prática de política voltada ao desenvolvimento sustentável, ou seja, uma sociedade que harmoniosamente integra o sociopolítico, o econômico e o ambiental, apesar de ser um ideal, talvez uma utopia, é uma meta que pode ser buscada. Em outras palavras, talvez não seja possível viver a sustentabilidade. Para isso, são necessários o desenvolvimento comunitário democrático e o acesso à informação organizada - tudo isso a partir de um profundo respeito à natureza.

No entender Klink (2001), a sustentabilidade necessita de perspectivas de longo prazo, sendo que para tirar proveito dos ecossistemas e recursos naturais deverão ser utilizados de maneira planejada sem que venha comprometer as gerações futuras, não devendo ultrapassar a capacidade de suporte do ambiente, valorizar os bens e serviços prestados para recuperação do ecossistema devido à degradação do meio ambiente.

### **5.10 Madeira**

Conforme Otero (1981), madeira é a principal matéria-prima no processo de produção de aglomerado. Por isso, apresenta-se agora o conhecimento de algumas de suas características. Os vegetais podem ser divididos em angiospermas, também conhecidos como folhosas, e gimnospermas, as coníferas. Na produção de aglomerado, podem-se utilizar indistintamente as angiospermas (p.e. eucalipto) ou gimnospermas (p. e. pinus).

Na Figura 4, Otero (1981) descreve a estrutura do tronco de uma árvore. Nela ele a subdivide em: casca, floema, câmbio, albúrnio, cerne e medula. Cada uma dessas subdivisões possui funções específicas:

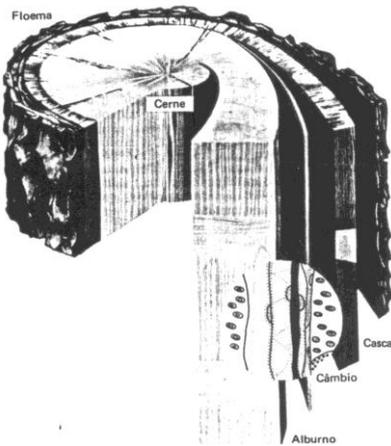
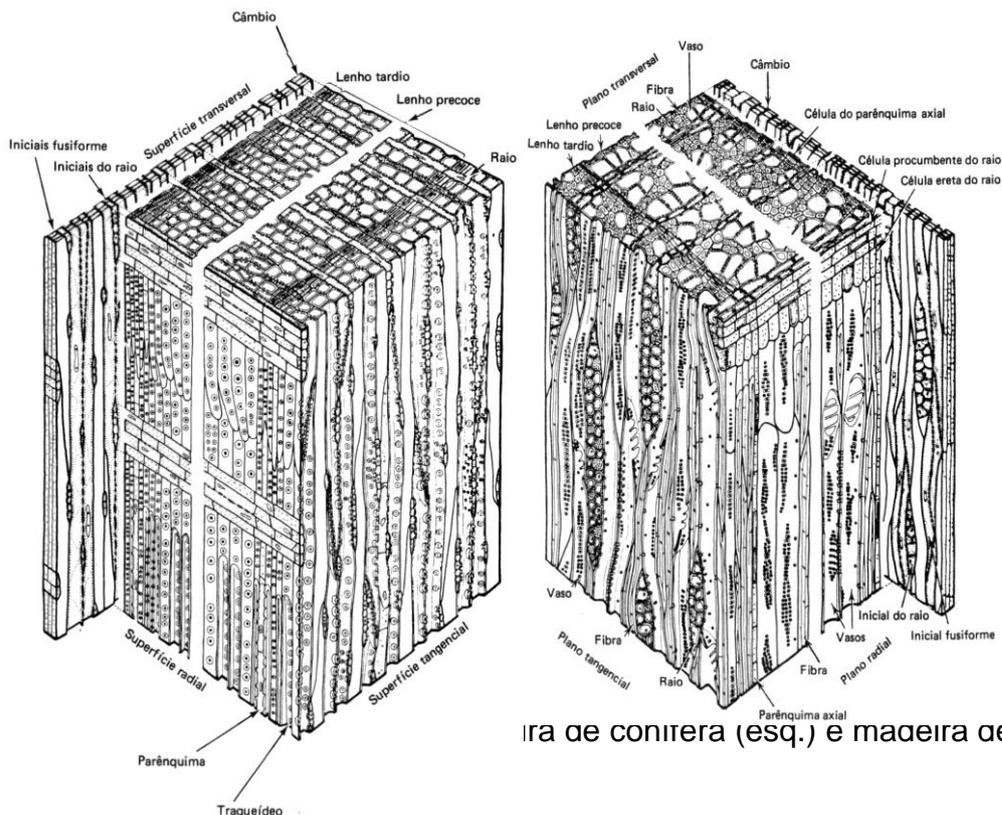


Figura 4 - Divisão do tronco de árvore

Fonte: Otero (1981)

Além da estrutura, o tronco possui características anatômicas, tais como organização celular e funcional dos diversos tipos de células, conforme mostra a Figura 5:



Carnos (1988) vê a madeira como um corpo composto de células e de espaço vazio entre elas. As espécies mais procuradas para a produção de madeira aglomerada são as coníferas, as madeiras leves de árvores foliadas, madeira de

peso médio de árvore foliada. As mais utilizadas são eucalipto, pínus e acácia.

Conforme Hillig (2004), a madeira reconstituída é fabricada a partir de toras com diâmetros e densidade menores. Com o consumo crescente de madeira e o crescimento lento das árvores, as indústrias têm utilizado toras com diâmetros ainda menores que o padrão considerado normal.

## 5.11 Resina

Para Otero (1981), as resinas sintéticas foram o principal fator de desenvolvimento das indústrias de chapas de madeira, visto que antes eram utilizadas resinas naturais, cuja aplicação não é satisfatória. As resinas sintéticas possuem alguns subtipos, entre elas ureia/formaldeído, fenol/formaldeído, melamina/formaldeído e poli-isocianato. Dentro da indústria de chapas, o principal tipo é a ureia/formaldeído (UF), que resulta de reações químicas entre ureia e formaldeído (Formol).

Kim (2000) explica que a reação química ocorre em três etapas. Na primeira acontece a hidrometilação das moléculas de formaldeído e ureia, produzindo as hidroximetilureias (Figura 6).

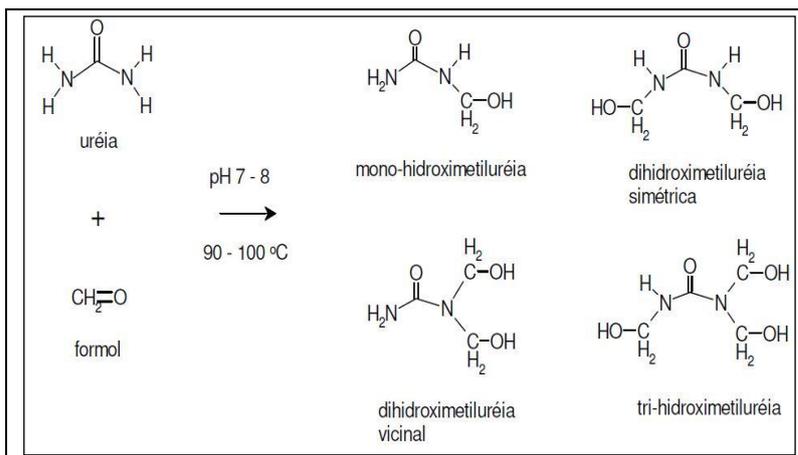


Figura 6 - Reação de formação de hidroximetilureias

Fonte: Kim (2000)

Na segunda etapa ocorre a condensação ácida com a formação do oligômero ureia-formaldeído (UF). As hidroximetilureias, ureia e formaldeído livres reagem formando cadeias lineares ou parcialmente ramificadas, que, em uma terceira etapa,

sob pH alcalino e adição de mais ureia para reagir com o formaldeído livre, produz as resinas (Figura 7), que são poli(alquilenamidas).

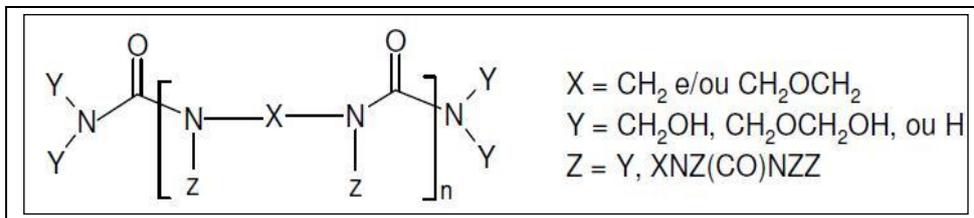


Figura 7 - Representação genérica para o polímero (resina)

Fonte: Kim (2000)

Conforme Otero (1981), existem alguns parâmetros que devem ser considerados nas resinas, sendo eles:

- tempo de estocagem – devem ser observados o ambiente e a composição da resina, visto que as resinas têm um tempo de vida útil (*shelf life*), a partir do qual tendem a iniciar o processo de cura sob determinadas condições ambientais;

- pega (*Tack*) – propriedade importante relacionada com incrustações de equipamentos e consistência do “colchão”. Pode ser realizado um teste para possibilitar o conhecimento dos tempos da resina para as seguintes condições: estágio fluído, ponto de pega, ponto de endurecimento, nível residual de pega e ponto de secagem;

- fluidez – propriedade valiosa que demonstra o quanto a resina vai resistir ao calor e à pressão, mantendo fluidez que permita o seu espalhamento na superfície das partículas, proporcionando melhor resistência mecânica ao produto final;

- *buffering* – é a tolerância ao contato com meios ácidos ou básicos sem alteração do pH. Serve como parâmetro para avaliação de condições de estocagem, ou, ainda, para prever a pré-cura da resina (cura antes do momento desejado). A cura deve ocorrer em um determinado estágio da prensagem;

- viscosidade – deve ser considerada em dois momentos, quando se recebe e armazena a resina e quando se a usa. Quando a resina tiver que ser estocada por tempos longos, esta característica deve ser acompanhada com certa frequência durante a estocagem;

- velocidade de cura (Gel Time) – demonstra o quão rápida é a cura da resina em determinada temperatura.

A Tabela 1 apresenta a Resina UF utilizada na unidade de produção de MDP:

Tabela 1 - Especificação da Resina UF

Material	Propriedade	Unidade	Especificação
Ureia Formol 66	Aspecto		Líquido viscoso Incolor ou turvo
	Visc. Brookfield a 25 °C	cP	250 – 380
	Gel Time	S	30 – 65
	pH a 25 °C		7,5 – 8,5
	Teor de sólidos	%	64 – 68
	Densidade a 25 °C	g/cm <sup>3</sup>	1,270 – 1,295
	Formol Livre	%	0,15- 0,35

Fonte: Otero (1981)

### 5.12 Emulsão de parafina

Para Otero (1981), a emulsão de parafina corresponde à substância derivada do petróleo com função de agente hidrofóbico e de estabilizador dimensional, isto é, confere ao produto acabado resistência à absorção de água e ao inchamento.

As moléculas de parafina têm caráter apolar e as de água têm caráter polar, sendo, portanto quimicamente incompatíveis. Para possibilitar a união dessas moléculas é necessário que exista um agente de duplo caráter (polar e apolar), que é chamado de agente emulgador. Um exemplo de agente emulgador é o estearato de amônio, que é formado a partir de estearina e amoníaco (OTERO, 1981)

A partir desses componentes, resumidamente o processo de produção da emulsão de parafina pode ser descrito da seguinte forma, conforme Otero (1981):

- em um tanque dotado de aquecimento (para fundir e manter a parafina fundida), adiciona-se parafina e a água.

- após a fusão da parafina, provoca-se a mistura dos dois componentes por agitação;

- adiciona-se estearina, o amoníaco, possibilitando ligação química entre a

água e a parafina, formando assim a emulsão de parafina.

Otero (1981) considera importante citar que a estabilidade da emulsão deve ser tal que, em algum momento, logo após entrar em contato com as partículas, ela deve quebrar (separar-se novamente em água e parafina), pois só dessa forma irá ocorrer a ação impermeabilizante/hidrofóbica.

### **5.13 Catalisador**

Explica Otero (1981) que o catalisador corresponde à substância química que tem como função acelerar o processo de cura da resina por meio do fornecimento de um meio ácido. Ele pode ser adicionado aos outros componentes da cola antes da sua aplicação ou misturado com a resina direto nos bicos de injeção. O catalisador mais utilizado é o Sulfato de Amônio.

Conforme Iwakiri (2005), o adesivo é um componente com um custo muito alto na produção de painéis aglomerados. Assim a quantidade a ser aplicada deve ser otimizada em função das propriedades requeridas para a finalidade a que se destina.

## 6 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O MDP é um tipo de chapa produzido a partir de partículas de toras, de resíduos de serrarias ou de outras madeiras. Nesse processo madeiras moles são usadas predominantemente; e madeiras duras podem também ser usadas com sucesso. As partículas são de tamanhos controlados por meio de passagem em peneiras ou classificadores pneumáticos, de modo que o colchão resultante possa ser formado de camadas de partículas grandes no miolo e de partículas mais finas na superfície, conforme a descrição do processo e fluxograma apresentados na Figura 8.

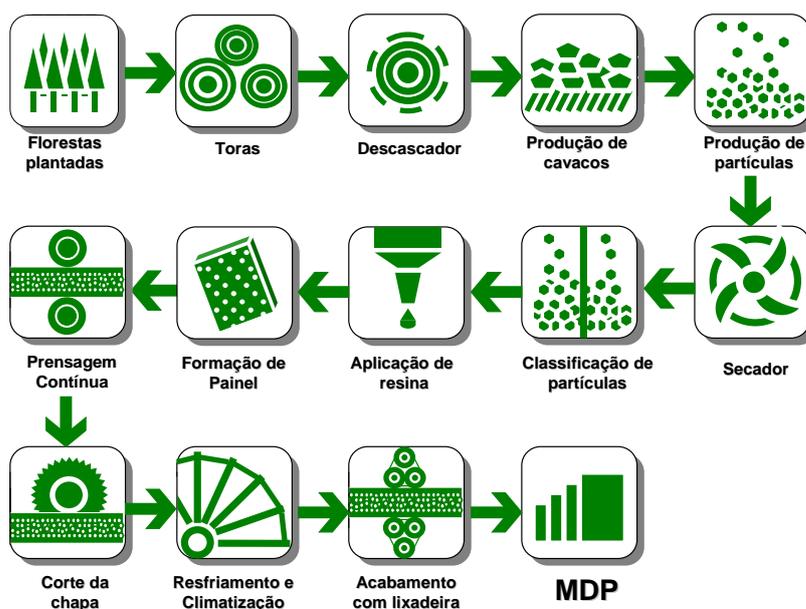


Figura 8 – Fluxograma da cadeia produtiva de painéis de MDP

Fonte: Duratex (2009)

## 6.1 Matéria-prima e geração de partículas

A matéria-prima utilizada na planta de MDP é proveniente de florestas. A madeira é fornecida em toras com casca, sendo incluídos no processo costaneiras e resíduos diversos, tais como cavacos, serragem, dentre outros resíduos moveleiros. As toras são cortadas num comprimento de seis metros e depositadas no pátio, onde é feito o controle da umidade das toras, para que possa garantir o range de umidade na entrada do secador (60 – 110 %).

As cascas de madeira são utilizadas na planta de geração de energia térmica. Os resíduos de serrarias decorrentes do corte, serragens e maravalhas, são armazenados em depósitos cobertos. Os resíduos moveiros e os resíduos florestais, como costaneiras, refilos, aparas, cascas, cepilhos, são armazenados e depois passam pela fase de exclusão de contaminantes metálicos, em que é utilizado um detector de metais. O material que está isento de metal segue a rota de abastecimento, que é feita por meio da moega aérea (sistema de transporte aéreo dos resíduos de cavacos que não estão contaminados com metais e outras impurezas), que envia o material direto para um silo chamado de zero, exclusivo de material seco.

A Figura 9 retrata os resíduos moveleiros, sobras do corte de chapas de MDP.



FIGURA 9 - Resíduos moveleiros

Fonte: Autor (2009)

A Figura 10 demonstra os tipos de resíduos de serraria utilizados na

fabricação de chapa de madeira reconstituída.



Figura 10 - Resíduos de serrarias

Fonte: Autor (2009)

A Figura 11 mostra o sistema mecânico para transporte e armazenagem de resíduos alternativos cavacos e serragens.



Figura 11 - Silos para descarga de resíduos

Fonte: Autor (2009)

Na Figura 12 visualizam-se os silos para descarga e estocagem dos resíduos de serraria.



Figura 12 – Silos de descarga e estocagem de resíduos de serraria

Fonte: Autor (2009)

A Figura 13 mostra os tipos de toras de eucalipto a floresta da qual são retiradas, matéria-prima utilizada na fabricação de madeira reconstituída.



Figura 13 - Toras de eucalipto e a floresta de eucalipto

Fonte: Autor (2010)

A linha de produção de madeira reconstituída da indústria em pesquisa, onde será descrito o processo de fabricação de madeira alternativa com a utilização de resíduos alternativos, entrou em operação no dia 25 de maio de 2009. Considerando a tecnologia atual, na época era imprevisível informar o impacto que o uso de material alternativo poderia gerar na qualidade do produto. O sistema de produção é

continuo. O equipamento possui dimensões maiores e alta capacidade de produção. Por isso, os primeiros lotes produzidos foram com cavaco proveniente de tora. À medida que as receitas de fabricação eram homologadas, e a qualidade do produto final aprovado, foram sendo introduzidos na produção os materiais alternativos, inicialmente de cavaco (*pinchip*) e depois da serragem. Com a entrada desses materiais não houve redução na qualidade. Assim, passou-se a introduzir outros materiais, como resíduo moveleiro e cavaco de pinus e acácia, todos estes abastecidos pela rota alternativa.

O sistema possui duas rotas de abastecimento, uma de toras com dimensões de seis metros e a outra de material alternativo, que pode ser cavaco de pínus, *pinchip*, serragem, resíduo moveleiro ou chapas que foram rejeitadas na saída da prensa (as rotas de abastecimentos tem a finalidade de separar o material proveniente de toras de madeira e material alternativo como resíduos moveleiro e de serraria bem como resíduos gerados na própria planta).

A rota alternativa é dividida em duas, uma de resíduos moveleiros e a outra de cavacos. A primeira é abastecida pelo repicador com pedaços de chapas oriundas do ramo moveleiro - material que é picado e enviado para o silo zero. A outra entrada de material alternativo é realizada pela moega denominada profunda. O material entra por essa rota devido à possibilidade de contaminação com materiais que possam causar prejuízos à produção de chapas, tais como pedra e ferro. Esse material entra na moega profunda e passa pelo classificador de discos, onde é removido tudo o que possa prejudicar o processo. Após o material passa pelo picador, denominado de *Ring Flaker*, sendo colocado nas dimensões (granulometria) do processo de fabricação. Percorre esse caminho devido a sua umidade estar mais alta, próxima da madeira que vem em toras (cerca de 40%). Após a picagem, o material é enviado para os silos denominados 1 e 2, junto com o material picado das toras.

O caminho da madeira bruta é feito por esteiras. Os troncos são transportados para o picador que produz o cavaco de acordo com a granulometria, para que seja picado pelos *Ring Flakers*.

O material da rota alternativa úmida une-se com os da rota de madeira de tora

e é enviado para a secagem. Entra no início do bico de pato (nome que denomina a entrada do secador que se assemelha com um bico de pato), para a pré-secagem do material. O material de baixa umidade entra depois do bico de pato, ou seja, na entrada do secador.

A Figura 14 demonstra os sistemas de geração de partículas de madeira.

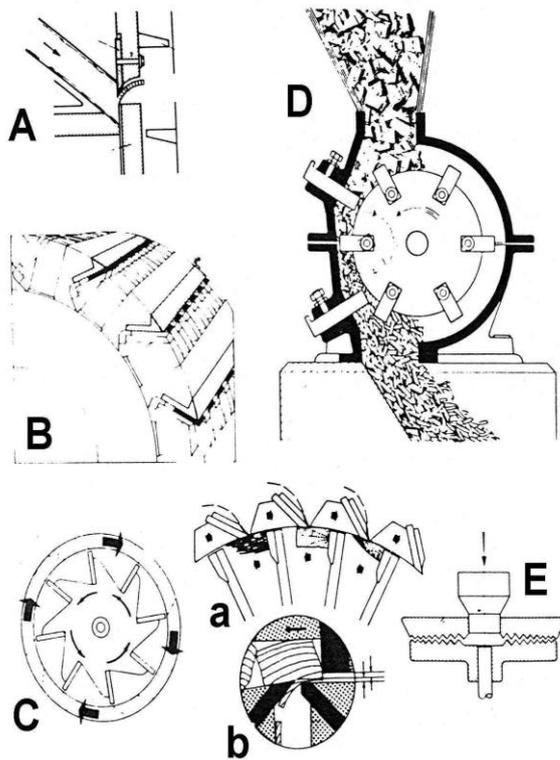


Figura 14 - Sistemas de geração de partículas

Fonte: Maloney (1993)

Legenda: sistemas de geração de partículas de madeira: (A) picador de disco; (B) picador de tambor; (C) picador de anel; (D) moinho de martelo; (E) moinho de disco.

Nesta unidade é utilizado o picador de tambor para picar e cortar toras. Para gerar cavaco de processo, é utilizado o *ring flaker*.

O moinho martelo é usado para picar resíduo moveleiro e chapas que retornam do processo, e cavaco com granulometria chamada de *oversize* (grande demais para colocar na chapa).

## 6.2 Tambor descascador

O descascador tem a função de retirar as cascas das toras. As cascas são enviadas para a planta de energia, onde são utilizadas como combustível, como retratam as Figuras 15 e 16.

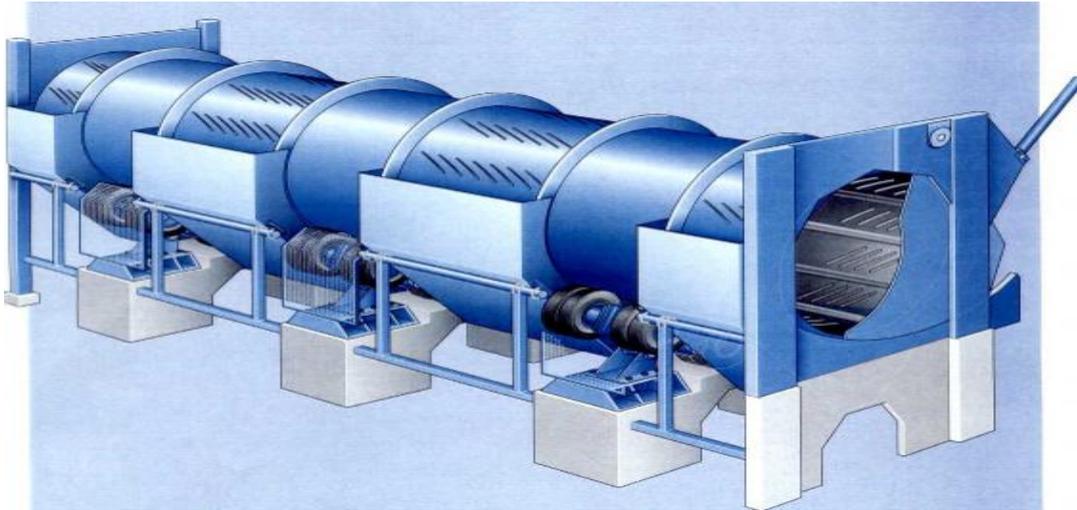


Figura 15 - Sistema abrasivo de descascamento

Fonte: Andritz (1999)

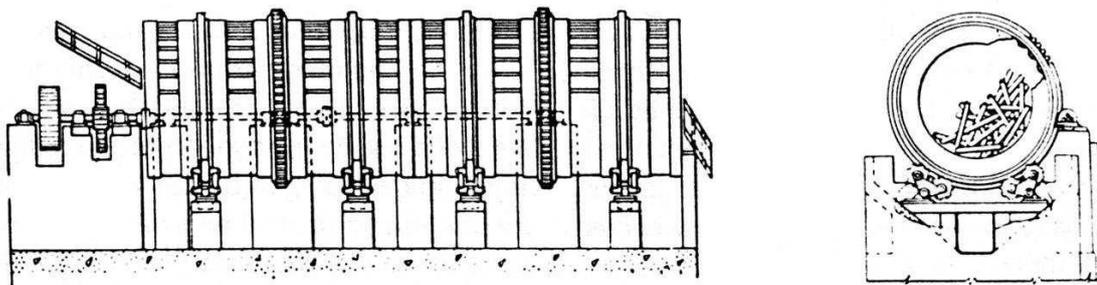


Figura 16 - Sistema abrasivo do descascamento – tipo tambor rotativo

Fonte: Tsoumis (1991)

## 6.3 Picadores

Nos picadores são feitas as primeiras diminuições no tamanho de partícula. A sua função transformar toras em *chips*. A Figura 17 traz a imagem de um picador.

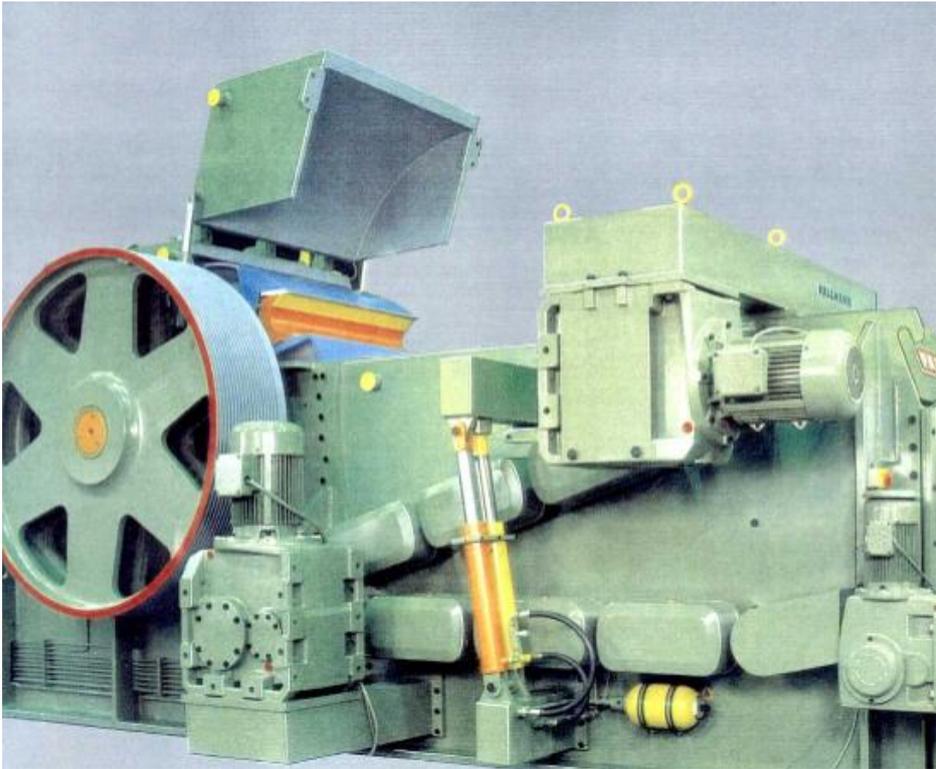


Figura17 - Picador a tambor Demuth

Fonte: Pallmann (1999)

Dentro do picador existe um rotor que é dotado de quatro facas. Essas facas são responsáveis pela transformação das toras em cavacos. O tamanho dos cavacos conseguidos é determinado pelo espaçamento entre as facas e contra facas. Esse material é enviado para o silo de *chips*. O controle do *chip* gerado no picador é feito pela medição de espessura e granulometria.

No interior do equipamento existem vários rolos com pinos, conforme mostra a Figura 18. À medida que as toras entram no picador (*Drum Chipper*), esses pinos cravam nas toras e as direcionam para dentro do picador.

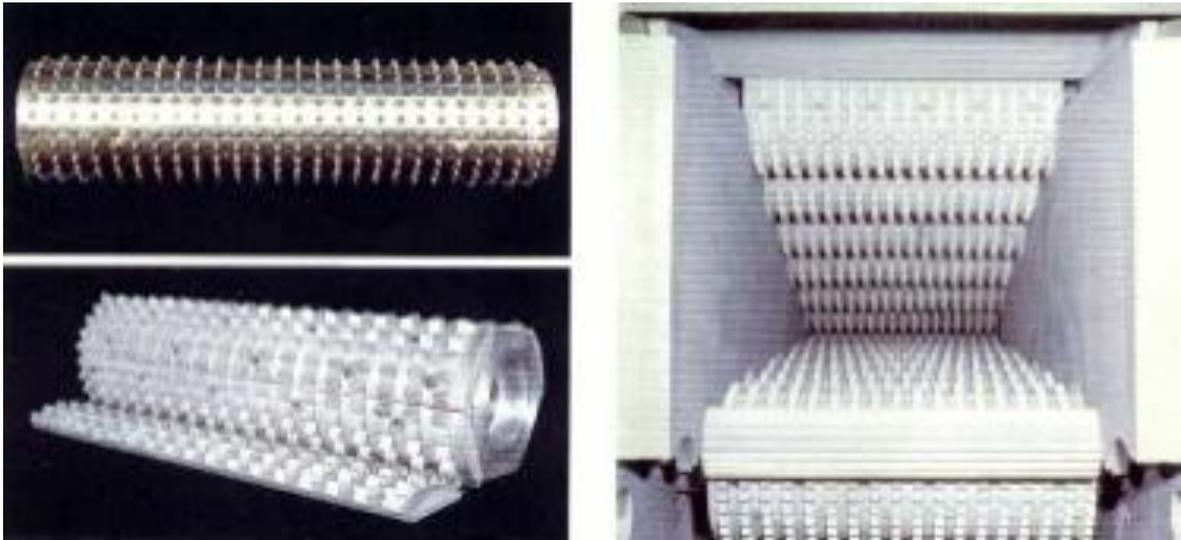


Figura 18 - Rolos com pinos para alimentação do picador

Fonte: Pallmann (1999)

#### 6.4 Ring Flakers

Os *ring flakers* são dotados de um sistema de facas e contra facas que giram à alta rotação em sentidos contrários, conforme Figura 19. O espaçamento entre as facas e as contra facas e o ângulo de corte é que determinam a dimensão final das partículas.

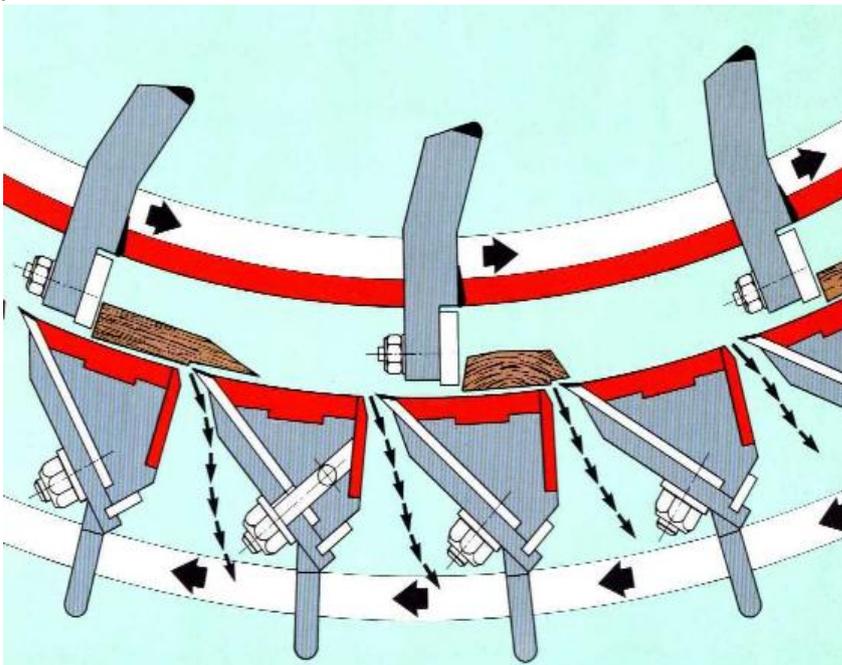


Figura19 - Sistema de facas e contra facas dos *ring flakers*

Fonte: Pallmann (1999)

Os moinhos são equipamentos responsáveis pela segunda diminuição do tamanho da matéria-prima. Por ele os cavacos serão reduzidos a partículas. A alimentação dos *ring flakers* é feita pelo silo de alimentação, que dosa a entrada de cavacos nos mesmos. Cada *ring flakers* possui uma peneira classificadora na sua entrada. Os cavacos que possuírem o tamanho de partículas adequado passam pela peneira indo direto para a correia transportadora. Já os que possuírem tamanho superior ao desejado são rejeitados pelo sistema (ar), impedindo que materiais prejudiciais ao equipamento entrem nele danificando as facas. Assim a resistência mecânica das partículas obtidas é consideravelmente mais baixa do que a da madeira que as originaram.

Haselein (2002) comentam que a chapa compreende partículas de madeira processadas que proporcionam maior resistência mecânica devido ao espaço vazio e rupturas que não existem no produto maciço.

## 6.5 Silos úmidos

A seguir, os cavacos são transportados para os silos que depositam materiais úmidos, denominados silos úmidos. Todo material picado é direcionado para os silos úmidos, por meio de *headlers*, com dois silos de 300 m<sup>3</sup> e 100 m<sup>3</sup>. A função do silo úmido é garantir um estoque de cavaco para ser utilizado de forma contínua pelo secador e em momentos que os *ring flakers* estejam parados, não sendo necessário o secador parar por falta de material.

## 6.6 Secadores

A secagem das partículas é uma das etapas mais importantes do processo de fabricação do aglomerado. Seu objetivo é a equalização da umidade das partículas por meio de um processo eficiente, seguro e com os custos minimizados. A dosagem do material úmido (proveniente de toras e *chip* da rota alternativa) e seco (resíduo moveleiro) é realizada neste momento. A porcentagem de *seco pode ser de até 5%* em função da temperatura dos gases dentro do secador.

O material alternativo úmido (resíduos de serraria) é dosado na proporção de até 15% (este valor está assim estipulado em função da sua disponibilidade e da capacidade da rota alternativa). O processo de secagem é realizado por meio de transferência de calor entre os gases de combustão e as partículas úmidas. Inicia na entrada do bico de pato (pré-secador) e continua dentro do secador a tambor. Envolve grandes quantidades de energia e altas temperaturas.

Além da umidade inicial das partículas, outros fatores podem exercer influência direta sobre a secagem, como a temperatura dos gases na entrada do pré-secador e a diminuição das partículas (30 x 10 mm). Não pode ser esquecida a importância da espessura da partícula, que deve ser aproximadamente de 0,75 mm. O controle de todos esses pontos é imprescindível para um processamento eficiente e seguro, observa o autor.

O controle da umidade das partículas secas é feito por meio de medidor de umidade, instalado na entrada do *redler*, que alimenta o silo de partículas secas. É realizado pela coleta contínua automática de cavaco e medido pela secagem a partir do calor gerado por uma lâmpada especial. Essas medições são apresentadas na sala de controle da produção.

A Figura 20 retrata o tambor rotativo utilizado no processo de secagem.



Figura 20 - Sistema tambor rotativo

Fonte: Büttner (1999)

A Figura 21 mostra o sistema interno do secador rotativo.

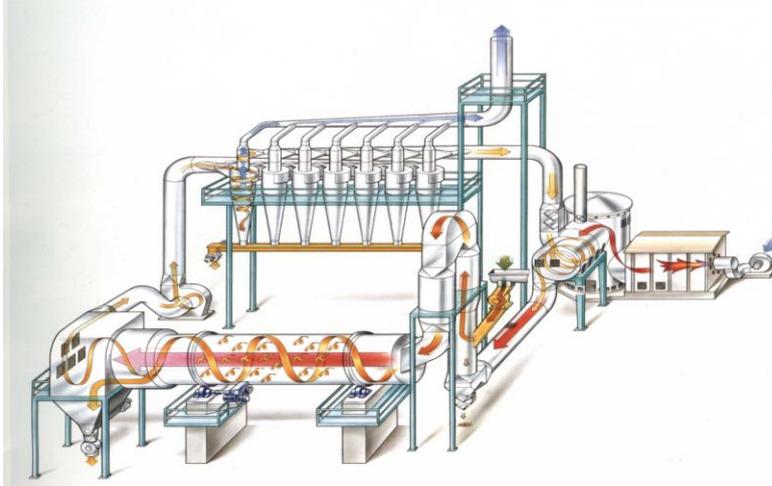


Figura 21 - Planta do secador rotativo

Fonte: Büttner (1999)

Vignote e Jiménez (1996) colocam que a propriedade física da chapa tem alterações devido às variações de dimensões mais concentradas na espessura.

### 6.7 Silo seco

Na sequência do processo, as partículas são levadas para o silo seco. Este serve como um reservatório de cavaco. Todo material seco é transportado para o silo de 300 m<sup>3</sup> de capacidade que abastece o sistema de classificação.

### 6.8 Classificação de partículas (peneiras)

A classificação mecânica é executada, mediante a utilização de duas peneiras vibratórias de duplo estágio. Nas peneiras, as partículas secas nos mais diversos tamanhos são classificadas em quatro tamanhos por intermédio de telas classificatórias. O fluxo total do cavaco seco é levado por transporte mecânico até o topo das peneiras oscilatórias.

As peneiras têm três *decks* duplos e produzem quatro tamanhos de

partículas.

- *oversize* (partículas grossas);
- partículas da camada interna;
- partículas da camada externa;
- pó (para aquecimento);

As partículas *oversize* (grossas) são coletadas e transportadas por corrente para o silo de *oversize*, que posteriormente as encaminha para a moagem nos moinhos PSKM (moinho de picagem de corte por meio de placas).

Já as partículas de camada interna são levadas por um transportador de corrente para uma peneiragem pneumática (as partículas mais pesadas vão ser encaminhadas para o silo de *oversize*).

E o pó fino usado na camada da superfície, ou seja, camada externa é transportado diretamente para o silo de superfície.

Todo o transporte dos quatro tamanhos de partículas é feito em transportadores mecânicos, todos com monitoramento de rotação, pulverizadores automáticos de água e tampas de explosão (que atuam em caso de incêndio ou detecção de faísca).

O balanceamento entre o material de camada externa e interna (dependendo da espessura da placa) pode ser ajustado por meio de uma rosca transportadora com controle de velocidade. Em princípio a quantidade de camada externa vai variar entre 20% e 50% do fluxo total. Como a peneira oscilatória é um equipamento volumétrico, o fluxo é limitado. No campo particular da preparação de partícula com pesos específicos de cerca de 100 kg/m<sup>3</sup> em base seca, na maioria das vezes, a carga é limitada a 5 m<sup>3</sup> de partículas base seca de superfície peneirada.

A madeira de alta densidade produz menor área de partículas, que levaria a uma redução na quantidade de adesivo aplicada. Pode ocorrer também menor área de contato entre as partículas, por causa do seu menor número para um mesmo peso, o que leva à formação de chapas com baixa resistência mecânica, o que é

compensado aumentando a gramatura.

O aumento da densidade da chapa e o proporcional consumo de adesivo reduzem a economia do produto, observa Roque (1998). Albuquerque (2002) salienta que, usando partículas grossas, tem-se uma absorção maior de água e, como consequência, o da espessura dos painéis. A Figura 22 mostra o conjunto de peneiras e a classificação das partículas secas nos diversos tamanhos.

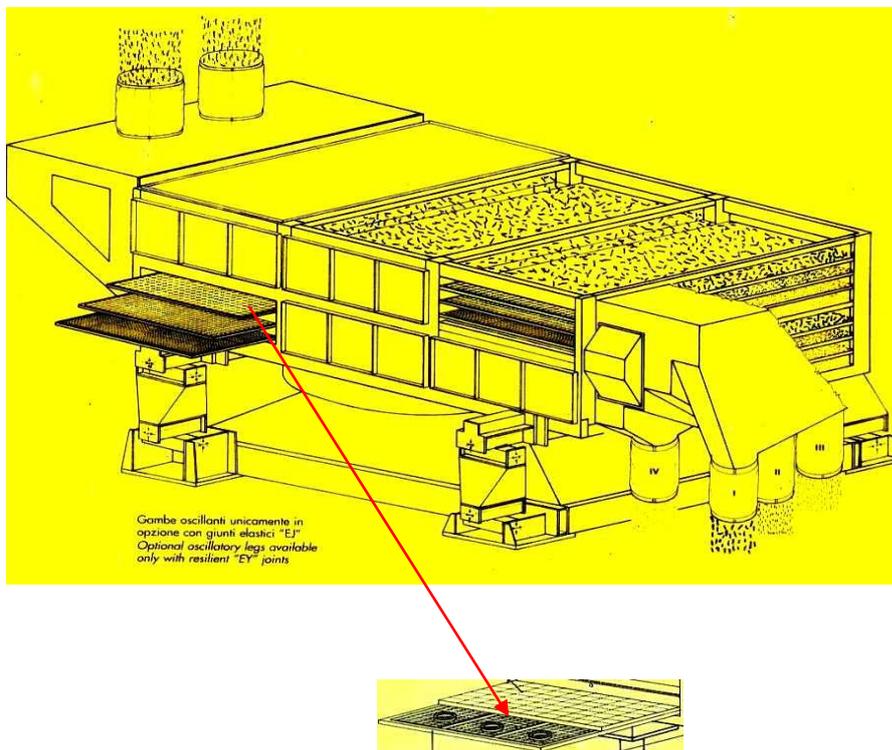


Figura 22 - Conjunto de peneira de classificação

Fonte: PAL (1999)

### 6.9 Airgrade

Autor (ano) ensina que o *airgrade* (classificador pneumático) é o equipamento para classificação do cavaco através do ar, enviando as partículas leves para o silo de miolo e as pesadas para o silo de reclassificação (*oversize*). As partículas são colocadas em uma câmara equipada com ranhuras em forma de *zigzag*. O fundo da câmara é equipado com uma chapa perfurada, pela qual o ar ascendente é difundido. Esse ar é circulado por um ventilador e leva as partículas com propriedades

adequadas para a parte superior da câmara. Desse ponto as partículas aceitas são transportadas para um ciclone e depois para o silo de partículas da camada interna. A partir desse ciclone o ar é recirculado para o *airgrader*. A turbulência criada pelo *zigzag* ajuda na eficácia da seleção. As partículas de madeira mais pesadas são enviadas para o final da câmara, no lado oposto da entrada. Areia, fragmentos de pedra e contaminantes pesados passam pelas perfurações do fundo da câmara e são eliminados em um recipiente, conforme mostra a Figura 23.



Figura 23 - Classificador pneumático

Fonte: PAL (1999)

### 6.10 Silos dos moinhos (oversize)

Na sequência, o material é encaminhado aos moinhos que refinam as partículas, dando-lhe dimensões definidas para as camadas externas e internas dos colchões. As dimensões das partículas externas são menores que as destinadas à

formação das camadas centrais. O silo dos moinhos recebe todo material de *oversize* das peneiras: o material desviado da camada de miolo para ser picado novamente e o material rejeitado no *airgrade*. Os moinhos do tipo PSKM irão fazer as operações de moagem e peneiramento das partículas de *oversize*, por meio do conjunto de moagem composto pelo rotor principal e pelo anel de moagem.

### 6.11 Moinhos

A função do conjunto de moinhos é fazer a repicagem do material. Todo material processado nos moinhos é enviado para um conjunto de peneiras para ser classificado novamente, conforme Figuras 24 e 25.

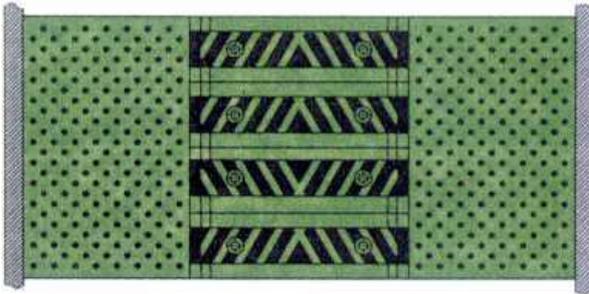


Figura 24 – Segmento de moagem

Fonte: Pallmann (1999)

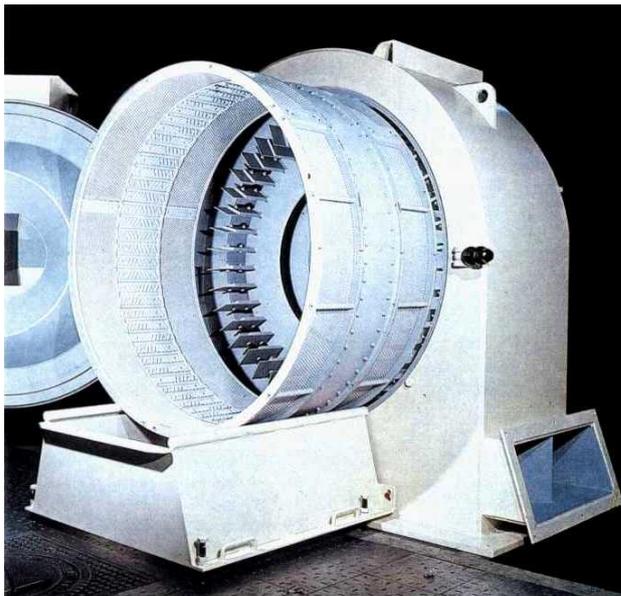


Figura 25 - Moinho PSKM

Fonte: Pallmann (1999)

## 6.12 Classificação de partícula

A classificação de partícula é composta de um sistema de duas peneiras de 26 m<sup>2</sup> e uma peneira de 16 m<sup>2</sup>. O material classificado com *oversize* é repicado novamente e reclassificado em outra peneira de 16 m<sup>2</sup>, juntamente com o material segregado pelo *airgrade*.

## 6.13 Peneira de reclassificação

O conjunto de peneiras de reclassificação recebe o material dos moinhos e classifica em miolo, superfície e pó, conforme Figura 26, que traz uma representação esquemática do fluxo de material no moinho.

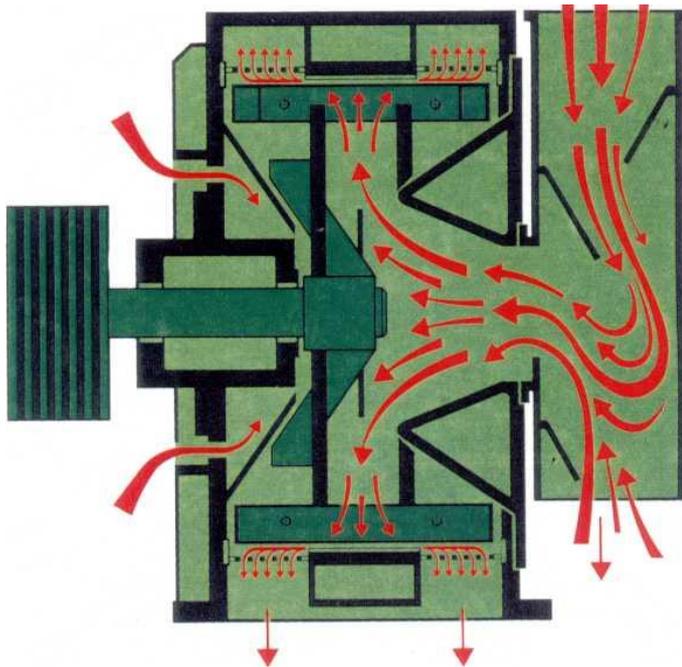


Figura 26 – Fluxo de material no moinho

Fonte: Pallmann (1999)

Durante o acionamento, o efeito (depressão) produzido pelo rotor arrasta o material de alimentação para o seu interior, provocando uma alta turbulência entre o rotor e o anel de moagem. Com isso, o material é reduzido por intermédio da alta velocidade do fluxo de ar e por repetitivos impactos contra o conjunto de moagem. A descarga das partículas é realizada quando elas conseguirem passar pelas malhas

do anel de moagem.

#### **6.14 Silo de miolo e de superfície**

O silo de estocagem de material da superfície e centro da chapa, denominado de miolo, tem capacidade total de 300 m<sup>3</sup> de cavaco seco que abastece a linha de produção.

#### **6.15 Estação preparadora (dosadoras)**

A estação de preparação é responsável por dosar o cavaco conforme a velocidade da produção e a dosagem especificada na receita por espessura. Os dosadores recebem as partículas de camadas de superfície e do miolo, as pesam e as enviam às encoladeiras. A entrada de material, tanto de miolo quanto de superfície nos dosadores, é controlada por sensores de níveis do dosador que regulam a velocidade da rosca de extração dos silos.

##### **6.15.1 Dosagem de partículas**

O sistema de extração é formado por um rotor de descarga e uma rosca dosadora, na saída dos silos de partículas de superfície e de miolo, descarrega o material em transportadores de corrente movimentados por roscas duplas que carregam as partículas para os silos dosadores de partículas. O silo dosador, com a ajuda de rolos ou pentes, homogeneiza a descarga do material para a balança contínua. O controle da velocidade da cinta da balança permite a dosagem do material. Tanto o silo dosador quanto a balança contínua possuem um sistema de exaustão que impede o acúmulo de pó.

Na balança contínua, somente as partículas de superfície passam por uma peneira classificadora de disco, que separa as partículas finas das extrafinas. As partículas finas seguem para a primeira encoladeira do sistema duplo de encolagem. Já as partículas extrafinas seguem para a segunda encoladeira. As partículas de

miolo seguem diretamente para o sistema de encolagem de partículas de miolo, composto por apenas uma encoladeira. Em todos os pontos de entrada e descarga de material há exaustores que retiram o pó do sistema depositando-o em um silo de pó que servirá como biomassa na planta de energia.

### 6.16 Encolagem

Para a encolagem de material, tem-se que medir a vazão de partículas, que é feita por meio de uma balança, e a velocidade da esteira, para que este valor seja comparado com o valor predefinido na fórmula e também seja referência para a quantidade de cola que deverá ser adicionada. A medição da vazão da cola é dada pela medição do decremento do nível dos dosadores, junto com a velocidade do rotor que aciona a bomba de aplicação.

A aplicação da cola nas partículas é feita por encoladeiras tangenciais. Assim a cola deve ser aplicada da maneira mais eficiente e econômica e criando as propriedades de placa necessárias. As partículas passam do *chute* para a balança de dosagem e são espalhadas por toda a entrada da encoladeira. No caso das partículas maiores da camada interna, um sistema especial de rosca possibilita um manuseio brando. A cola é levada por um bico de duas vias (ar líquido). Esses bicos estão situados tangencialmente, de acordo com o eixo da encoladeira. Devido à força centrífuga, as partículas formam um anel na seção transversal da encoladeira. O movimento transversal das partículas encoladas é controlado por uma série de pás ajustáveis.

Na saída de cada encoladeira, existe um sistema automático. Esse *flap* age como um afogador e consegue segurar as partículas de acordo com a amperagem do motor principal. Devido à alta energia cinética e fricção, muito calor é gerado na encoladeira.

Por isso, para evitar a pré-cura da cola, a encoladeira tem parede dupla e está conectada a um sistema de resfriamento. Esse resfriamento causa condensação dentro da encoladeira. A película de água condensada evita que o material encolado se grude nas paredes da encoladeira. Na realidade, segundo o

autor, uma encoladeira bem ajustada requer o mínimo de manutenção. A emulsão vai ser pulverizada antes da cola ou na calha de conexão com a encoladeira, de modo a ter melhor absorção da parafina pela madeira.

Depois de encolado, o material é levado até as estações espalhadoras, nas quais também existem sensores de nível que indicam o sistema, para que se mantenha sempre o nível desejado. Se a estação atingir o nível máximo, o sistema de controle diminuirá a entrada de material na cozinha de cola e a velocidade dos transportadores das estações espalhadoras. Se isso não for suficiente, é cortada a encolagem, ou seja, o sistema de mistura da cola com as partículas da camada de superfície (FIGURA 27). Esse mecanismo possibilita melhor distribuição de cola e minimiza o seu consumo.



Figura 27 – Modelo de uma encoladeira

Fonte: PAL (1999)

Na entrada das encoladeiras, a cola recebe o catalisador e é misturada a ele em um misturador estático. Nele a emulsão de parafina é injetada por diversos bicos dispostos em chutes de entrada de partículas das encoladeiras, enquanto a cola é injetada na parte superior das encoladeiras. No sistema de encolagem de partículas de superfície, a primeira encoladeira apresenta características de distribuição de cola e mistura do material.

### 6.17 Estações formadoras

A linha consiste em quatro estações formadoras, duas de miolo, que são mecânicas, e duas para a superfície, que são a ar. A distribuição delas se faz de forma que se tenha a formação de três camadas distintas, sendo em linha de formação do colchão: a primeira é uma camada de superfície; a segunda, duas de miolo e a última, camada de superfície. Antes de chegarem à prensa, os colchões sofrem um controle de peso. Ocorrendo irregularidade neste, os colchões são automaticamente rejeitados, retornando ao processo.

O colchão obtido nesse tipo de formadora tem como característica a distribuição das partículas na sua parte inferior, das menores para as maiores, enquanto, na parte superior, a distribuição se dá a partir do meio do colchão, das maiores para as menores.

Por haver uma corrente de ar constante e uniforme, as partículas são classificadas por três telas distintas:

- terceira tela - classifica as partículas de superfície finas que, pela vibração das telas, cairão primeiro;
- segunda tela - classifica as partículas de superfície médias que cairão por cima da primeira camada;
- por fim, a primeira tela seleciona partículas de superfície grossas que completam a formação da superfície propriamente dita de manta.

A corrente de ar é provocada por um ventilador que sopra ar através das flautas, dentro da câmara de formação, e, ao mesmo tempo, suga o ar misturado com o pó que atravessou as três telas. Este pó é jogado para uma colmeia de filtros manga e depois enviado para o silo de pó e queimado. As Figuras 28 e 29 demonstram a primeira estação formadora de superfície e a segunda estação formadora de superfície, respectivamente.

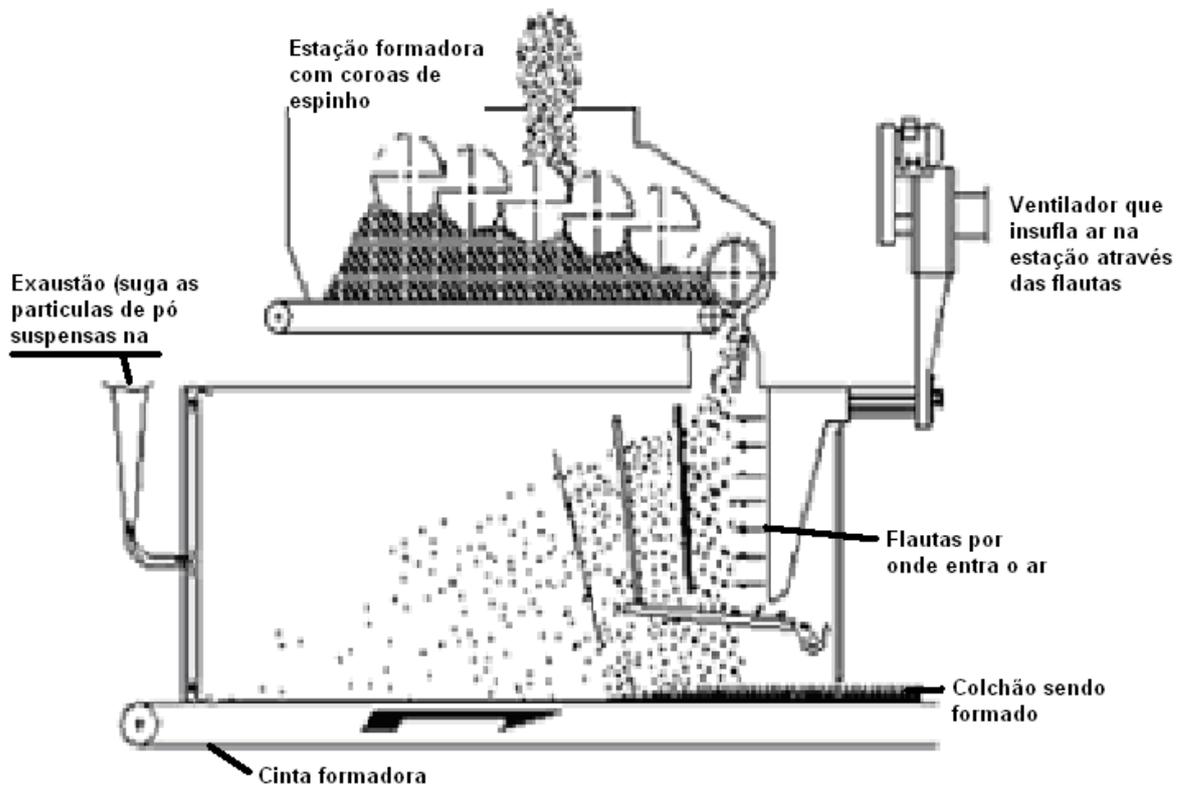


Figura 28 – Primeira estação formadora de superfície

Fonte: Siempelkamp (1999)

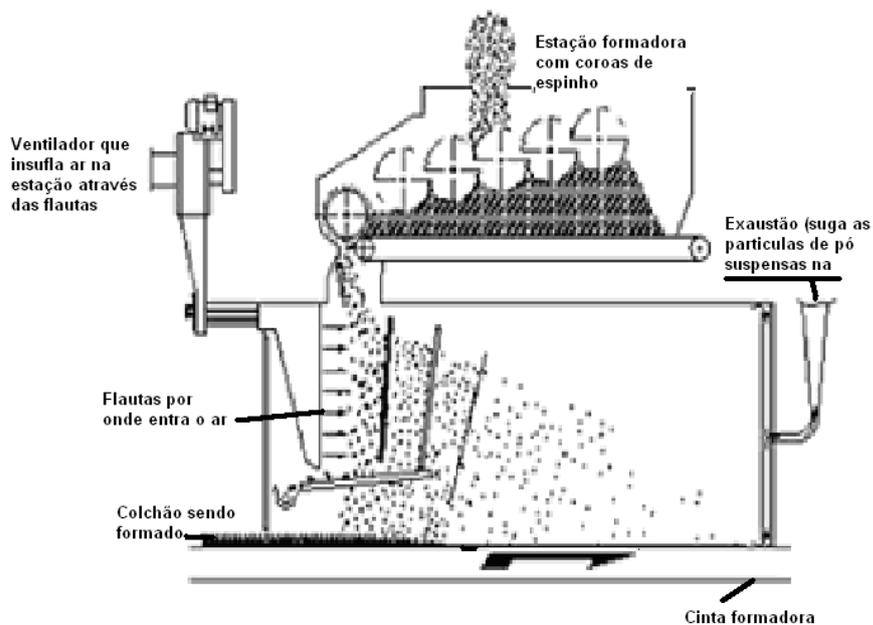


Figura 29 – Segunda estação formadora de superfície

Fonte: Siempelkamp (1999)

A Figura 30 demonstra a peneira de disco com rosca de alimentação e correia coletora para as duas formadoras da camada interna.

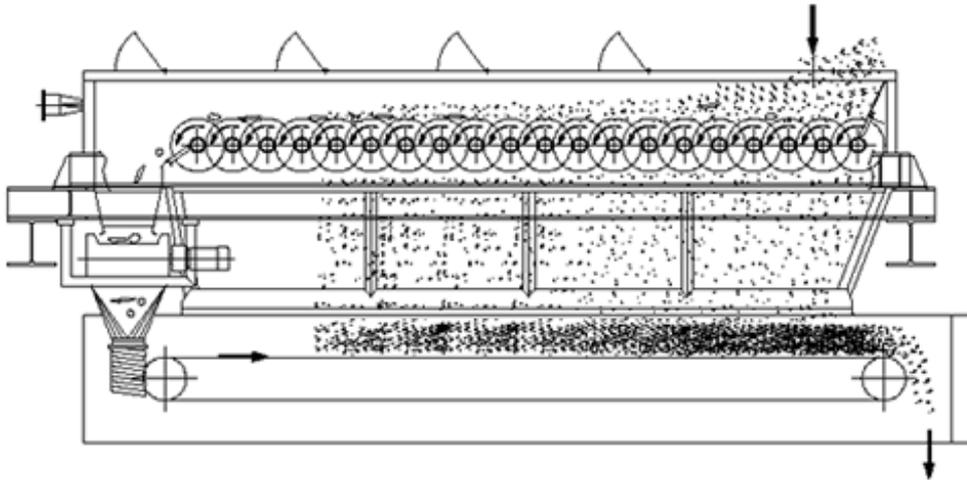


Figura 30 – Peneira de disco com rosca de alimentação

Fonte: Siempelkamp (1999)

A Figura 31 retrata as formadoras tipo gaiola da camada interna.

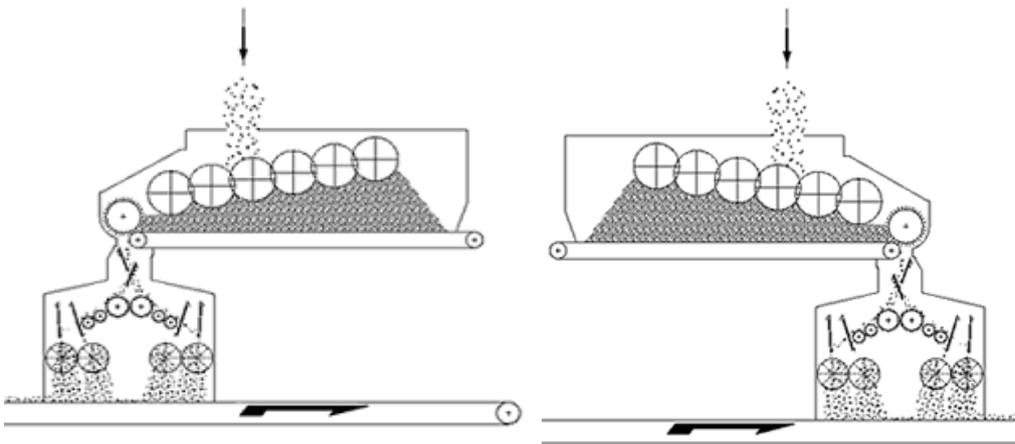


Figura 31 – Formadora tipo gaiola da camada interna

Fonte: Siempelkamp (1999)

Nesse processo as partículas encoladas são levadas para a formadora, onde é formado o colchão de partículas. Esse equipamento trabalha de acordo com o princípio de formação pelo vento nas camadas externas. A camada interna opera com cabeçotes mecânicos espalhadores. Ambas as partículas das camadas

externas e internas vindas da estação de cola são transportadas para suas correspondentes unidades de formação. Já no topo das unidades espalhadoras, há um *bunker* intermediário. Aqui as partículas devem ser distribuídas uniformemente em relação à largura do equipamento. A distribuição não uniforme tem que ser corrigida depois. Do *bunker* superior as partículas são levadas para unidades espalhadoras individuais.

Na correia abaixo da linha de formação o colchão é formado pouco a pouco.

- camada externa inferior;
- ½ camada interna;
- ½ camada interna;
- camada externa superior.

A formação homogênea e bem regular do colchão é básica para as propriedades da placa, o carregamento, o nivelamento e a colocação de partículas encoladas da camada interna são iguais aos da camada externa. Para a camada interna, o equipamento básico consiste de rolos e chapas guias. O material é enviado para baixo, entre as chapas de transporte. As partículas podem entrar no centro do rolo superior. A velocidade desses rolos é controlada por inversores.

Na sequência, as partículas são transportadas por outros dois rolos menores, até a cabeça de espalhamento. Os rolos assimétricos projetam os cavacos para a posição de camada interna. A velocidade individual e relacional dos rolos de espalhamento interfere no padrão de espalhamento. A posição geométrica dos cavacos no colchão, especialmente na camada interna, afeta consideravelmente a planura e as propriedades da placa. Os cavacos devem ter um posicionamento perfeitamente horizontal. A Figura 32 traz um demonstrativo da formação de camadas.

### Formação de colchão de 3 camadas por meio de 4 cabeças formadoras

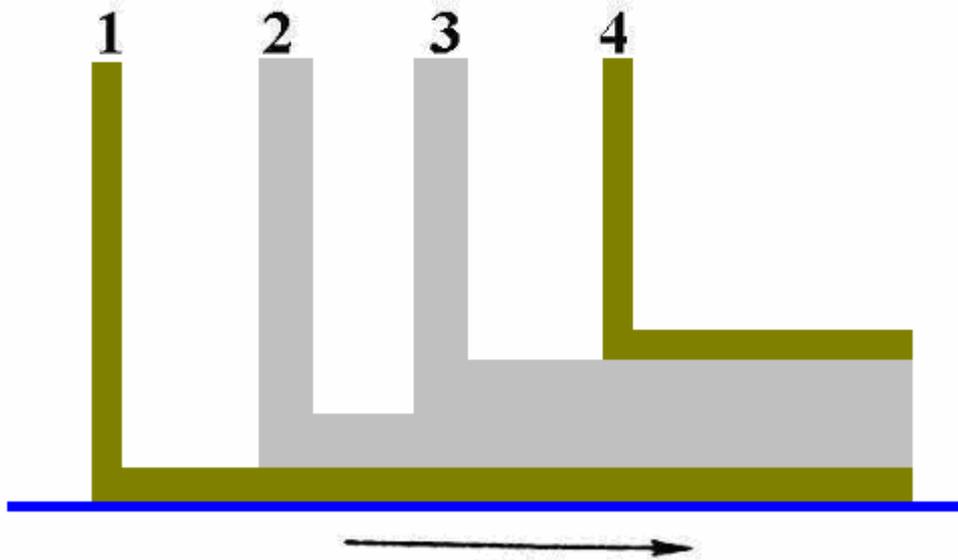


Figura 32 – Sistema de deposição de quatro fontes

Fonte: Moslemi (1974)

### 6.18 Pré-prensa

A pré-prensa, é responsável pela compactação do colchão e pela redução do ar existente dentro deste. Por isso é composta por duas cintas, uma primeira vazada e outra sólida. A Figura 33 mostra partes da pré-prensa.

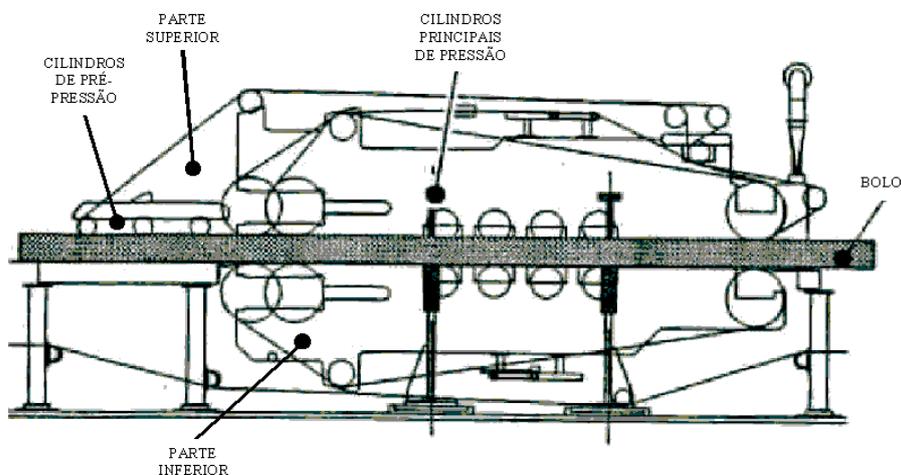


Figura 33 – Pré-prensa - contirollpress

Fonte: Siempelkamp (1999)

É necessário que não exista qualquer material metálico no bolo na entrada da prensa contínua, pois qualquer material desse tipo pode marcar ou danificar a cinta de prensagem, o que forçaria reparos ou até a sua troca. Para isso, há uma câmara de detecção de metais que cobre todo o bolo na cinta de formação e ativa o sistema de rejeição descartando a porção do material que contém metal.

### **6.19 Prensa**

Na sequência do processo, o colchão é encaminhado para a prensa, na qual recebe alta pressão e elevada temperatura, transformando-se em chapas. Na prensa é realizada a fabricação do painel com a aplicação de pressão e calor, conforme mostra a Figura 34. A prensa é dividida em cinco zonas de calor. A distribuição de calor e pressão nas zonas é decrescente, sendo maior o calor e a pressão nas primeiras zonas e menor na última zona. No processo, o colchão é levado para sua espessura e estrutura finais. É essencial trabalhar de acordo com o ciclo ou diagrama da prensa, destaca o autor, pois nele todos os parâmetros operacionais de pressão, abertura, aquecimento, velocidade etc. estão organizados de modo sistemático.

As vantagens básicas de um sistema de prensagem contínua são em partículas.

- não há tempo morto;
- tolerâncias de lixação reduzidas e superfícies melhoradas;
- fatores de prensa reduzidos;
- ajuste em tempo real;
- troca de tipo de placa rápido e fácil;

E os parâmetros básicos de trabalho são:

- temperatura;
- coberturas;

- velocidade.

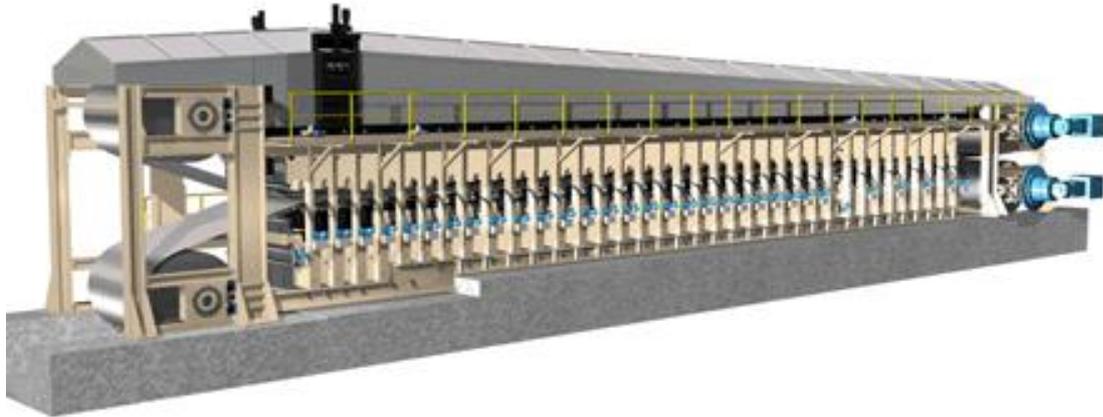


Figura 34 – Prensa Siempelkamp Controll

Fonte: Siempelkamp (1999)

A prensa recebe continuamente o colchão, pré-prensado que é compactado entre duas cintas de aço em movimento, paralelo, e mantém as aplicações de temperatura e pressão sob condições controladas (FIGURA 35).

A prensagem é iniciada com valores elevados de pressão que vão caindo gradativamente ao longo da prensa até o cabeçote de descarga. A aplicação de pressão e a transferência de calor são realizadas continuamente por meio dos roletes que separam as cintas de aço, superior e inferior, dos pratos de aquecimento.

Outra função dos roletes é diminuir o atrito entre pratos de aquecimento e cintas de aço.

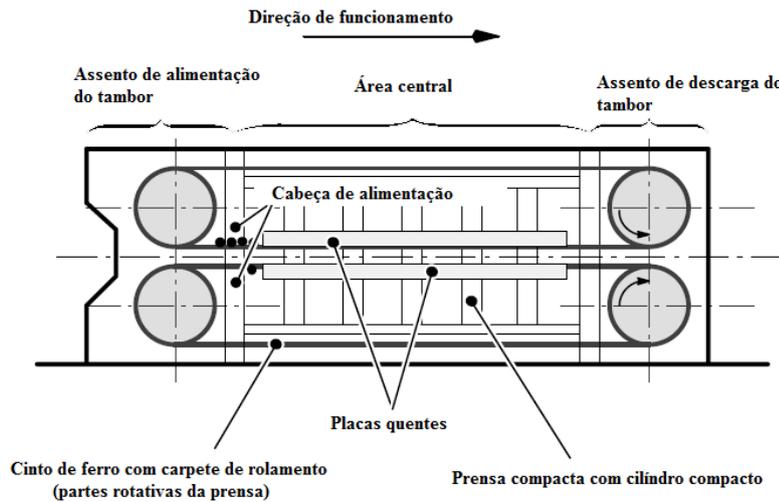


fig. Design do ContiRoll®

Figura 35 - Prensa SIEMPELKAMP Contiroll

Fonte: Siempelkamp (1999)

## 6.20 Estágios da prensa

### Estágio 1

- as superfícies são aquecidas e facilmente comprimidas;
- a região mais interna do bolo permanece fria, atuando como uma mola, oferecendo uma elevada resistência contra as regiões próximas às superfícies do bolo;
- as superfícies são adensadas formando camadas;
- a pressão é mantida em nível médio.

### Estágio 2

- a pressão é progressivamente reduzida durante um tempo variável, de acordo com a espessura da chapa;
- continua a transferência de calor;
- a chapa vai-se tornando mais fina.

### Estágio 3

- a pressão é de novo reduzida e mantida em nível bastante baixo de acordo com a espessura e a densidade da chapa;

- a espessura da chapa (abertura da prensa) é gradualmente reduzida até a espessura final;

- a transferência de calor e de vapor prosgridem até ao centro da chapa.

### Estágio 4

- a transferência de calor até o centro da chapa é completada;

- quando a temperatura atingir 100° C no centro da chapa, a espessura da chapa deve ter atingido o valor da chapa bruta;

- a pressão é aumentada até atingir a espessura final. Prossegue a cura da cola no centro da chapa;

- na prensa a espessura é cuidadosamente monitorada neste estágio.

### Estágio 5

- a pressão é aliviada ligeiramente, a cura da cola prossegue até quase o final e a chapa sai da prensa;

- vários transdutores ao longo dos dois lados da prensa medem a distância entre os pratos quentes e transmitem sinais para que o sistema de operação faça o controle da pressão hidráulica, como representado na Figura 36.

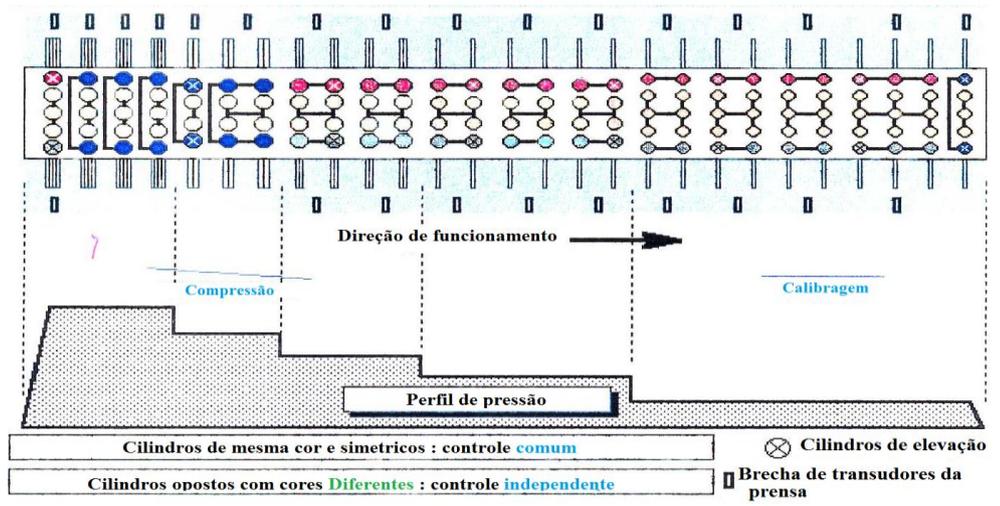


Figura 35 – Cilindros independentes e comuns

Fonte: Siempelkamp (1999)

### 6.20.1 Aquecimento

Observa que nos pratos de aquecimento há canais para o escoamento do óleo térmico os quais são organizados em quatro zonas demonstradas nas Figuras 37 e 38. Os pratos de aquecimento superiores e inferiores de cada zona possuem alimentação e controle comuns. Cada sistema inclui uma bomba, motor, válvulas, termômetros e manômetros. Uma bomba para reposição e dreno também é conectada para todos os subconjuntos das zonas de aquecimento (FIGURA 39).

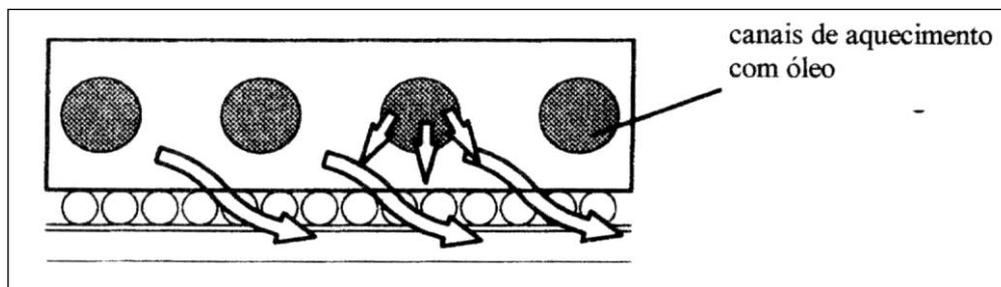


Figura 36 - Canais de aquecimento com óleo

Fonte: Siempelkamp (1999)

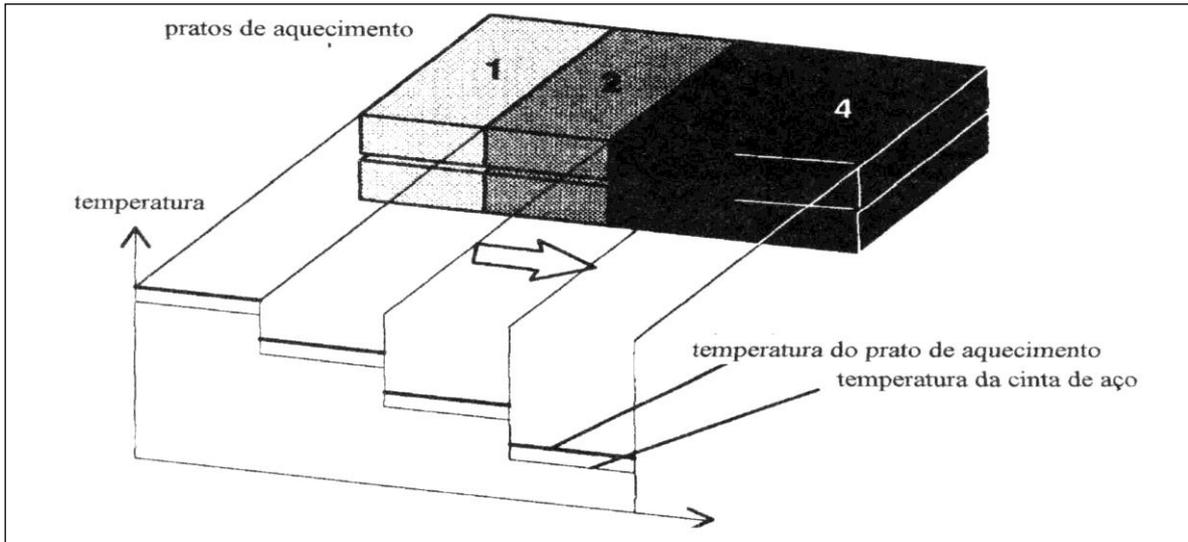


Figura 37 – Temperatura do prato aquecido

Fonte: Siempelkamp (1999)

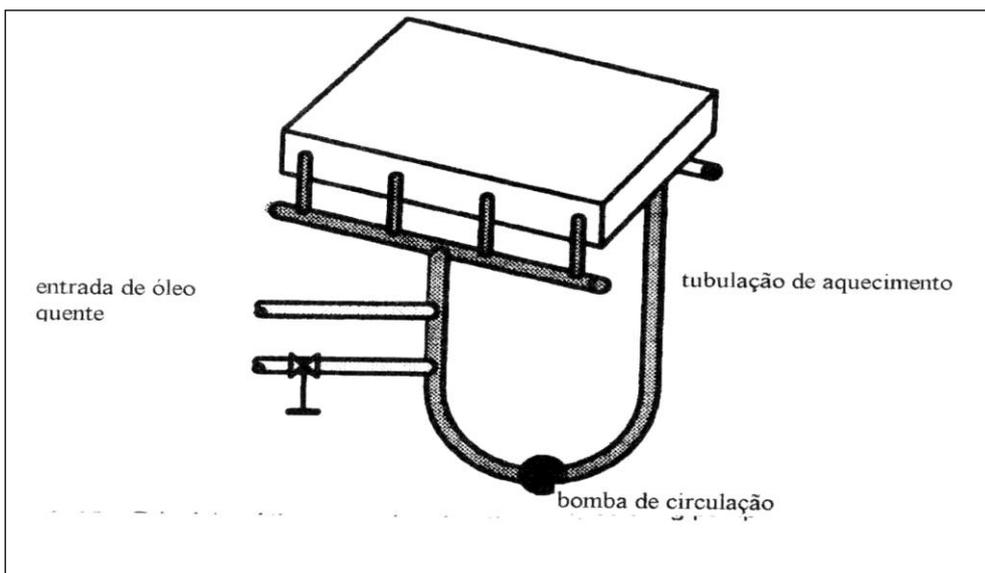


Figura 38 – Subconjuntos das zonas de aquecimento

Fonte: Siempelkamp (1999)

## 6.21 Cabeçote de alimentação

As posições dos cabeçotes de entrada podem ser ajustadas. A configuração de entrada pode ser alterada por meio de deflexão elástica dos pratos de aquecimento de entrada (FIGURA 40). Existem relações de dependência entre o raio de curvatura e a espessura do produto.

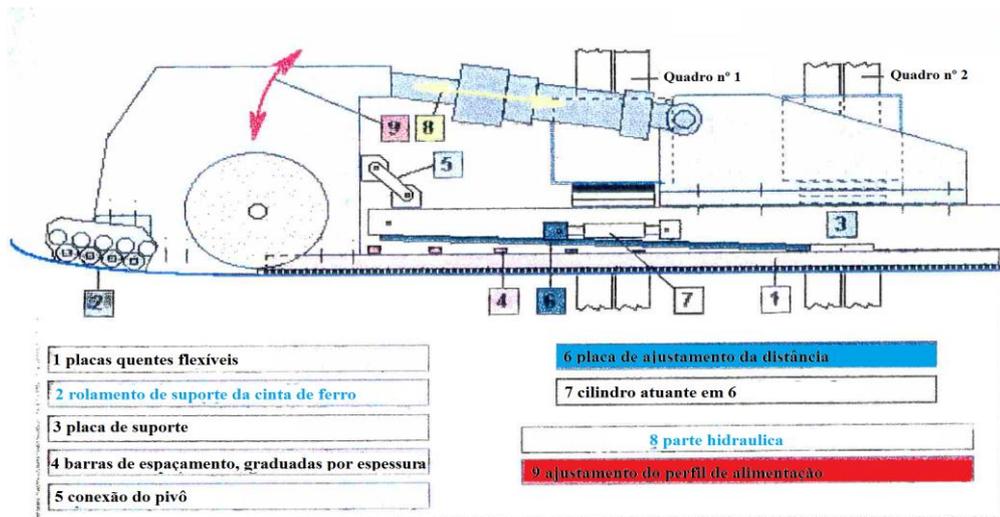


Figura 39 - Pratos de aquecimento de entrada do cabeçote

Fonte: Siempelkamp (1999)

O sistema de controle da espessura possibilita também a correção automática do controle de abertura na prensa e transmite uma resposta dos medidores de espessura para o sistema da prensa. Uma vez em operação automática, essa resposta possibilita um controle automático de espessura muito estável. A tolerância de lixação precisa ser medida com a placa fria e estabilizada.

Em 14 pontos, no sentido de trabalho (longitudinal), a homogeneidade das placas é controlada por detectores ultrassônicos. Esses detectores devem ser calibrados de acordo com a massa da placa. Essa detecção pode ser usada como um alerta ou para a rejeição das placas.

## 6.22 Massa da placa

A massa da placa vai dar uma indicação da massa específica de acordo com o tamanho e a espessura. Nos casos fora da tolerância, a balança pode produzir somente uma informação ou pode enviar a placa para o rejeito. As placas fora da especificação de espessura, placas de início e fim do processo e placas com bolhas são retiradas do processo.

Na saída da chapa contínua de aglomerado da prensa, existem dois tipos de controle automatizados, o de bolhas (*delaminação*) e o de espessura, que em conjunto com a balança pode também fazer a rejeição das chapas com base na densidade calculada. Depois a chapa segue para a serra de corte lateral e a de corte transversal (carro com deslocamento diagonal).

Após esses cortes, é obtida uma chapa com dimensões brutas chamada de '*masterboard*', que tem sobre medidas em todas as dimensões. Estas sobre medidas serão, mais tarde, ajustadas nas etapas de lixamento e recorte, na serra '*Cut to Size*'. Após, as chapas passam por uma balança, seguindo depois para a estação de resfriamento, de onde vão para a estação formadora de pilhas, onde são empilhadas e seguem até a área de estocagem intermediária por meio do sistema de estocagem automático (por carros automatizados).

### **6.23 Verificação de espessura e delaminação (bolhas) e controle de densidade**

Estes controles são feitos por meio de sensores instalados na saída da prensa, possibilitando o controle em tempo real da espessura (FIGURA 41), densidade (FIGURA 42) e delaminação (FIGURAS 43 e 44). O sensor de espessura faz a medição por meio do contato de duas roldanas com a chapa, possibilitando a medição diferencial.

A densidade da chapa é calculada depois que esta é pesada em uma balança localizada após a serra transversal, utilizando a medida da espessura da chapa. O sensor de delaminação, ou detector de bolhas, faz a detecção por meio de emissão e recepção de ultrassom. O detector fica localizado na saída da prensa, e, durante a saída das chapas, sempre que existirem bolhas internas, elas serão detectadas, uma vez que as ondas serão duplamente refletidas, alterando a sua recepção pelo receptor.

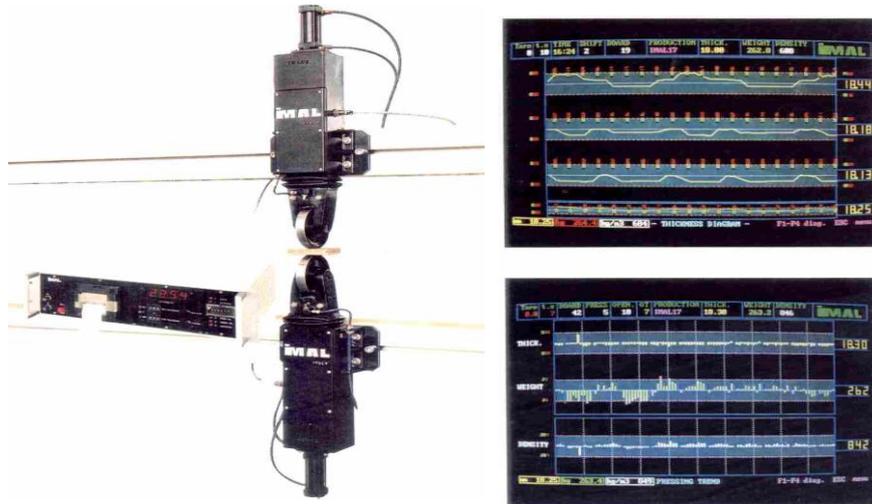


Figura 40 - Cabeçote de medição e exemplo de controle de espessura  
 Fonte: Siempelkamp (1999)

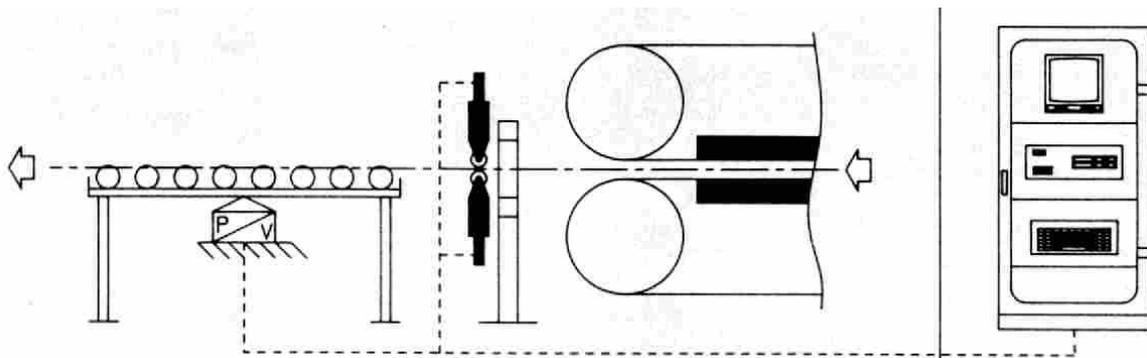


Figura 41 - Esquema da determinação da densidade por meio de um medidor de espessura e uma balança  
 Fonte: Siempelkamp (1999)

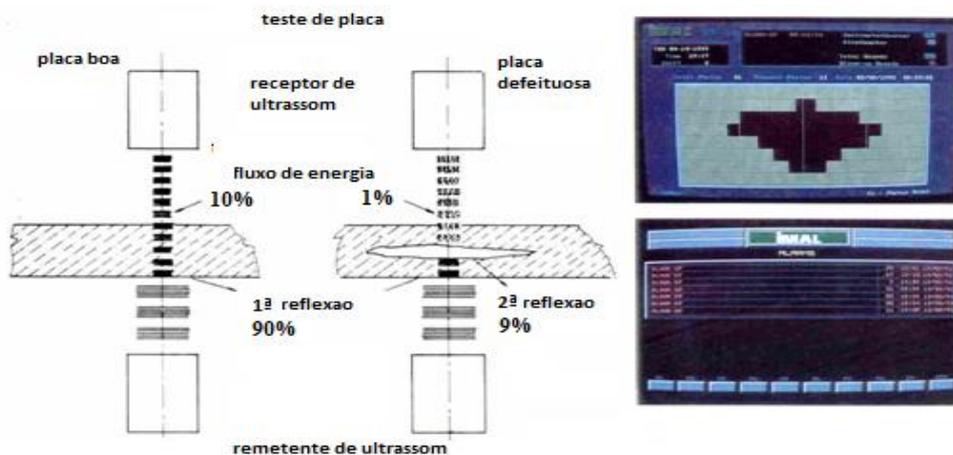


Figura 42 - Princípio e funcionamento do detector de delaminação  
 Fonte: Siempelkamp (1999)

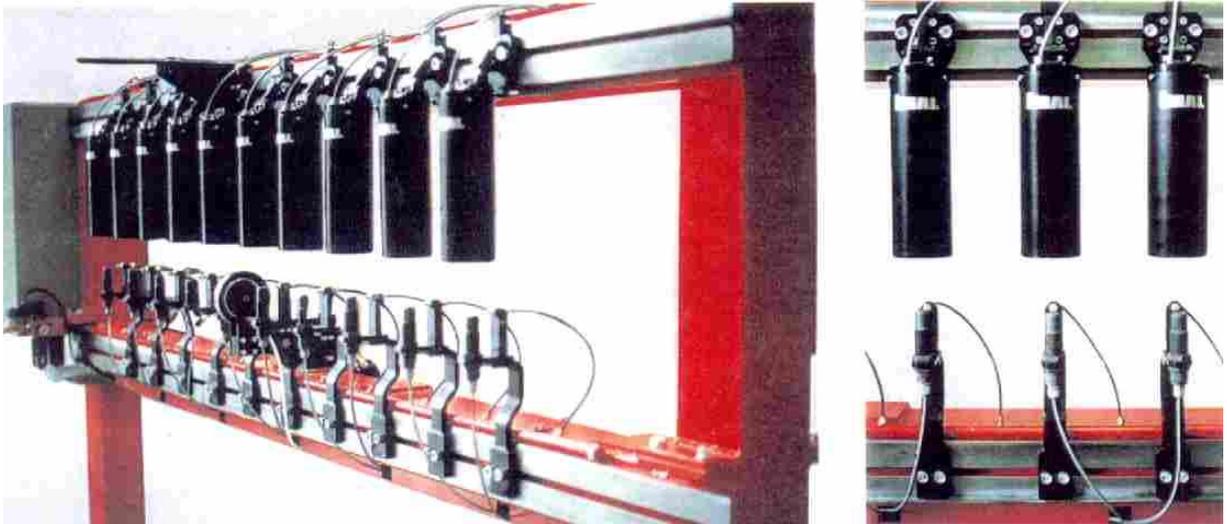


Figura 43 - Cabeçote de inspeção de delaminação

Fonte: Siempelkamp (1999)

#### 6.24 Cortes longitudinal e transversal

Este processo é realizado por duas serras (FIGURA 44), uma faz o corte longitudinal (lateral da chapa) e a outra faz o corte transversal. O movimento diagonal da serra associado ao movimento retilíneo da chapa proporciona um corte transversal reto na mesma.

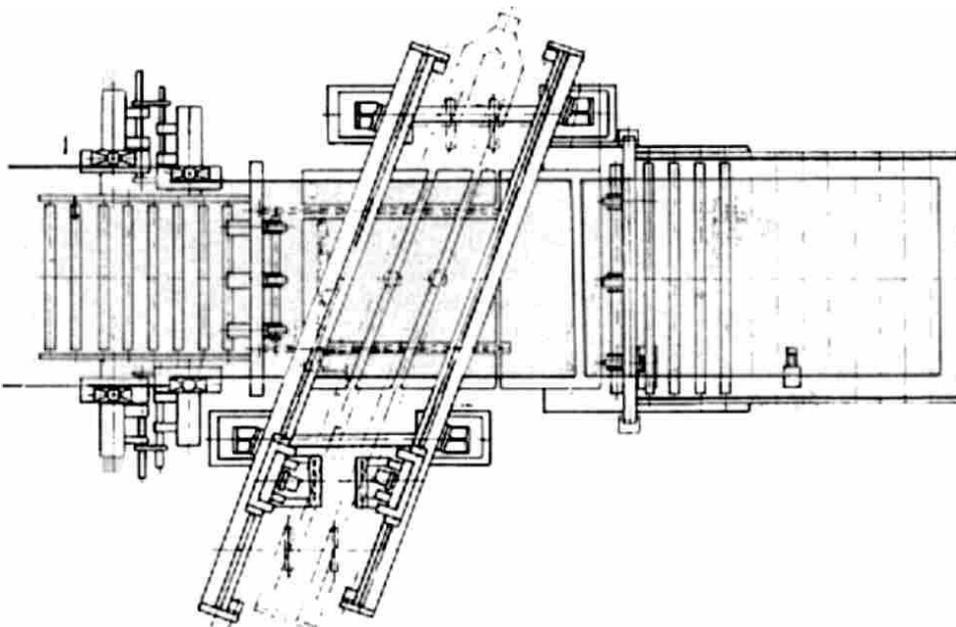


Figura 44 - Serras de corte longitudinal e transversal

Fonte: Siempelkamp (1999)

### 6.24.1 Corte das chapas

Ao sair da prensa, o painel é recortado nas suas laterais para ficar na medida padrão e garantir o esquadrejamento. Após esse corte, a serra diagonal faz o corte transversal fazendo a separação em painéis máster.

A operação normal é em automático, porém o programa da unidade de serra possibilita várias intervenções especiais. No caso de defeitos locais na placa, essa área pode ser cortada ou a placa inteira é rejeitada, como demonstrado na Figura 46.



Figura 45 - Programa da unidade de serra intervenções especiais

Fonte: Siempelkamp (1999)

## 6.25 Aclimatização – inspeção – depósito e expedição

As chapas são inspecionadas automaticamente em suas qualidades técnicas e, se não atingirem os critérios estabelecidos, são rejeitadas. Caso contrário, são encaminhadas para os resfriadores e depois empilhadas e armazenadas na área de cura. Assim permanecem, no mínimo, durante 72 horas para a climatização, depósito e expedição.

### 6.25.1 Considerações sobre o processo

Ao sair da prensa, a cura da ureia-formaldeído ainda não está completa. A umidade na placa não está uniformemente distribuída. A temperatura no centro é de cerca de 110 a 125°C e na superfície, de 140 a 180°C. Isso produz tensões internas que são equalizadas durante a estabilização da placa. Além das tensões internas da placa, há também o risco de hidrólise durante o armazenamento da

placa de partícula com ureia-formaldeído. Em particular a cola ureia-formaldeído exposta à umidade e a temperaturas excedendo os 70°C pode perder sua qualidade de encolagem. Essa hidrólise deteriora as propriedades mecânicas da placa, a superfície fica amarela e partículas podem se soltar. O risco de hidrólise pode ser evitado com o dispositivo de resfriamento da placa. Antes do empilhamento, a temperatura na placa deve ser menor que 50°C. Na Figura 47 visualiza-se o resfriador rotativo.



Figura 46 – Resfriador rotativo

Fonte: Siempelkamp (1999)

Depois da climatizadas (maturadas), por período predeterminado ocorre a fase de lixamento da chapa. As chapas são conduzidas até a área de climatização antes de serem encaminhadas para as lixadeiras pelos carros automatizados. São colocadas sobre uma mesa receptora e depois alimentadas uma a uma por dispositivo apropriado. A fase de lixamento consiste de duas etapas, a primeira de calibração da chapa e a segunda de acabamento superficial. Logo após a saída das chapas, elas são examinadas visualmente e novamente são realizadas medições de espessura. Feitas essas inspeções, nas quais as chapas são separadas de acordo com a qualidade (defeitos, problemas superficiais, entre outros), elas seguem para a serra de corte longitudinal e a serra transversal (*Cut to Size*), das quais já saem com as medidas comerciais, sendo reempilhadas dando fim ao processo de produção de aglomerado cru.

Nas informações complementares, serão comentadas as possibilidades que estão sendo estudadas, a fim de melhor abastecer o mercado com chapas de dimensões requisitadas por este.

## **6.26 Lixadeira e calibração**

Primeiro a placa bruta é calibrada até cerca de + 0,15 mm acima da espessura final. A calibração pega cerca de 75 a 85% do total da tolerância de lixidão. A placa é lixada simultaneamente nas duas superfícies, podendo a lixidão ser comparada a uma operação de corte. Nesse caso o material abrasivo substitui as facas ou ferramentas. A velocidade de trabalho das correias é de aproximadamente 35 m/s. O material abrasivo é instalado nas correias. As placas lixadas são continuamente verificadas até a espessura final. O aspecto da superfície é inspecionado por meio de espelhos.

### **6.26.1 Lixa em forma de correia**

As lixas podem ser feitas com papéis de multicamadas ou combinadas com linho ou tecidos sintéticos. Recomenda usar somente lixas de origem certificada. Observa que as lixas devem ser armazenadas com cuidado na embalagem original. As lixas programadas para serem instaladas devem ser estabilizadas pelo menos 24 horas antes da operação, expostas ao clima igual ao do local de trabalho. Elas devem ser colocadas sobre um bloco curvo com o mesmo diâmetro da lixadeira. Desde que sejam selecionados os tipos corretos de lixa, do tamanho do grão e da velocidade de alimentação, o pó da lixadeira não vai grudar na lixa.

Os tamanhos de grãos são classificados por números que indicam o seu tamanho. O número pelo qual a lixa é identificada indica a sua granulometria. É a granulometria que determina a capacidade de desbaste. Quanto mais grosso for o grão, menor é o número da lixa.

Como norma geral, o tamanho do grão de sucessivas lixas pode variar no máximo em dois graus. O lixamento é feito com duas lixadeiras (FIGURA 48), uma de calibração e outra de acabamento.

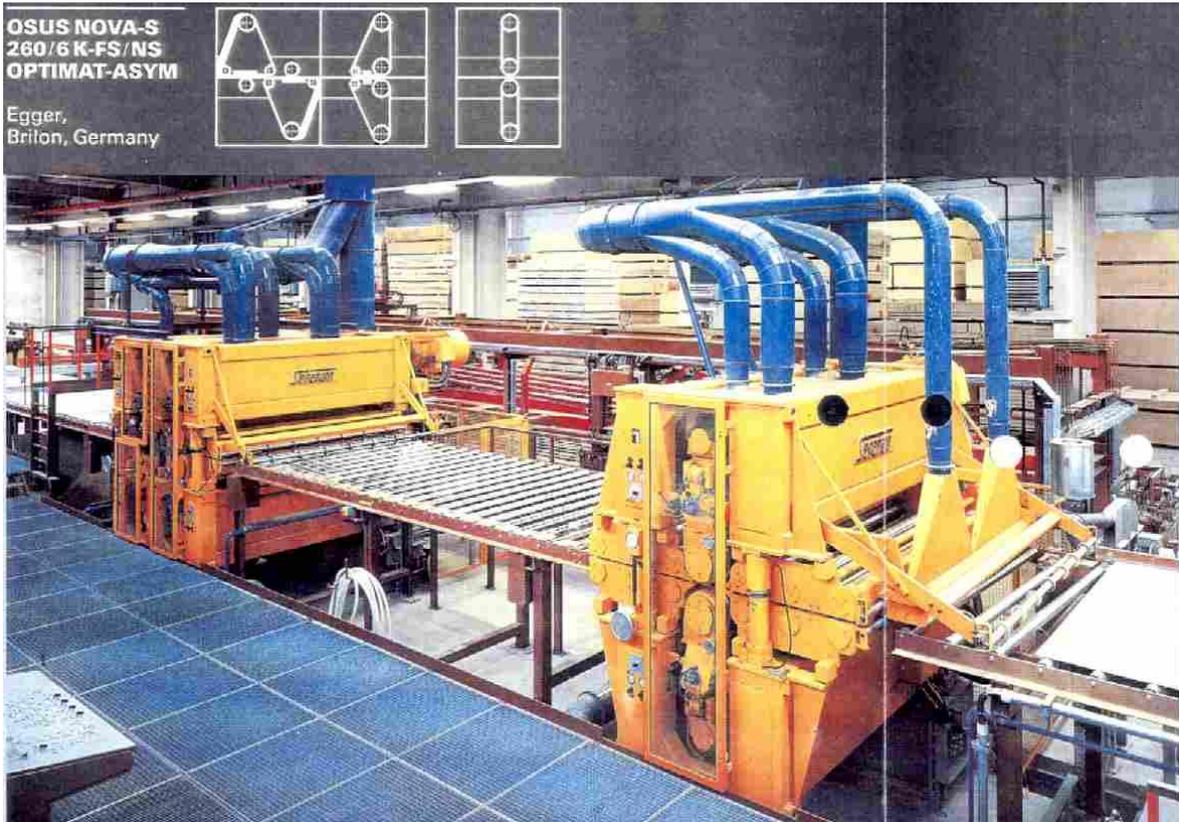


Figura 47 – Lixadeira

Fonte: Siempelkamp (1999)

### 6.27 Corte final

Depois da prensa, a placa é cortada no comprimento, no tamanho intermediário de uma placa padrão. Para se obter o tamanho comercial e pronto para o uso, a placa deve ser dividida de acordo com os vários padrões. A pilha de placas lixadas, com altura de cerca de um metro, é levada para a estação de alimentação. Com o auxílio de um empurrador, as pilhas ou as placas individualmente são empilhadas até a altura máxima de 260 mm. Um sistema de alimentação ao lado faz o transporte para uma serra longitudinal. Seis garras empurram a pilha para a serra longitudinal. Um potente jogo de serras circulares faz os cortes programados. Os rejeitos da serra são levados para uma estação coletora. O conjunto descrito é chamado de serra 'Cut to Size', conforme modelo mostrado abaixo (FIGURA 49).



Figura 48 – Serra de corte final da chapas

Fonte: Siempelkamp (1999)

### 6.28 Empacotamento

Na sequência do processo, os painéis lixados e com o corte final podem ser removidos da linha de produção e enviados diretamente para o empacotamento. A cintagem é realizada em equipamento semiautomático com ação longitudinal e transversal. Os pacotes cintados são posicionados sobre ripas de madeira para colocação da cinta, após o material é armazenado.

## **7 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

### **7.1 Metodologia**

A coleta de dados foi feita através, pesquisa bibliográfica em livros e revista do setor de painéis de madeira reconstituída, e pesquisa eletrônica. Os dados coletados foram agrupados e analisados distintamente. Estes dados englobaram: tecnologia de processo utilizados na linha de produção, e matéria-prima oriunda de floresta plantada e resíduos alternativos.

A metodologia científica utilizada nesta pesquisa para avaliação dos painéis de madeira aglomerada baseou-se no método comparativo feito entre 12 amostras de chapas provenientes de toras, e outras 12 amostras produzidas por meio da adição de material alternativo no processo na porcentagem de 20%. Dentre esses modelos mostram-se os resultados obtidos nas amostragens em relação a cada amostra.

Segundo Malhotra et al. (2004), método de pesquisa é uma lista descritiva que conduz o projeto e abastece de detalhes cada etapa do projeto. A seleção do método de pesquisa tem como consequência as informações necessárias para estruturar e resolver o problema de pesquisa.

Conforme Miranda Neto (2007) existe vários métodos científicos de pesquisa para alcançar os efeitos, porém cada pesquisador emprega seus próprios métodos. E o princípio fundamental de todos eles alicerça-se nos procedimentos que têm o objetivo de levar à compreensão da pesquisa que se quer demonstrar.

Para Gil (1994), quando a informação é considerada científica, ela deverá determinar o meio pelo qual é possível atingir o verdadeiro resultado. O autor sustenta que o método científico é o caminho pelo qual se chega a um conjunto de processos intelectuais para se atingir os resultados ou erudição.

## 7.2 Matéria-prima

Neste estudo avaliaram-se chapas de madeira aglomerada provenientes de resíduos moveleiros em dimensões variadas que atingem comprimento de 1 a 35 mm, com espessuras que variam de 0,5 a 10 mm e largura que gira em torno de 5mm. Esse material é proveniente da indústria moveleira, de sobras de madeira de serraria, cavacos e costaneira picada e de sobra de cavacos do processo de celulose (*pin chips*) e cavacos decorrentes de toras de madeira de eucalipto e pínus.

## 7.3 Variáveis de produção dos painéis

Foram selecionadas 24 chapas no processo de produção: duas a cada mês do ano de 2010, sendo no total 12 chapas com resíduos provenientes de toras e 12 chapas com resíduos alternativos. As amostras de cada produto foram analisadas conforme as normas descritas na Tabela 2, propostas.

Tabela 2 – Variáveis de produção de painéis de madeira reconstituída.

Tabela. Variáveis de produção dos painéis		
Tipo de painel.	Material utilizado.	Quantidade de painéis
Painel Convencional.	Com resíduos de toras.	12
Painel Especial	Com resíduos alternativos	12

Fonte: Autor (2009)

#### 7.4 Variáveis da produção dos painéis com resíduos provenientes de toras e resíduos alternativos

Os painéis aglomerados são produzidos na linha de produção de madeira reconstituída nas dimensões de 2750x1840x15 mm, densidade nominal de 0,70 g/cm<sup>3</sup>. Foram fabricados 12 painéis, com cavacos de toras de eucalipto e pínus e 12 painéis com cavacos de toras de eucalipto e pínus e resíduos alternativos com a composição de 80 % de resíduos de toras, 15% de resíduos de serraria e 5% de resíduos moveleiros.

#### 7.5 Determinação das propriedades físico-mecânicas dos painéis

Para o dimensionamento e a distribuição dos corpos de prova nos painéis de madeira aglomerada convencional e especial, utilizaram-se avaliações físico-mecânicas das chapas de madeira aglomerada conforme as normas ABNT NBR 14810-3 (BRASIL, 2006).

Tabela 3 - Norma ABNT NBR 14810

Espessura (mm)	Densidade Kg/m <sup>3</sup>		Tração Perpendicular ar Mínimo (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistência Superficial Mínimo (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flexão (kgf/cm <sup>2</sup> ) (Mínimo)	Umidade Residual (%)	Inchamento (2 h) % (Máximo)
	Min.	Max.					
09	646	735	4,1	10,2	184	5 a 11	8
10	646	724					
12	595	685					
15	590	670	3,6		163		
18	580	670					
20	585	675					
22	575	665	3,1		143		
25	575	665					
28	575	665	2,5	122			
30	575	665					

Fonte: ABNT NBR 14810- 3: (2006)

Para avaliação dos parâmetros densidade, flexão, inchamento, resistência

superficial, tração perpendicular e umidade utilizou-se a norma ABNT NBR 14810/3 (BRASIL, 2006).

## **7.6 Métodos e resultados dos corpos de prova**

### **7.6.1 Densidade**

A densidade da madeira reconstituída tem relação direta com a densidade da madeira e com a taxa de compressão. A densidade da madeira e a densidade do painel são essenciais para as propriedades mecânicas, influenciando praticamente todas as propriedades dos painéis (Iwakiri et al., 2001).

O objetivo deste ensaio foi determinar a densidade dos corpos de prova de painéis convencional e especial. Densidade é definida como sendo o quociente entre massa ( $m$ ) da amostra e o volume ( $v$ ) desta. Volume é considerado como sendo o produto resultante do comprimento, largura e espessura do mesmo corpo de prova.

Os painéis de madeira aglomerados são produzidos com densidade na média de 0,60 a 0,70 g/cm<sup>3</sup>. De acordo com Kelly (1977), um grau de compactação mínimo das partículas de madeira é necessário para a consolidação do painel de madeira aglomerado durante o ciclo de prensagem.

Conforme Moslemi (1974), a necessidade de compactação é a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira utilizada, sendo considerada como média aceitável os valores entre 1,3 a 1,6, para que haja um contato adequado entre as partículas de madeira e a formação da ligação adesiva entre elas.

### **7.6.2 Flexão**

As variações que afetam as propriedades das chapas de madeira aglomerado são as partículas geométricas maiores, ponto de maior importância na estabilidade dimensional, salienta Maloney (1993).

Destaca Lehmann (1974) que partículas pequenas com espessuras maiores

melhoram a resistência à tração, porém reduzem a tensão à ruptura perpendicular.

Vital (1980) coloca que devem ser observados não somente as partículas, cavacos e flocos de madeira que podem afetar a qualidade das chapas, devendo ser feitas análises antes da utilização pois no processo ocorre interações entre os materiais, sendo necessário verificar a aplicação de material individual ou com misturas.

Os objetivos do teste proposto neste estudo foram determinar na amostragem de painéis convencional e especial a resistência à flexão em um corpo de prova de MDP e verificar se o produto atende as especificações.

Um aspecto avaliado foi a resistência à flexão estática, que, é a resistência que um corpo de prova de MDP apoiado em seus extremos oferece quando sujeito a uma força aplicada em seu centro até a ruptura. Para sua verificação, conforme o autor, o corpo de prova deve ser serrado e identificado com numeração sequencial, com resolução de 0,1 mm até 20 mm de espessura. O comprimento do corpo de prova deve ser de 250 mm, com 20 mm ou mais de espessura, conforme a formula.

$$10 \times e \leq 50 \text{ mm}$$

Onde:

e = espessura do corpo de prova testado em mm.

Expressão dos resultados

A resistência à flexão é dada pela expressão:

$$FL = \frac{1,5 P \times D}{B \times E^2}$$

Onde:

FL = resistência à flexão em kgf/cm<sup>2</sup>;

P = carga de ruptura kgf;

D = distância entre apoios, em cm;

B = largura do corpo de prova, em cm;

E = espessura média tomada em três pontos do corpo de prova, em cm.

O resultado deve ser expresso em kgf/cm<sup>2</sup> com aproximação de 1 kgf/cm<sup>2</sup>, conforme a fórmula.

$$SeçãoInicial = \frac{333 * E^2}{D}$$

### 7.6.3 Inchamento e absorção de água

Iwakiri (1989) afirma que o inchamento em espessura pode se originar devido a variáveis nas etapas de produção, provenientes da geometria das partículas ou de espécies diferentes.

O teste de inchamento tem como objetivo determinar na amostra de painéis convencional e especial o inchamento e a absorção de corpos de água.

O inchamento 2 ou 24 h consiste no aumento percentual da espessura que um corpo de prova de chapa de madeira aglomerada apresenta após ficar imerso 2 h ± 3 min ou 24 h ± 36 min, respectivamente, em água destilada a 20 ± 10°C.

Quanto à absorção 2 ou 24 h, é o aumento percentual do peso de um corpo de prova de chapa de madeira aglomerada quando imerso em água destilada a 20 ± 10°C.

No teste de inchamento, o corpo de prova é serrado nas dimensões de 25 x 25 mm. Enche-se uma banheira com água de modo que o corpo de prova fique totalmente submerso e à temperatura de 20° C. A espessura (E<sub>0</sub>) do corpo de prova é medida com uma precisão de 0,01 mm e sua massa (M<sub>0</sub>) com uma precisão de 0,1 g. Após a água da banheira atingir a temperatura desejada, submerge-se o corpo de prova. Após 2h ± 3 min ou 24 h ± 36 min de imersão, retira-se o corpo de prova da banheira, enxagua-se o corpo de prova com papel absorvente, cuidando para que todo o excesso de água seja removido. Neste momento é medida a nova espessura (E<sub>1</sub>) do corpo de prova no seu centro com uma precisão de 0,01 mm e a massa do

corpo de prova ( $M_1$ ) com precisão de 0,1 g.

Para o cálculo da porcentagem de inchamento da espessura do corpo de prova 2 h ou 24 h, usou-se a expressão:

$$I = \left[ \frac{E_1 - E_0}{E_0} \right] \times 100 = \left[ \frac{E_1}{E_0} - 1,0 \right] \times 100$$

Onde:

$I$  = inchamento da espessura em %;

$E_1$  = espessura do corpo de prova após imersão, em mm;

$E_0$  = espessura do corpo de prova antes da imersão, em mm.

Para o cálculo da porcentagem da absorção de água do corpo de prova 2 ou 24 h pode ser feito empregando a seguinte fórmula:

$$A = \left[ \frac{M_1 - M_0}{M_0} \right] \times 100 = \left[ \frac{M_1}{M_0} - 1,0 \right] \times 100$$

Onde:

$A$  = absorção da água em %;

$M_1$  = massa do corpo de prova após ficar submerso 2 ou 24 h, em g;

$M_0$  = massa normal do corpo de prova antes da imersão, em g.

O resultado deve ser expresso em porcentagem com aproximação de 0,1 %.

A Figura 54 apresenta o dispositivo para manter o corpo de prova submerso na banheira.

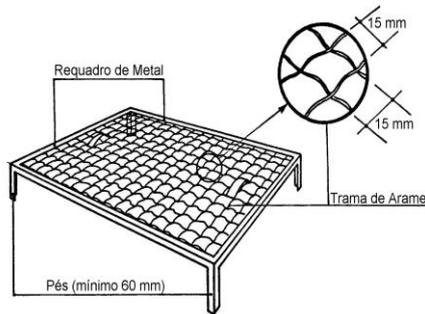


Figura 49 – Detalhe do dispositivo sugerido para submergir os corpos de prova

Fonte: ABNT NBR 14810- 3: (2006, p35)

#### 7.6.4 Resistência superficial

Segundo Moslemi (1974), as partículas mais finas e os flocos conseguem se distribuir melhor, gerando menor espaço no interior da chapa. Como consequência são produzidas chapas com maior resistência superficial.

Os objetivos do ensaio desenvolvido neste estudo foram determinar nas amostragens de painéis convencional e especial a resistência à tração superficial e verificar a resistência superficial oferecida pela chapa quando submetida a uma força de tração.

A resistência superficial, é a resistência que um corpo de prova oferece quando submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente ao plano da face, para promover o arranque de determinada área da camada superficial.

Para corpos de prova na espessura bruta, lixa-se homogeneamente a face em que se realizará o ensaio, até eliminar metade da sobre-espessura. A outra face deve ser levemente lixada, para promover uma superfície ideal para contato quando da colagem.

É preciso confeccionar na superfície a ser testada uma ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova. O diâmetro dessa ranhura deve ser de aproximadamente 35,7 mm, servindo como referência para a colagem do apoio metálico.

Para espessuras inferiores a 10 mm, aquece-se o *apoio metálico* colocando-

se sobre a sua superfície uma quantidade suficiente de adesivo para que esta não ultrapasse a superfície de 50 x 50 mm. Após a fusão do adesivo, cola-se sobre o apoio a face da amostra que foi levemente lixada. Deixa-se curar totalmente. Aquece-se o *corpo auxiliar metálico*, coloca-se sobre a sua superfície uma quantidade suficiente de adesivo e cola-se sobre a superfície ranhurada do corpo de prova, tomando o cuidado para que o excesso de adesivo não ultrapasse a área demarcada pela ranhura anelar. Deixa-se curar totalmente (o centro do corpo auxiliar deve ser o mesmo do corpo de prova). Acopla-se o conjunto (Conjunto 1) ao suporte da máquina universal de ensaio e executa-se o teste.

Cálculos / Expressão dos Resultados – para os cálculos de tração usou-se a seguinte expressão:

MDP (Aparelho de Tração):

$$RS = \frac{P}{S} \quad \text{Onde:}$$

RS = resistência superficial em kgf/cm<sup>2</sup>;

P = força de ruptura em kgf;

S = área em cm<sup>2</sup>.

Os resultados devem ser expressos em kgf/cm<sup>2</sup> com aproximação de 0,1kgf/cm<sup>2</sup>. Os cálculos são realizados automaticamente pelo aparelho de tração.

As Figuras 55 e 56 apresentam vista em perfil do Conjunto 2 (Corpo de Prova - 10 mm).

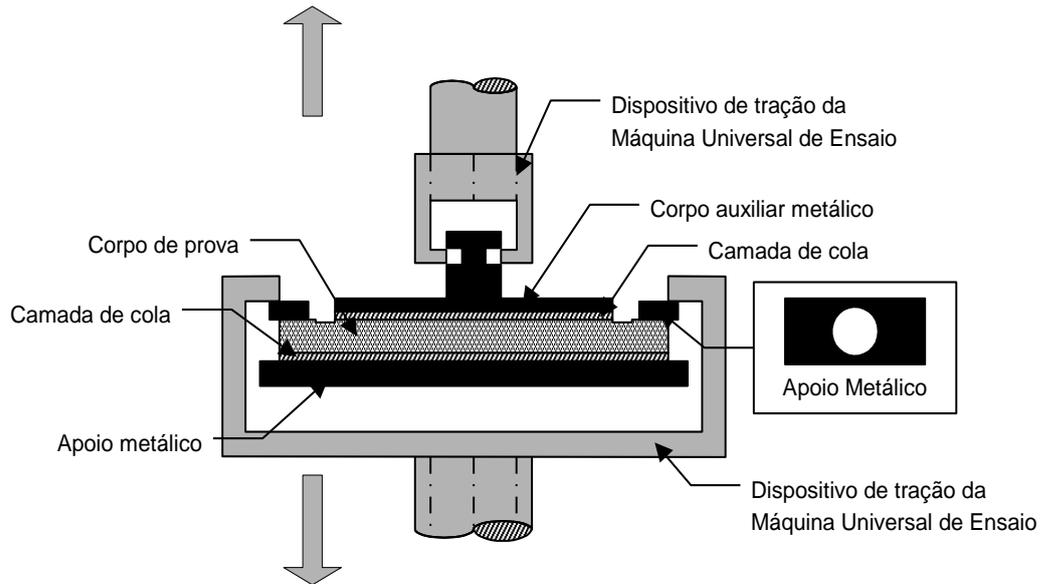


Figura 50 – Conjunto acoplado à máquina de ensaio e o sentido do esforço aplicado no corpo de prova

Fonte: ABNT NBR 14810- 3: (2006, p.45).

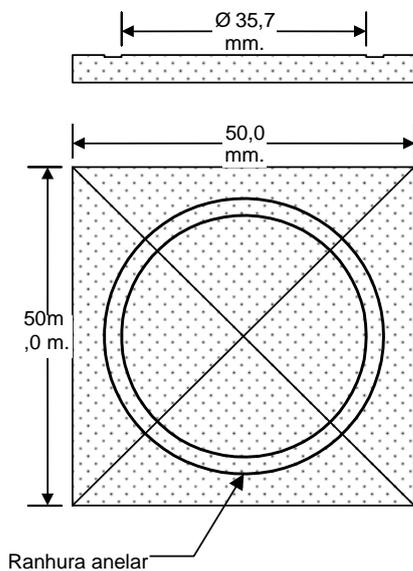


Figura 51 - Vista superior – suporte para sustentação do corpo de prova

Fonte: ABNT NBR 14810- 3: (2006, p.43).

### 7.6.5 Tração perpendicular

Conforme Brumbauch (1992) e Lehmann (1974), a aplicação de partículas

curtas e espessas favorece a resistência à tração perpendicular, mas, em contrapartida, ocasiona a redução da tensão de rupturas.

Os objetivos do presente ensaio foram determinar a resistência à tração perpendicular da amostragem de painéis convencional e especial e verificar se a tração perpendicular atende as especificações.

A resistência à tração perpendicular é a resistência que um corpo de prova de chapa de madeira (MDP) oferece quando é submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente à sua superfície.

Na realização do ensaio, o corpo de prova, deve ser serrado nas dimensões 50 x 50 mm com uma tolerância máxima de 1 mm, sendo logo a seguir identificado no topo com numeração sequencial, conforme procedimento para retirada de amostra para MDP.

Determina-se a densidade de cada corpo de prova antes do lixamento. Lixam-se homogeneamente ambas as faces do corpo de prova, para que não ocorram irregularidades nas superfícies, utilizando óculos de segurança para evitar que qualquer cisco entre nos olhos. Cola-se o corpo de prova entre os dois blocos metálicos, devendo estes serem colados em lados opostos, com adesivo “Hot-Melt” previamente fundido, aplicando uma pressão moderada. As linhas de colagem entre o corpo de prova e os blocos devem situar-se nas superfícies de 50 x 50 mm. Remove-se o excesso de cola. Após a colagem, o conjunto deve ser resfriado até atingir temperatura ambiente, permitindo assim a aderência completa nas linhas de colagem. Acopla-se o conjunto (conforme 2 operação) no dispositivo para prender os blocos nas garras da máquina universal de ensaios, conforme figuras 53, 54, 55 e 56.

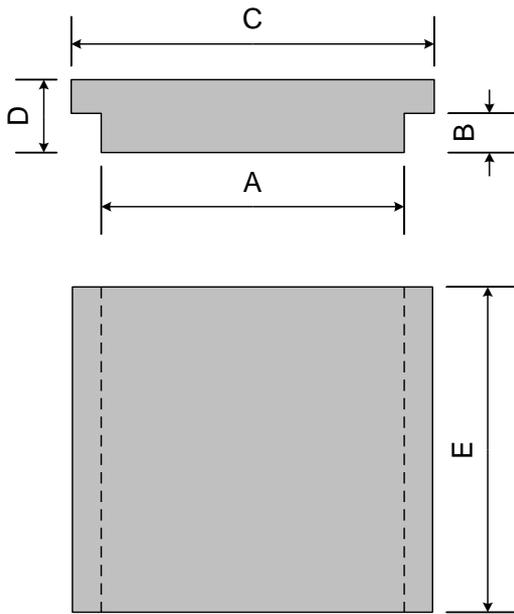
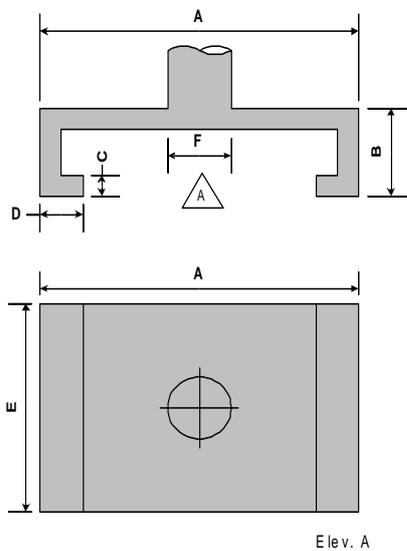


Figura 52 – Dimensões dos blocos de tração

Fonte: ABNT NBR 14810- 3 (2006, p. 44).



Elev. A

Figura 53 – Dimensões do dispositivo para prender os blocos de tração

Fonte: ABNT NBR 14810- 3 (2006, p. 45).

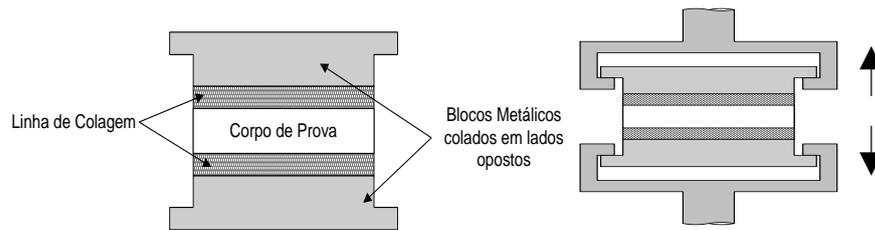


Figura 54 – Conjunto acoplado no aparelho de tração

Fonte: ABNT NBR 14810- 3 (2006,46)

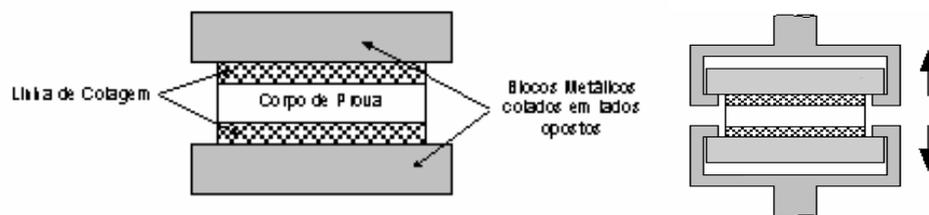


Figura 55 - Corpo de prova entre os dois blocos metálicos formando um conjunto

Fonte: ABNT NBR 14810- 3 (2006, p. 46).

### 7.6.6 Umidade residual

Maloney (1993) salienta que se deve estar atento na produção de painéis com a umidade das partículas de madeira. Conforme o autor, o percentual de umidade são pontos importantes e devem ser previstos com base no projeto original.

O objetivo do ensaio de umidade residual ora desenvolvido foi determinar a umidade residual da amostragem de painéis convencional e especial e verificar se o parâmetro está de acordo com o estabelecido pela norma da ABNT NBR.

A umidade residual, é o residual de água que um corpo de prova apresenta, sendo quantificado pela porcentagem de água desprendida quando submetido à uma temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  até o peso constante.

Nesse procedimento, retiram-se as amostras conforme procedimentos específicos para cada produto, nas seguintes dimensões:

- chapa de fibras: 100 x 100 mm;
- MDP e madefibra: 50 x 50 mm;
- toras de madeira: disco de 2 a 5 cm de largura (para este material desconsiderar o diagrama / 3 corpos de prova);
- cavacos: 100 g, coletando a amostra original em saco plástico hermético.

Para as chapas de MDP e toras de madeira, imediatamente após serrar os corpos de prova, deve-se medir a massa com precisão de 0,01 g ( $P_1$ ). Colocar os corpos de prova em estufa a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , até obter massa constante, que é verificado após duas sucessivas pesagens em intervalos de 30 minutos, nas quais a massa não deve variar mais que 0,1 %.

No caso de painéis reconstituídos ou alternativos, após a retirada dos corpos de prova da estufa, é preciso resfriá-los em dessecador por 20 minutos para posterior medida de massa ( $P_2$ ).

#### Cálculos / Expressão dos Resultados

##### Base Seca

$$U = \left[ \frac{P_1}{P_2} \right] - 1 \times 100$$

##### Base Úmida

$$U = \left[ \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right] \times 1000$$

Onde:

U = umidade residual, em %;

$P_1$  = peso inicial do material em gramas;

$P_2$  = peso seco do material, em gramas.

O resultado é a média aritmética das determinações, expresso em porcentagem, com aproximação de 0,1%.

Neste estudo, o sistema de secagem de cavacos de madeira foi realizado da seguinte forma: a entrada do material úmido não ocorreu diretamente no secador, a sua entrada foi feita em uma tubulação conhecida como bico de pato. Sua adição foi efetuada na parte inicial desse equipamento, onde os gases quentes entram pela planta de energia. Esse ponto é conhecido como pré-secagem. Nele o material tomou um choque de gases quentes para remoção rápida de água. Como o ar é jogado para cima, o material foi arrastado junto e passou pelo bico de pato (curva de 180 graus). Na parte de cima do bico de pato sempre existe uma nevoa de água. Assim, se algum cavaco estiver com alguma fagulha (brasa), ela se extingue nesse ponto. Na sequência, todo o material entrou no secador para a secagem, até atingir a umidade de 2% mais ou menos 0,5%.

Após a secagem, o material foi armazenado no silo seco, de onde foi distribuído para as peneiras e classificado como *oversize*, miolo, superfície e pó:

- *oversize* - encaminhado para os moinhos operações de moagem e peneiramento onde foi novamente picado e encaminhado para o conjunto de peneira 5 e classificado em superfície, miolo e pó;

- miolo - encaminhado para o *airgrader* (classificador pneumático) que jogam o material para o silo de miolo por ar. Neste processo, as partes consideradas pesados demais caíram em um sistema que as enviou para serem picadas novamente pelos moinhos PSKM, seguindo o mesmo esquema de classificação explicado no *oversize*;

- superfície - enviado para o silo de superfície;

- pó - encaminhado para o silo de pó, sendo enviado para os bicos de pó da planta de energia e queimado para gerar calor para secagem do cavaco e aquecimento do óleo da prensa.

Dos silos de superfície e miolo, o material foi encaminhado para as dosadoras, que controlam a quantidade de material a ser enviada para as coladeiras, uma para cada tipo de material (miolo e superfície). Nestas foram

adicionados os químicos (resina, emulsão, sulfato de amônia e água).

Depois de adicionados os químicos, o material seguiu para as estações espalhadoras, sendo duas de miolo e duas de superfície. Primeiramente o material foi espalhado na cinta azul com uma camada de superfície. Por segundo, em cima desse material, foi espalhado o material de miolo e, finalmente, foi espalhada a outra camada de superfície, formando assim o colchão.

O colchão então passou pela pré-prensa para uma compactação inicial e retirada de ar. Com essa compactação, o colchão conseguiu passar para a cinta intermediária e depois para a cinta metálica, sem se desmanchar ou gerar falhas que iriam aparecer depois de prensado.

O colchão então foi prensado na prensa a mais de 150°C, formando assim a chapa. Esta foi cortada em chapas masters que seguiram para um sistema de três estrelas para resfriar, deixando-as à temperatura ambiente.

As chapas foram empilhadas em grandes quantidades e armazenadas por no mínimo 24 horas na área de maturação, de onde foram encaminhadas para lixar e cortar em tamanho padrão.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 Densidade

A Tabela 4 apresenta os resultados para os testes de densidade das chapas provenientes de toras.

Tabela 4 – Teste de densidade para o material de resíduos

Amostra	Amostra 1		Amostra 2	
	Data	Densidade, g/cm <sup>3</sup>	Data	Densidade, g/cm <sup>3</sup>
1	20/01/2010	641,01	22/01/2010	632,08
2	20/02/2010	629,61	22/02/2010	635,86
3	21/03/2010	633,39	22/03/2010	632,03
4	21/04/2010	631,61	22/04/2010	630,84
5	21/05/2010	626,29	22/05/2010	641,94
6	21/06/2010	628	23/06/2010	637,42
7	21/07/2010	633,74	23/07/2010	632,89
8	22/08/2010	635,06	23/08/2010	634,37
9	22/09/2010	638,42	23/09/2010	639,73
10	22/10/2010	641,48	24/10/2010	639,85
11	22/11/2010	631,92	24/11/2010	637,13
12	16/12/2010	634,89	18/12/2010	638,24
Média		633,79		636,03
Desvio padrão		4,78		3,6

Os dados resultantes dos testes para a densidade com material proveniente de toras demonstram que todos os valores estão dentro do especificado pela norma e seu desvio padrão é em torno de 4,2 pontos, o que revela um grau de

padronização com suas medições muito boas para testes realizados em períodos distintos do ano.

A Tabela 5 apresenta os resultados para o material proveniente de resíduos alternativos e toras.

Tabela 5 - Teste de densidade para o material proveniente de resíduos alternativos e toras fazer o mesmo que fez na tabela anterior amostra 1 e amostra 2 e tabela deve ser aberta nas laterais – isto vale para todas as tabelas

		Amostra 1		Amostra 2	
Amostra	Data	Densidade, g/cm <sup>3</sup>	Data	Densidade, g/cm <sup>3</sup>	
1	14/01/2010	630,43	28/01/2010	634,38	
2	14/02/2010	638,14	28/02/2010	636,48	
3	14/03/2010	631,78	28/03/2010	637,71	
4	15/04/2010	637,25	28/04/2010	640,94	
5	15/05/2010	629,52	28/05/2010	635,04	
6	15/06/2010	630,34	29/06/2010	635,89	
7	16/07/2010	627,88	29/07/2010	644,91	
8	16/08/2010	634,71	29/08/2010	645,4	
9	16/09/2010	635,67	29/09/2010	639,16	
10	16/10/2010	638,14	29/10/2010	633,72	
11	16/11/2010	634,53	30/11/2010	633,48	
12	17/12/2010	633,75	19/12/2010	628,18	
Média		633,51		637,11	
Desvio padrão		3,49		4,93	

Os dados provenientes de testes para a densidade com material resultante de toras com material alternativo demonstram que todos os valores estão dentro do especificado pela norma e seu desvio padrão é em torno de 4,5 pontos, considerando períodos distintos do ano.

Maloney (1993) explica que partículas com a densidade de até 60g/cm<sup>3</sup> estão dentro da faixa aceitável para a produção de painéis de madeira reconstituída. O autor afirma que as espécies de maior densidade podem ser utilizadas em mistura com as de menor densidade, podendo assim viabilizar o aproveitamento de várias espécies de madeiras.

## 8.2 Flexão

Os resultados obtidos para os ensaios de flexão estão apresentados nas tabelas 6 e 7 para a amostragem de painéis convencional e especial, a resistência à flexão apresentou todos os valores acima do mínimo exigido pela norma.

Tabela 6 - Teste de flexão - material proveniente de toras

Convencional				
Amostra 1			Amostra 2	
Amostra	Data	Flexão, kgf/cm <sup>2</sup>	Data	Flexão, kgf/cm <sup>2</sup>
1	20/01/2010	176,04	22/01/2010	187,44
2	20/02/2010	163,98	22/02/2010	186,89
3	21/03/2010	166,38	22/03/2010	177,4
4	21/04/2010	165,35	22/04/2010	197,9
5	21/05/2010	174,84	22/05/2010	184,1
6	21/06/2010	169,32	23/06/2010	189,34
7	21/07/2010	180,94	23/07/2010	179,97
8	22/08/2010	193,45	23/08/2010	175
9	22/09/2010	177,03	23/09/2010	181,41
10	22/10/2010	177,46	24/10/2010	187,94
11	22/11/2010	175,57	24/11/2010	184,63
12	16/12/2010	178,7	18/12/2010	175,88
Média		174,92		183,99
Desvio padrão		8,1		6,55

Os testes com material alternativo adicionado à produção demonstraram um ganho de qualidade com o aumento da flexão média (182,26) em relação aos testes apenas com material proveniente de toras (174,92).

Tabela 7 - Teste de flexão: material proveniente de resíduos alternativos e toras

Alternativo				
Amostra 1			Amostra 2	
Amostra	Data	flexão, kgf/cm <sup>2</sup>	Data	Flexão, kgf/cm <sup>2</sup>
1	14/01/2010	165,63	28/01/2010	183,61
2	14/02/2010	172,55	28/02/2010	170,09
3	14/03/2010	181,18	28/03/2010	193,91
4	15/04/2010	179,63	28/04/2010	174,16
5	15/05/2010	188,58	28/05/2010	175,85
6	15/06/2010	189,75	29/06/2010	194,02
7	16/07/2010	170,79	29/07/2010	178,04
8	16/08/2010	179,59	29/08/2010	190,85
9	16/09/2010	196,86	29/09/2010	176,64
10	16/10/2010	188,31	29/10/2010	175,01
11	16/11/2010	191,75	30/11/2010	182,77
12	17/12/2010	182,51	19/12/2010	178,6
Média		182,26		181,13
Desvio padrão		9,31		8

### 8.3 Inchamento e absorção

As tabelas 8 e 9 mostram os testes de inchamento para o material proveniente de toras e material alternativo, respectivamente.

Tabela 8 - Teste de inchamento e absorção - material proveniente de toras

Convencional				
Amostra 1			Amostra 2	
Amostra	Data	Inchamento, %	Data	Inchamento, %
1	20/01/2010	5,76	22/01/2010	3,75
2	20/02/2010	5,82	22/02/2010	4,03
3	21/03/2010	5,6	22/03/2010	4,96
4	21/04/2010	6,18	22/04/2010	4,11
5	21/05/2010	6,89	22/05/2010	4,44
6	21/06/2010	4	23/06/2010	4,04
7	21/07/2010	4,9	23/07/2010	4,66
8	22/08/2010	4,74	23/08/2010	4,1
9	22/09/2010	5,21	23/09/2010	5,11
10	22/10/2010	4,21	24/10/2010	3,51
11	22/11/2010	5,06	24/11/2010	5,67
12	16/12/2010	4,14	18/12/2010	5,48
Média		5,21		4,49
Desvio padrão		0,88		0,69

Neste estudo, o inchamento para o material proveniente de toras e alternativos atingiu 60% do valor máximo permitido pela NBR, que é de 8% (BRASIL, 2006).

As diferenças entre os valores é bastante elevada, na média, os valores para os testes com material alternativo normalmente é um pouco mais alto, mas não significativos a ponto de serem considerados um demérito a este produto.

Tabela 9 – Resultados do teste de inchamento e absorção de material proveniente de resíduos alternativos e toras

Amostra	Alternativo			
	Amostra 1		Amostra 2	
	Data	Inchamento, %	Data	Inchamento, %
1	14/01/2010	5,63	28/01/2010	4,54
2	14/02/2010	6,79	28/02/2010	4,57
3	14/03/2010	5,66	28/03/2010	4,31
4	15/04/2010	4,98	28/04/2010	4,09
5	15/05/2010	5,99	28/05/2010	4,34
6	15/06/2010	5,61	29/06/2010	4,38
7	16/07/2010	5,73	29/07/2010	4,71
8	16/08/2010	5,02	29/08/2010	4,01
9	16/09/2010	5,14	29/09/2010	4,3
10	16/10/2010	5,52	29/10/2010	4,19
11	16/11/2010	4,47	28/01/2010	4,54
12	17/12/2010	4,94	28/02/2010	4,57
Média		5,46		4,38
Desvio padrão		0,6		0,21

#### 8.4 Resistência superficial

Os resultados para a resistência superficial dos materiais proveniente de toras e resíduos alternativos, respectivamente, estão apresentados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Resultado do teste de resistência superficial: material proveniente de toras

Amostra	Convencional			
	Amostra 1		Amostra 2	
	Data	Resistência, kgf/cm <sup>2</sup>	Data	Resistência, kgf/cm <sup>2</sup>
1	20/01/2010	14,8	22/01/2010	14,04
2	20/02/2010	14,45	22/02/2010	12,15
3	21/03/2010	13,57	22/03/2010	13,34
4	21/04/2010	14,06	22/04/2010	13,32
5	21/05/2010	13,56	22/05/2010	17,15
6	21/06/2010	13,2	23/06/2010	14,62
7	21/07/2010	14,28	23/07/2010	13,84
8	22/08/2010	15,65	23/08/2010	12,24
9	22/09/2010	14,8	23/09/2010	13,3
10	22/10/2010	12,95	24/10/2010	14,75
11	22/11/2010	12,81	24/11/2010	13,51
12	16/12/2010	15,03	18/12/2010	14,38
Média		14,1		13,89
Desvio padrão		0,89		1,32

Tabela 11 – Resultados do teste de resistência superficial - material proveniente de resíduos alternativos e toras

Alternativo				
Amostra	Amostra 1		Amostra 2	
	Data	Resistência, kgf/cm <sup>2</sup>	Data	Resistência, kgf/cm <sup>2</sup>
1	14/01/2010	12,67	28/01/2010	13,91
2	14/02/2010	12,44	28/02/2010	12,55
3	14/03/2010	12,43	28/03/2010	13,37
4	15/04/2010	12,52	28/04/2010	13,09
5	15/05/2010	13,16	28/05/2010	14,03
6	15/06/2010	13,69	29/06/2010	14,57
7	16/07/2010	11,25	29/07/2010	16,02
8	16/08/2010	13,13	29/08/2010	12,95
9	16/09/2010	12,8	29/09/2010	13,23
10	16/10/2010	15,82	29/10/2010	14,16
11	16/11/2010	14,44	28/01/2010	13,91
12	17/12/2010	13,84	28/02/2010	12,55
Média		13,18		13,7
Desvio padrão		1,17		0,98

Os resultados da resistência superficial dos painéis convencional e especial apresentaram valores acima do mínimo permitido na NBR, que é de 10,2 kgf/cm<sup>2</sup> (BRASIL, 2006).

### 8.5 Tração perpendicular

As Tabelas 12 e 13 apresentam os resultados obtidos nos testes para a tração perpendicular dos painéis convencionais e com materiais alternativos.

A norma da ABNT prevê um valor maior de 3,6 mm para a tração perpendicular.

Tabela 12 - Resultados do teste de tração perpendicular - material proveniente de toras

Convencional				
Amostra 1			Amostra 2	
Amostra	Data	Tração perpendicular, kgf/cm <sup>2</sup>	Data	Tração perpendicular, kgf/cm <sup>2</sup>
1	20/01/2010	6,72	22/01/2010	5,84
2	20/02/2010	4,35	22/02/2010	5,62
3	21/03/2010	4,86	22/03/2010	5,17
4	21/04/2010	5,4	22/04/2010	6,15
5	21/05/2010	4,37	22/05/2010	5,95
6	21/06/2010	5,19	23/06/2010	6,58
7	21/07/2010	5,55	23/07/2010	6,15
8	22/08/2010	5,48	23/08/2010	5,76
9	22/09/2010	5,8	23/09/2010	5,54
10	22/10/2010	5,41	24/10/2010	5,56
11	22/11/2010	4,94	24/11/2010	4,96
12	16/12/2010	6,55	18/12/2010	6,42
Média		5,39		5,81
Desvio padrão		0,74		0,48

Tabela 13 – Resultados do teste de tração perpendicular: material proveniente de resíduo alternativo e toras

Alternativo				
Amostra 1			Amostra 2	
Amostra	Data	Tração perpendicular, kgf/cm <sup>2</sup>	Data	Tração perpendicular, kgf/cm <sup>2</sup>
1	14/01/2010	5,78	28/01/2010	5,39
2	14/02/2010	5,51	28/02/2010	4,94
3	14/03/2010	5,94	28/03/2010	5,43
4	15/04/2010	6,03	28/04/2010	5,99
5	15/05/2010	5,61	28/05/2010	6,02
6	15/06/2010	5,35	29/06/2010	5,71
7	16/07/2010	5,02	29/07/2010	5,37
8	16/08/2010	4,68	29/08/2010	6,37
9	16/09/2010	5	29/09/2010	5,69
10	16/10/2010	4,36	29/10/2010	5,1
11	16/11/2010	4,8	30/11/2010	5,96
12	17/12/2010	5,64	19/12/2010	6,41
Média		5,31		5,7
Desvio padrão		0,53		0,47

## 8.6 Umidade residual

As tabelas 14 e 15 mostram os resultados para ensaios de umidade residual para os painéis convencional e com material alternativo.

Tabela 14 - Teste de unidade residual - material proveniente de toras

Amostra	Amostra 1		Amostra 2	
	Data	Umidade, %	Data	Umidade, %
1	20/01/2010	6,09	22/01/2010	7,4
2	20/02/2010	5,35	22/02/2010	7,02
3	21/03/2010	5,68	22/03/2010	6,78
4	21/04/2010	5,58	22/04/2010	7,06
5	21/05/2010	5,65	22/05/2010	6,94
6	21/06/2010	5,06	23/06/2010	6,96
7	21/07/2010	5,25	23/07/2010	6,52
8	22/08/2010	5,46	23/08/2010	7,84
9	22/09/2010	5,12	23/09/2010	6,73
10	22/10/2010	5,2	24/10/2010	6,03
11	22/11/2010	5,98	24/11/2010	6,47
12	16/12/2010	6,38	18/12/2010	6,54
Média		5,57		6,86
Desvio padrão		0,41		0,47

Tabela 15 – Resultados do teste de umidade residual - material proveniente de resíduo alternativo e toras

Amostra	Amostra 1		Amostra 2	
	Data	Umidade, %	Data	Umidade, %
1	20/01/2010	6,09	22/01/2010	7,4
2	20/02/2010	5,35	22/02/2010	7,02
3	21/03/2010	5,68	22/03/2010	6,78
4	21/04/2010	5,58	22/04/2010	7,06
5	21/05/2010	5,65	22/05/2010	6,94
6	21/06/2010	5,06	23/06/2010	6,96
7	21/07/2010	5,25	23/07/2010	6,52
8	22/08/2010	5,46	23/08/2010	7,84
9	22/09/2010	5,12	23/09/2010	6,73
10	22/10/2010	5,2	24/10/2010	6,03
11	22/11/2010	5,98	24/11/2010	6,47
12	16/12/2010	6,38	18/12/2010	6,54
Média		5,57		6,86
Desvio padrão		0,41		0,47

## 9 CONCLUSÃO

O volume de matéria-prima e o de recursos naturais que são consumidos pelo setor produtivo não atende as demandas existentes. Esse fato representa grande preocupação, já que a madeira é a matéria-prima principal para a produção do MDP, respondendo por mais de 80% do produto final.

Com base nas análises efetuadas e nos resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho é possível apresentar algumas conclusões

A alternativa de matéria-prima viável para a fabricação do MDP no Brasil é o eucalipto, espécie de rápido crescimento. Além disso, esse gênero de madeira tem ampla variedade de espécies, o que favorece uma seleção mais adequada a cada tipo de solo, clima e região. Outra alternativa é o uso do pínus devido a sua baixa densidade e por possuir características físicas e mecânicas favoráveis à produção de painéis.

A prática ambiental positiva é aumentar a oportunidade de reciclagem de resíduos (moveleiro e de serrarias). Atualmente, com a aplicação das tecnologias descritas permite a utilização de 5% de resíduos (moveleiros) e 15% de resíduos de (serraria). Na fabricação atual é utilizado 50 mil m<sup>3</sup> de (madeira e resíduos)/mês, o consumo destes resíduos são significativos, sendo que cada árvore produz 0,18 a 0,20 m<sup>3</sup> de cavacos onde 12 % da árvore é casca. A utilização deste volume de resíduo mensal (cerca de 10.000 m<sup>3</sup>) equivale a redução de corte de 50 mil árvores/mês ou 600 mil árvores/ano e uma não ocupação de 30 hectares/mês ou 360 hectares/ano.

A utilização racional de recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais da empresa, sem que esse uso comprometa as gerações futuras, é aumentar a oportunidade de reciclagem de resíduos, (moveleiro e de serrarias), e a implantação de novos projetos como “floresta urbana”(utilização de resíduos derivados da madeira em regiões urbanas ) onde empresas já estão analisado métodos de implantação com novas tecnologias e equipamentos nos processos produtivos de madeira reconstituída (MDP).

Com estes procedimentos a Empresa pesquisada pretende seguir a tendência mundial e largamente utilizada na Europa e na América do Norte onde são utilizados 100 % de resíduos alternativos na fabricação de chapas de MDP. Com todas estas alternativas mesmo com a utilização de material alternativo é garantido a qualidade do produto e proporciona um equilíbrio ambiental na redução e utilização da madeira de floresta plantada e forma uma composição para minimizar os impactos ambientais.

## REFERÊNCIAS

ABIPA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA). **Produtos e tecnologia**: nossos produtos. Disponível em: <[http://www.abipa.org.br/fntab/produt\\_e\\_tec.php](http://www.abipa.org.br/fntab/produt_e_tec.php)>. Acesso: junho, 2011.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 14810-1**: 2006 - Chapas de madeira aglomeradas – Parte 1 – Terminologia Wood particleboard – Part 1 Terminology .Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ALBUQUERQUE, C.E.C. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. Curitiba: Universidade do Federal do Paraná, 2002. [Tese Doutorado em Ciências Florestais].

AMARAL, Weber A. N. do; BRITO, Maria Cecília Wey de; ASSAD, Ana Lúcia Delgado; MANFIO, Gilson Paulo. **Políticas Públicas em Biodiversidade: conservação e uso sustentado no país da megadiversidade**. 2010. Disponível em: [www.hottopos.com/.../politicas\\_publicas\\_em\\_biodiversi.htm](http://www.hottopos.com/.../politicas_publicas_em_biodiversi.htm). Acessado em: 20.set.2011.

ANDRITZ Brasil Ltda. **Headquarters**. Curitiba: ANDRITZ, 2009.

AYALA,K.M;Vieira,D. v; DUPUY,, M.A.A.G. Experiencia del aprovechamiento de los residuos en un aserrio. In: CONGRESSO IBERO - AMERICANO DE PESQUISA. **Possibilidades de aproveitamento na indústria de chapas e painéis de madeira reconstituída empregada na indústria da construção civil**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. (Dissertação Mestrado em engenharia civil)

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliottii* Engelm varelliottii plantado no Sul de Brasil**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. (Tese Doutorado)

BRITO, Maria Cecília Wey de. **Unidade de Conservação Intenções e Resultados**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2000.

\_\_\_\_\_. **Unidade de Conservação Intenções e Resultados**. São Paulo: Editora Annablume, 2000.

BRUBAUCH, J. Effect of flake dimensions on properties of particleboards. **Revista Árvore**. Florest Products Journal. Vol 16, Nº 1. Viçosa: Revista Arvore, 1992.

BRUCKA, Bruce; BROCKA, M. Suzanne. **Gerenciamento da qualidade**. Porto Alegre: [s.e.], 1994.

BUAINAIN, Antonio Marcio; BATALHA, Mario Otávio Batalha. **Agronegócios**. V. 06. Brasília: IICA:MAPA/SPA, 2007.

BURGER, L.M; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

BÜTTNER. **Catálogo BUTTNER**. Babcock, Geka-Gesellschaft fur Trocknungs-und Umweltechnik mbH, 1999.

CALLEMBACH, E.et.al. **Guia do Instituto Elmwood de Auditoria Ecologica e Negócios Sustentáveis**. Gerenciamento ecológico: ecomanagement. São Paulo: Cultrix; 1993.

CARNOS, Bernado. **Madeira Aglomerada: conceito e utilização**. Porto Alegre: Sagra, 1988.

DOMENÈCH. **Química ambiental: el impacto ambiental de los residuos**. 2.ed. Madrid: Miraguaio, 1993.

DURATEX. **Catálogo de produtos da Duratex**. São Paulo: Ed. Cor & Arte, 2008.

FAGUNDES, H.A.V. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. [Dissertação Mestrado em Engenharia Civil].

FALCONI, Vicente. **Controle da Qualidade: Ciclos de produtos – Do Projeto á Produção**. Vol. III. São Paulo: J. M. Juram Makron Books do Brasil Editoral Ltda – Editora Mc Graw, 1992.

\_\_\_\_\_. **O verdadeiro poder**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2009.

FUSCO, José Paulo Alves; SALOMANO, José Benedito. **Operações e Gestão Estratégica da Produção**. São Paulo: Arte&ciência. 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

HASELEIN, C. R. **Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões**. V.12, N.2. Santa Maria: Ciência Florestal, 2002.

\_\_\_\_\_. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeiras de eucalipto: Eucaliptus grandis – W. Hill ex – Maiden e embaúva (Cecropia sp.)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1989.

(Dissertação Mestrado em Ciências Florestal).

HILLIG, Éverton. **Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha Geração de Resíduos e perspectivas para sistema de gerenciamento ambiental**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2004.

IMAL. **Catálogo IMAL**. Italya: IMAL, 1999.

IWAKIRI S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: Setsuo, 2005.

\_\_\_\_\_. **A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus***. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. [Tese Doutorado em Engenharia Florestal]

\_\_\_\_\_; KIRI, S.; SILVA, J.R.M.; MATOSKI, S.L.S.; LEONHADT G.; CARON J. **Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de *Pinus* tropicais**. Curitiba: Floresta e Ambiente, 2001.

JUNIOR, Alcir Villela; MARJORIVIC, Jacques. **Modelo e Ferramentas de Gestão Ambiental**. São Paulo: Editora SENAC, 2006.

KELLY, M.W. A critical literature review of relationship between processing parameters and physical properties of particleboard. USDA. Forest Service. **Forest Products Laboratory General Technical Report**. Madison, n.10, p.1-66, 1977.

KIM, M. G. **Examination of selected synthesis parameters for typical wood adhesive-type urea-formaldehyde resins by <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy**. London: Applied Polymer Science, 2000.

LEÃO, Regina Machado. **Floresta e o Homem**. Pesquisa de edição de texto. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2000.

LEHMANN, W. F. Properties of structural particleboards. **Forest Products Journal**. V. 24, N. 1. **Revista Arvore**. Viçosa: Revista Árvore. 1974.

MALHOTRA, Naresh. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 4.ed. Porto Alegre: Bookmann, 2004.

MALHOTRA, Richard. **Estratégia**. Trad. de Rita Magalhães Venagre. Rio de Janeiro: Record, 2008.

MALONEY, Thomas M. **Modern Particle Board & Dry Process Fiberboard Manufacturing**. California, EUA: Miller Freeman, 1993.

MATOS, J. L. M. **Ciclo da prensa em chapas de partículas estruturais Waferboards**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. [Dissertação Mestrado em Ciências Florestais – Setor de Ciências Agrárias].

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MIRANDA NETO, Manoel José de. **Pesquisa para o planejamento: métodos e técnicas**. 1.ed. São Paulo: FGV, 2007.

MOSLEMI, A.A. **Particleboard: Technology**. Vol.2. London: Southern Illinois University Press, 1974.

\_\_\_\_\_. **Particleboard: Materials**. Vol.1. London: Southern Illinois University Press, 1974.

OLANDOSKI, D. P.; BRAND, M. A. ROCHA, M. P. **Avaliação do rendimento em madeira, serrada, qualidade e quantidade de resíduos no desdobro de Pinus**. Curitiba: Agrárias Curitiba, 1998.

OTERO, Maria L. D'Almeida. **Celulose e Papel: Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. Vol I. São Paulo: Senai/IPT, 1981.

PAL. **Catálogo PAL: peneiras vibratórias**. Italya: PAL, 1999.

PALLMANN. **Catálogo PALMANN**. Germany: PALMANN, 1999.

PEREIRA, Paulo Afonso Soares. **Rios, Redes e Regiões: a sustentabilidade a partir de um enfoque integrado dos recursos terrestre**. Porto Alegre: Editora AGE LTDA, 2000.

PFEIL, Enzo V. **Effective Control of Currency Risks: Practical, Comprehensive Guide**. London: Macmillan Books, 1990.

ROQUE. **Painéis de madeira aglomerada**. Disponível em: <[www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br)>. 1998. Acesso em: 20 set. 2011.

SCHNEIDER, Vania Elisabete. **Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha Geração de Resíduos e perspectivas para sistema de gerenciamento ambiental**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2004.

SIEMPELKAMP, Maschinen. Und Anlagenbau GmbH&Co.KG-  
Siempelkampstr.75.47803Krefeld - Operating Instructios ContiRoll -(1999).

SMITH, D.C. **Utilization of wood in the manufacture of particleboard and MDF. Forest Products Society**.The use of recycled wood. Madison: [s.ed.], 1997.

SOUSA, Rosemeri Melo e. **Monitoramento sócio ambiental e tramas da sustentabilidade**. São Paulo: Editora Annablume, 2007.

SUASSUMA, Dulce. **Um olhar sobre Política Ambiental**. Brasília: Thesaurus, 2007.

TACHIZAWA, Takeshy. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: Estratégia de Negócios Focada na Realidade Brasileira**. 2.ed. Porto Alegre:Atlas S.A., 2004.

TALES, Ana Maria S. F. **Rumo a um Desenvolvimento Sustentável**. Indicadores

ambientais. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002. (Série cadernos referencia ambiental; V.9).

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: structure, properties, utilization. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental ISO 14.000**. São Paulo: Editora Senac, 2004.

VIEIRA, Liszt. **Cidadania e Política Ambiental**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Record LTDA, 2006.

VIGNOTE P., S.; JIMÉNEZ P. F. J. **Tecnología de la madera**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996.

VITAL, B. R.; LEHMANN, W. F.; BOOME, R. S. How species and Board Densities Properties of Exotic Hardwood Particleboard. Forest Products Journal. Masison. **Revista Árvore**. V. 24, N. 12. Minas Gerais: Revista Árvore, 1974.

VITAL, B. R.; WILSON, J. B. Efeito da forma geométrica dos flocos e partículas, da densidade das chapas e do tipo de adesivo nas propriedades mecânicas das chapas de madeira aglomerada. **Revista Árvore**. V. 4, N. 2. Minas Gerais: Revista Árvore, 1980.

VITERBO JUNIOR, Enio. **Sistema Integrado de Gestão Ambiental**. São Paulo: Editora Aquariana, 1998.