

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

**GERSON MESSIAS DE ARRUDA**

**ANÁLISE DE ALTERAÇÕES MECÂNICAS NA LINHA DE DOSAGEM DE  
ADITIVOS NA FABRICAÇÃO DE CHAPAS CONSTITUÍDAS ATRAVÉS DE FIBRA  
DE EUCALIPTO**

Botucatu - SP  
Dezembro - 2009

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES

GERSON MESSIAS DE ARRUDA

PROJETO DE PESQUISA  
**ANÁLISE DE ALTERAÇÕES MECÂNICAS NA LINHA DE DOSAGEM DE  
ADITIVOS NA FABRICAÇÃO DE CHAPAS CONSTITUÍDAS ATRAVÉS DE FIBRA  
DE EUCALIPTO**

Projeto de pesquisa apresentado como exigência parcial para a obtenção de aprovação na disciplina Metodologia da Pesquisa Científica e Tecnológica, do Curso Superior de Tecnologia em Logística com ênfase em Transportes, da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, CEETEPS.

Orientador: Prof. Dr. João Alberto Borges de Araújo.

Botucatu – SP  
Setembro – 2010

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela luz, inteligência e força que me deste para a conclusão deste Curso.

Ao Prof. Dr. João Alberto Borges de Araújo, pela orientação, franqueza e constante disponibilidade para a conclusão do presente trabalho.

Aos professores da Fatec Botucatu, por dividirem conosco seus brilhantes conhecimentos acadêmicos.

Aos meus pais, Vitalino Messias de Arruda e Malvina da Conceição Messias, que me ensinaram os princípios da honestidade, determinação, paciência e respeito ao próximo.

À Duratex S.A, nas pessoas do chefe de área de produção MDF, Edson Alexandre Neves, pelo fornecimento de dados e disponibilidade da estrutura fabril.

Ao Eng. de processo, Luís Américo Duarte Pereira, um agradecimento especial pelo fundamental apoio para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos da Duratex, que ao longo desses três anos, gentilmente trocavam seus horários de trabalho possibilitando assim a minha conclusão de curso.

A minha querida esposa Vivian, pelo companheirismo, carinho e apoio em todos os momentos difíceis.

Finalmente não posso deixar de agradecer a todos os colegas de faculdade, por juntos compartilharmos estes três anos de aprendizagem e amizade.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Objetivo .....	2
1.2	Justificativa .....	3
2	REVISÃO DA LITERATURA .....	5
2.1	Administração da Produção .....	5
2.1.1	Sistema de Produção.....	5
2.1.2	Tipos de Sistemas de Produção .....	6
2.1.3	Sistemas automatizados na organização da produção .....	6
2.1.4	Tipos de automação na produção .....	6
2.1.5	Administração da produtividade.....	7
2.1.6	Produtividade.....	7
2.1.7	Capacidade de produção .....	7
2.1.8	Acompanhamento e Controle da Produção .....	7
2.1.9	Custos .....	8
2.1.10	Princípios Fundamentais da Gestão Estratégica de Custos .....	8
2.1.11	Terminologia em custos Industriais.....	9
2.1.12	Onde terminam os custos de Produção .....	9
2.1.13	Estratégia .....	10
2.1.14	A Estratégia Organizacional.....	10
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
3.1	Materiais .....	11
3.2	Métodos empregados .....	11
3.3	Estudos de caso .....	12
3.3.1	A empresa.....	12
3.3.2	Mercado de chapas reconstituídas. ....	13

3.3.3	Os tipos dos painéis reconstituídos.....	14
3.3.4	Início de Produção de MDF no Brasil .....	16
3.3.5	Os Investimentos em MDF no Brasil .....	17
3.3.6	Consolidação da Duratex no Mercado Brasileiro e Internacional.....	18
3.3.7	Histórico da Duratex.....	21
3.3.8	Processos de fabricação de MDF na planta de Botucatu.....	24
3.3.9	Processos de Produção .....	27
3.3.10	Alteração no sistema de dosagem de aditivos na linha de dosagem .....	41
3.3.11	Armazenamento de aditivos .....	42
4	RESULTADO.....	47
4.1	Antigo ponto de adição de aditivos na linha de injeção.....	47
4.2	Atual ponto de adição de aditivos na linha de injeção.....	50
4.2.1	Dosagem de resina.....	50
4.2.2	Dosagem da água 2.....	52
4.2.3	Dosagem de emulsão e água reserva .....	52
4.2.4	Catalisador .....	52
4.2.5	Atual consumo de resina.....	53
4.2.6	Quantidades de chapas por Hora. ....	54
4.2.7	Padrão produtivo .....	54
4.2.8	Custo da resina no processo de fabricação de MDF por m <sup>3</sup> .....	55
5	CONCLUSÃO .....	58
	REFERÊNCIAS .....	60

## LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1- Vista aérea da planta de Botucatu.....	12
Figura 2- Descarregamento e alimentação da madeira.....	27
Figura 3- Picador de toras.....	28
Figura 4- Silo do maracanã, Pátio externo de cavaco, Rosca extratora de alimentação .....	30
Figura 5- Peneira de disco .....	31
Figura 6- Desfibrador .....	33
Figura 7- Linha de injeção de aditivos .....	34
Figura 8- Secador e Classificador de fibras.....	36
Figura 9- Sala de controle.....	39
Figura 10- Estoque Vertical (ponto de climatização da chapa).....	41
Figura 11- Tanques de armazenagem.....	42
Figura 12- Cilindros de dosagem de resina .....	44
Figura 13- Cilindros de dosagem de emulsão .....	45
Figura 14- Armazenagem e preparo do catalisador.....	46
Figura 15- Atual ponto de dosagem .....	51
Figura 16- <b>DISCHARGER</b> (descarregador) .....	53
Figura 17- Antes da alteração.....	56
Figura 18- Depois da alteração.....	57
Gráfico 1- Composição de chapas de madeira .....	4
Gráfico 2- Composição do mercado de MDF .....	16
Gráfico 3- Capacidade Nominal Brasileira (mil/m <sup>3</sup> ).....	17
Gráfico 4- Ranking de capacidade Brasileira 2011 .....	19
Gráfico 5- Ranking de capacidade Sul Americana 2011.....	20
Gráfico 6- Composição do MDF 15,0 mm.....	25

Gráfico 8- Redução do consumo de resina.....	57
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Faturamento em 2009 .....	17
Tabela 2- Produção, Importação, Exportação e Consumo Interno MDF (m <sup>3</sup> ) .....	18
Tabela 3- Linhas de Produtos da Duratex e de seus Principais Concorrentes.....	19
Tabela 4- Antigo ponto de dosagem.....	49
Tabela 5- Comparativos de Fabricação .....	50
Tabela 6- Análise das variáveis após as alterações .....	53

## RESUMO

O presente estudo objetiva analisar o processo de fabricação de chapas, em duas situações reais de adição de aditivos, sabendo que esta é uma parte do processo onde existe um grande potencial de redução de custo, foram feitas alterações físicas e mecânicas no posicionamento dos bicos de dosagem de aditivos, a fim reduzir o custo de fabricação, obtendo melhor homogeneização, proporcionado pelo aumento do turbilhonamento existente dentro do duto transportador de fibra, fazendo com que ocorra uma distribuição mais homogênea na dosagem de aditivos.

Este trabalho foi realizado na DURATEX unidade de Botucatu interior de São Paulo, onde deve ser avaliado se este novo sistema de dosagem de aditivos está proporcionando uma redução significativa no consumo de resina no processo.

Por se tratar de uma linha de produção contínua, qualquer redução que venha a ser feita no que se referem a consumo de matéria prima e/ou insumos torna-se impactante em curto prazo de horas produtivas. Portanto após a coleta, análise e comparação dos dados do processo produtivo, foi possível constatar que houve uma redução 1,72% no custo do m<sup>3</sup> de chapas. Etapa do processo foi escolhida como tema a ser estudado devido ao valor que estes aditivos agregam ao produto, os ganhos de produtividade que se pode ter com uma dosagem bem homogênea, a redução dos índices de perdas, a melhora de qualidade aparente e tecnológica do produto e as possibilidades de redução de consumo.

**Palavras chave:** Redução, Transporte, Consumo, Produtividade, Custos.



## 1 INTRODUÇÃO

O cenário turbulento pelo qual o mundo está passando, tem feito as empresas se repensarem, objetivando aumento apreciável de produtividade e qualidade para sobreviverem à competição quase predatória na arena dos negócios. É nesse cenário, também, que surge a Reengenharia, inovando as empresas para que atinjam elevados índices de competitividade (JOIA, 1994).

Este trabalho foi realizado na empresa DURATEX, unidade de Botucatu-SP, que é uma empresa brasileira, privada, de capital aberto, com ações negociadas na BM&FBOVESPA, e controle compartilhado pelo Grupo Itaúsa – Investimento Itaú S.A., detentor de 39,6% das ações.

Segundo Martins; Laugeni (2006), a Produtividade pode ser definida como a procura incessante para melhorar novos métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de adquirir uma melhoria na produtividade com o menor custo possível. Essa procura hoje é a mais utilizada nas empresas, mudando apenas as metodologias utilizadas em cada empresa.

Nele apresentara a influência de uma alteração física mecânica na linha de dosagem de aditivos no processo de fabricação de chapas constituídas através de fibra de eucalipto, demonstraremos um contexto geral do mercado de chapas de MDF sigla em inglês de *Medium Density Fiberboard*, as empresas, suas posições no mercado e também o processo contínuo de fabricação de chapas prensadas e as características técnicas dos produtos fabricados na unidade de Botucatu o MDF, um produto com superfícies lisas e homogêneas manufaturado com adição de resina sintética (Uréia- Formol). Este produto normalmente é utilizado para confecção de móveis (Portas e estrutura), que tem como principal atrativo para o mercado a sua capacidade de usinabilidade.

A atividade de otimização é de extrema importância dentro das organizações, pois permite identificar as perdas e reduzir os custos de produção. Sendo assim, tornam-se

necessárias alterações no processo de fabricação, tendo que implantar novas mudanças fazendo a reengenharia dentro da produção e da organização.

Para isso deve-ser observado às oscilações existentes no processo produtivo garantindo que eles sejam vistos em sua totalidade, assim se utilizado a prática da melhoria contínua, levará ao aperfeiçoamento auto-sustentado e continuado dos processos da produção.

A competitividade existente no mercado gera um estado dinâmico que estimula as empresas a investir e a inovar visando à maximização dos seus ganhos e o aproveitamento ótimo dos recursos disponíveis, tornando necessário o acompanhamento dos avanços tecnológicos, onde máquinas e equipamentos tendem a ficar ultrapassados e/ou obsoleto tornando em determinados casos inviável seu uso. Para retardar este fato as organizações investem em pessoas capazes de, com os recursos disponíveis customizar o processo produtivo, tornando viável a aplicação de recursos financeiros para a otimização do processo de produção.

Nas empresas onde a produção é contínua, como é o caso das empresas de fabricação de chapas de madeira (MDF), na qual foi feito o estudo de caso, existem perdas que são inevitáveis, mas pode ser minimizado, assim este trabalho irá demonstrar os resultados obtidos após a alteração física mecânica no processo de adição de aditivos na fabricação de chapas de MDF, demonstrando de forma conciso a importância do comprometimento dos envolvidos e efetuando comparações entre o sistema atual de dosagem de resina com o um novo sistema que esta em teste, além de equiparar os resultados com outras unidades do mesmo segmento do grupo Itaúsa respeitando as particularidades de cada uma.

## **1.1 Objetivo**

O presente trabalho tem por principal objetivo, analisar e comparar dois sistemas de aplicação de aditivos em uma linha de produção contínua e demonstrar de forma clara os resultados obtidos através desta otimização no processo de fabricação de chapas reconstituídas. São, portanto objetivos secundários deste trabalho:

- Demonstrar o processo de fabricação em linha contínua
- Demonstrar o mercado de chapas de MDF
- Efetuar comparações com outras unidades do mesmo segmento, uma vez que estas servirão como base de comparação para a verificação do resultado alcançado.

## 1.2 Justificativa

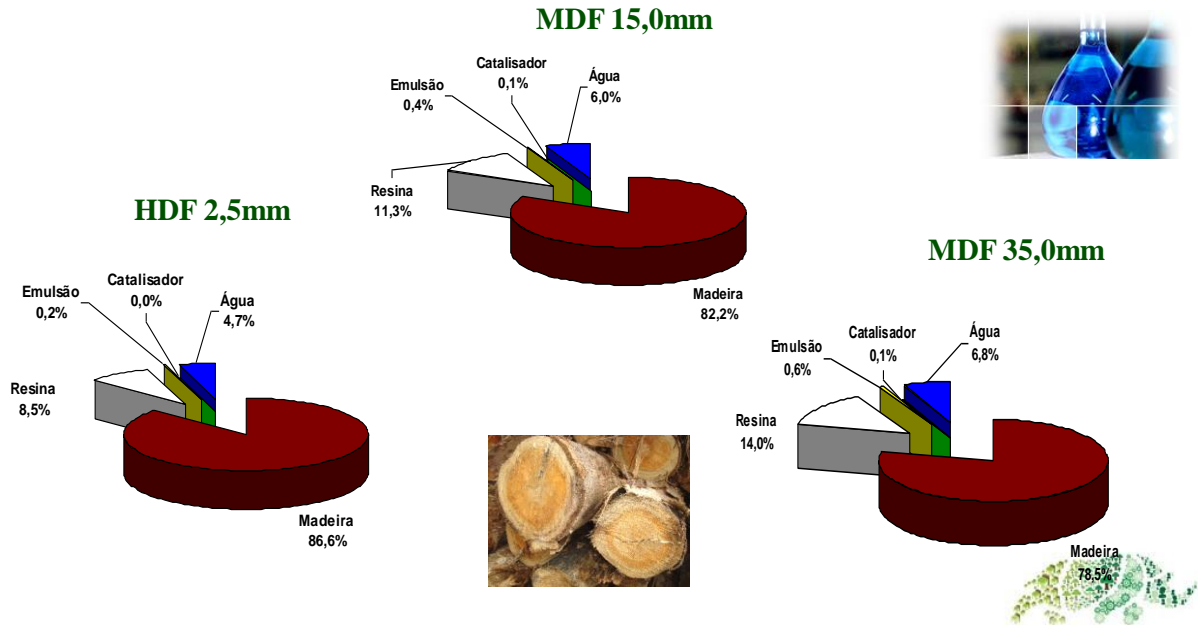
Torna-se relevante esta obra acadêmica, pois os assuntos abordados neste tema são pertinentes ao aprendizado adquirido ao longo do curso de formação tecnológica, uma vez que se trata de uma possível redução de consumo em processo de fabricação em uma linha contínua de produção em massa, trata-se de uma alteração no posicionamento dos bicos injetores de aditivos, que estão localizados em um sistema de duto, que tem a finalidade de transportar as fibras já com os aditivos adicionados até a formadora (ponto de acomodação das fibras para iniciar o processo de formação do colchão)

Este estudo é importante porque se trata de uma condição nova, e que não há ainda registros bibliográficos sobre o tema, fazendo que este trabalho seja de extrema importância, por representar a exploração de um tema único, faz-se respeitável, pois será possível analisar a viabilidade de investimentos financeiros em alteração física mecânica no processo de aplicação de aditivos na linha de produção de MDF, a fim de reduzir o custo de fabricação de chapas de fibra de eucalipto.

Torna-se importante, pois se trata de uma linha de produção contínua onde a quantidade de insumos necessários é alta e o insumo em questão representa o segundo maior custo na composição do produto, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1- Composição de chapas de madeira

## Composição dos Produtos



SDF  
Treinamento Aprendiz - 2010

Fonte: Duratex SA, 2010.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Administração da Produção**

Considerando a definição de administração como sendo o processo de planejar, organizar, liderar e controlar o trabalho das pessoas, da organização e utilizar da melhor forma possível os recursos disponíveis para conseguir realizar os objetivos estabelecidos. É possível dizer que administrar a produção consistem em aplicar, da melhor forma, os recursos destinados à produção de bens ou serviços.

Slack et al. (2002) definem administração da produção como sendo as atividades, decisões e responsabilidades dos gerentes de produção.

#### ***2.1.1 Sistema de Produção***

Segundo Moreira (2002) o sistema de produção é uma organização abstrata, como um conjunto de operações e atividades relacionadas com a produção de serviços ou de bens.

Os principais elementos que fazem parte no sistema de produção são: insumos, os produtos ou serviços, o sistema de controle e o processo de conversão.

Os insumos: são as matérias- primas que serão transformados em produtos e também as atividades que faz o sistema funcionar, como os equipamentos e máquinas, mão-de-obra, conhecimento técnico do processo, capital, etc.

- O sistema de controle: é um conjunto de atividades que visa utilizar os recursos de forma correta, garantindo a qualidade e atendendo as programações.
- O processo de conversão: em serviços não há transformação, o serviço é criado. Já em manufatura é alterada a forma dos recursos ou do formato da mão-de-obra.

### ***2.1.2 Tipos de Sistemas de Produção***

Segundo Moreira (2002), os sistemas são formados por três categorias:

- ✓ Sistema de produção contínua ou fluxo em linha;
- ✓ Sistema de produção por lotes ou por encomenda;
- ✓ Sistema de produção de grandes projetos sem repetição.

### ***2.1.3 Sistemas automatizados na organização da produção***

Automação é uma tecnologia que permite adquirir novos padrões de qualidade e uma flexibilidade na produção, inserindo no processo sistemas computadorizados, mecânicos e elétricos, para ter um melhor controle na produção sem perda na produtividade (MOREIRA, 2002).

### ***2.1.4 Tipos de automação na produção***

- Automação Fixa;
- Automação Programável;
- Automação Flexível;

**Automação Fixa:** denominada por grandes taxas de produção e é caracterizado pelas seqüências de operações onde é fixada a configuração dos equipamentos.

**Automação Programável:** nesse sistema, o equipamento tem a flexibilidade de produzir diferentes tipos de produtos e é aconselhável que a produção seja feita em lotes. É um sistema que exige altos investimentos em equipamentos devido à sua flexibilidade.

**Automação Flexível:** é um sistema, onde consegue ter um ganho na produtividade devido não ter perda de tempo na troca de um produto para o outro, também é o seu diferencial em relação à automação programável. (MOREIRA, 2002).

### ***2.1.5 Administração da produtividade***

Segundo Martins e Laugeni (2006), a administração da produtividade está relacionada com o processo formal de gestão, envolvendo todos os colaboradores e todos os níveis de gerência, com o objetivo de reduzir os custos de manufatura, distribuição e venda de um produto ou serviço por meio da integração do ciclo da produtividade.

### ***2.1.6 Produtividade***

A Produtividade pode ser definida como a procura incessante para melhorar novos métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de adquirir uma melhoria na produtividade com o menor custo possível. Essa procura hoje é a mais utilizada nas empresas, mudando apenas as metodologias utilizadas em cada empresa (MARTINS; LAUGENI, 2006).

Já Falconi (1994), define como sendo produtividade a capacidade de se produzir cada vez mais com cada vez menos.

### ***2.1.7 Capacidade de produção***

Moreira (2002) chama de capacidade a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos, unidade produtiva num dado intervalo de tempo.

Slack (2002) define capacidade de produção como sendo o máximo nível de atividade de valor adicionado em um determinado período de tempo que o processo pode realizar sob condições normais de operação.

### ***2.1.8 Acompanhamento e Controle da Produção***

Segundo Tubino (2006), o objetivo do acompanhamento e controle da produção é disponibilizar uma ligação entre o planejamento e a execução das atividades operacionais, identificando os problemas e sua magnitude, disponibilizando assim condições para que áreas responsáveis pelas ações corretivas possam agir.

### **2.1.9 Custos**

Para Martins (2001), o mercado vem se tornando cada vez mais competitivo, sejam de serviços, comerciais ou industriais, para as empresas os custos tornaram-se altamente relevantes quanto à tomada de decisão, o conhecimento dos custos é de extrema importância para saber se, dado o preço, o produto é rentável, ou, se não é rentável, e se é possível reduzir o custo. O custo de produção é um importante instrumento no processo de decisão.

### **2.1.10 Princípios Fundamentais da Gestão Estratégica de Custos**

A gestão estratégica de custos é formada por três grupos: princípios de custos, princípios de mensuração de desempenho e princípios de investimentos.

#### **2.1.10.1 Princípios de Custos:**

- Custos relevantes devem ser apropriados, preferencialmente, diretamente aos objetos que se pretende custear;
- O custo real deve ser confrontado com o custo- meta;
- Devem ser estabelecidos centros de custos com base em grupos homogêneos de atividades;
- A utilização do custeio baseado em atividades deverá melhorar o processo de apropriação.

#### **2.1.10.2 Princípios de Mensuração de Desempenhos:**

- Devem ser estabelecidas mensurações de desempenho para as atividades relevantes;
- Essas mensurações de desempenho devem ser de natureza financeira e não- financeira;
- As mensurações de desempenho devem ser consistentes com os objetivos da empresa;
- As mensurações de desempenho devem melhorar a visibilidade dos direcionadores de custos.



### **2.1.10.3 Princípios de Gestão de Investimentos:**

- Deve dar suporte para atingir o custo- meta;
- Deve ser mais que um processo de orçamento de capital;
- Deve dar suporte ao processo de redução ou eliminação de atividades que não adicionam valor;
- As decisões de investimentos devem ser tomadas com suporte de múltiplos critérios.

### ***2.1.11 Terminologia em custos Industriais***

Martins (2001) define algumas terminologias em custos como:

- Gasto: sacrifício financeiro com que a entidade arca para obtenção de um produto ou serviço qualquer;
- Investimento: gasto ativado em função de sua vida útil ou de benefícios atribuíveis a futuro período;
- Custo: gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços;
- Despesa: bem ou serviço consumidos direta ou indiretamente para obtenção de receitas;
- Desembolso: pagamento resultante da aquisição do bem ou serviço pode ocorrer antes, durante ou após a entrada da utilidade comprada, portanto defasada ou não do momento do gasto;
- Perda: bem ou serviços consumidos de forma anormal e involuntária. Não se confunde com a despesa (muito menos com o custo), não é um sacrifício feito com intenção de obtenção de receita;

### ***2.1.12 Onde terminam os custos de Produção***

É difícil a visualização onde termina os custos de produção, já o início dos custos é mais fácil. Para saber o término basta saber se o produto está pronto para a venda, aí todos os gastos são custos e a partir desse momento, são despesas (MARTINS, 2001).

### ***2.1.13 Estratégia***

Segundo Constantine (2006), é primordial entender o negócio do cliente para oferecer o que ele necessita ou precisa.

Estratégia nada mais é do que alcançar no seu negócio uma vida nova. Uma estratégia eficiente inicia quando o empreendedor se coloca no lugar do cliente (SOUZA, 2006).

### ***2.1.14 A Estratégia Organizacional***

No ambiente altamente dinâmico e competitivo da atualidade, a estratégia também deve ser dinâmica. O sucesso organizacional atual depende da antecipação das tendências de mercado e da rapidez de resposta ao ambiente. Para tanto, as organizações necessitam de capacidades estratégicas que sejam difíceis de ser imitadas por partes dos concorrentes (SLACK et al., 2000)

Já para Porter (1996), a essência da estratégia está na escolha organizacional em desempenhar atividades de uma forma diferente da concorrência. As posições estratégicas das organizações podem estar baseadas nas necessidades dos clientes, na interação com eles ou na variedade de produtos e serviços.

Ansoff (1990) definiu a estratégia como um elemento entre vários outros conjuntos de decisões que orienta o comportamento das organizações.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais**

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados:

- ✓ Softwares do Office da Microsoft, como planilhas eletrônicas do Excel e editor de texto Word (Windows 7)
- ✓ Trena de 8 metros.
- ✓ Caneta esferográfica azul, ponta grossa.
- ✓ Caderno universitário 200 folhas, formato 200x275mm.
- ✓ Telefone
- ✓ Internet 500 kbps.
- ✓ Livros relacionados ao assunto

#### **3.2 Métodos empregados**

O método utilizado para este estudo de caso foi o método dedutivo. Partindo do conhecimento técnico operacional e utilizando o intelecto humano com proposições, para concluir, através de mecanismos de comparações quais são os dados que levam às respostas verdadeiras, falsas ou prováveis sobre o tema.

### 3.3 Estudos de caso

#### 3.3.1 A empresa

Este trabalho foi realizado na empresa DURATEX, unidade de Botucatu-SP, que é uma empresa brasileira, privada, de capital aberto, com ações negociadas na BM&FBOVESPA, e controle compartilhado pelo Grupo Itaúsa – Investimento Itaú S.A., detentor de 39,6% das ações. Nele buscaremos focar somente a planta do processo a seco, ou seja, linha de produção de MDF, HDF e SDF localizada em Botucatu interior de São Paulo.

Esta linha possui uma capacidade produtiva de aproximadamente 360.000m<sup>3</sup> de MDF por ano. No entanto, seu mix de espessura varia entre 2,5mm – 4,0mm (HDF), com velocidade máxima de 1400 mm/s; >4,0mm – 6,0mm (pisos), com velocidade máxima de 1150 mm/s; >6,0mm – 35,0mm (MDF), velocidade mínima de 120 mm/s.

Esta planta opera com cinco turnos rotativos, seis horas por dia, 360 dias por ano, com um total de 134 funcionários. Seu tempo de setup varia entre 2 a 15 minutos, (Figura 1).

Figura 1- Vista aérea da planta de Botucatu



Fonte Duratex - 2010

### *3.3.2 Mercado de chapas reconstituídas.*

#### **3.3.2.1 Origens de painéis reconstituídos no Brasil**

Segundo Rosane Donati (2010), superintendente executiva da ABIPA, os painéis reconstituídos surgiu na Alemanha, no início da década de 40, a utilização das chapas de partículas de madeira aglomerada como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira face a dificuldade de obtenção de madeira de boa qualidade para produção de lâminas para compensados, como resultado do isolamento do país durante a Segunda Guerra Mundial.

Outro grande problema fez com que a produção fosse paralisada pela falta de resina, tendo em vista a prioridade do uso de petróleo para fins militares. A partir da década de 60, houve uma grande expansão com novas instalações industriais e avanços tecnológicos. Em 1966, com uma defasagem de 16 anos, o painel de madeira aglomerada começou a ser produzido no Brasil. Em 1967, foi criada a ABIMA – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Aglomerada transformando-se, em 1994, em ABIPA – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira, incorporando, assim, as indústrias produtoras de chapas duras.

A partir desse momento, a indústria de painéis iniciou sua fase de investimentos da ordem de US\$ 1,3 bilhão, na modernização e atualização tecnológica das plantas existentes com linhas contínuas, novos processos de impressão, impregnação, revestimento e pintura. Dando continuidade ao seu programa de investimentos, na ordem de US\$ 1,2 bilhão, com a instalação de novas unidades industriais de MDF, HDF e MDP, modernização e ampliação de capacidade e, ainda, expansão das áreas de reflorestamento.

Atualmente a indústria de painéis está projetando um aumento de sua capacidade nominal anual dos 9,6 milhões de m<sup>3</sup> em 2010, para aproximadamente 10,5 milhões m<sup>3</sup>/ano em 2012.

### 3.3.3 Os tipos dos painéis reconstituídos

#### 3.3.3.1 Chapas de fibras:

São chapas de alta densidade produzidas com madeira reflorestada de eucalipto. De acordo com o seu acabamento, pode receber duas denominações:

A ABIPA (2006) define a chapa dura como uma chapa plana, produzida com fibras de madeira aglutinadas pelo processo de alta temperatura (calor) e pressão. Não recebe resina sintética, pois é prensada a quente pelo processo úmido que reativa os aglutinantes naturais da própria madeira. O resultado é uma chapa plana de alta densidade (1,0 a 1,15 g/m<sup>3</sup>), que pode ter várias opções de revestimentos. Estas chapas têm como características serem versáteis para fabricação de uma série de produtos e de aplicações (revestimentos de portas, moveis, divisórias, etc.). Possuem superfície lisa e podem receber corte em qualquer direção e serem trabalhadas de diversas formas: estampadas, curvadas, moldadas, usinadas, cizalhadas e pintadas. Isso porque as chapas são produzidas com as fibras do *Eucalipto* que são aglutinadas pela própria resina natural da madeira (lignina), além de serem termoplásticas e por possuírem alta densidade.

##### 3.3.3.1.1 Duratree:

É a chapa de fibra sem qualquer revestimento e que pode ser estampada, pintada laqueada e revestida de diversas formas. Possui grande flexibilidade de aplicação: fundos de móveis, tamburatos, interno de veículos, embalagens, etc.

##### 3.3.3.1.2 Duraplac:

É a chapa de fibra pintada, com a face principal em diversos padrões e acabamento semifosco ou brilhante. Permite combinações com Madefibra e Madeplac e é ideal para fundos de armários e gavetas, portas e painéis divisórios.

### **3.3.3.2 Madeira Aglomerada (MDP)**

São painéis produzidos a partir de partículas de madeira selecionada de eucalipto. Permitem as mais diversas aplicações na indústria moveleira e na construção civil. De acordo com o seu acabamento, podem receber diferentes denominações:

#### 3.3.3.2.1 MaDePan

É o painel de MDP, sem revestimento. Possui superfície lisa e plana, que pode receber pintura, verniz e revestimento. É ideal para fabricação de móveis com planos retos.

#### 3.3.3.2.2 MaDePlac BP

Painel de madeira revestido nas duas faces com laminado melamínico de baixa pressão. Ideal para mobiliário e revestimentos no geral. Suas principais vantagens são a agilidade no processo de fabricação e a resistência da superfície acabada, principalmente quando comparado a acabamentos convencionais como a pintura e a lâmina de madeira.

#### 3.3.3.2.3 MaDePlac FF

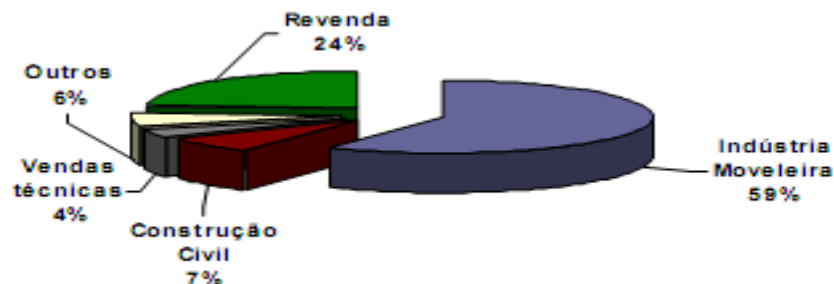
É o painel de madeira revestido com película celulósica do tipo *finish foil*, protegida por camada de verniz. Possui diversos padrões. Ideal para produção industrial de móveis.

### **3.3.3.3 MDF (sigla em inglês para painel de fibra de madeira de média densidade)**

É um tipo de painel de madeira reconstituída através de fibra de eucalipto, é um produto relativamente novo já que o início de sua produção ocorreu na década de 60. Possui consistência e algumas características mecânicas que o aproximam da madeira maciça e difere do painel de madeira aglomerada basicamente por apresentar parâmetros físicos de resistência superiores, boa estabilidade dimensional e excelente capacidade de usinagem. O principal demandante desse painel no Brasil é a indústria moveleira, constituindo-se a construção civil um mercado potencial, ainda não devidamente explorado, principalmente em itens como

pisos, rodapés, almofadas de portas, divisórias, batentes e peças torneadas, entre outros. Como mostra o Gráfico 2:

Gráfico 2- Composição do mercado de MDF



Fonte: Duratex 2007

### 3.3.4 Início de Produção de MDF no Brasil

O MDF no Brasil sua começou fabricação em 1997, na Duratex unidade de Agudos ocorrendo, desde então, um expressivo crescimento de consumo, evidenciando a aceitação do produto pelo mercado e atraindo a instalação de mais fabricantes como Tafisa (final de 1998), localizada em Pien; da Masisa (início de 2001), situada em Ponta Grossa e a da Placas do Paraná (final de 2001), localizada em Jaguariaíva, todas no Estado do Paraná.

A produção mundial de MDF duplicou entre os anos de 1996 e 2000, equivalentes a um crescimento médio anual de cerca de 20%. Estados Unidos, Alemanha e China, juntos, representam 39% do volume produzido. No período mencionado foram acima de 30% ao ano os acréscimos de produção verificados na Alemanha, França, China e Brasil. A produção brasileira no ano 2000 representou 2% do volume mundial.

O consumo mundial de MDF vem crescendo cerca de 20% a.a., em média. Os principais consumidores, Estados Unidos, China e Alemanha, respondem por cerca da metade da demanda global. Analisando-se países selecionados, observam-se taxas de crescimento acima da média mundial na China, na Alemanha e no Brasil.



### 3.3.5 Os Investimentos em MDF no Brasil

Para os próximos anos, estão previstos novos investimentos com valores aproximados de US\$ 1,2 bilhão na instalação de novas unidades industriais, que irão proporcionar um aumento da capacidade instalada atual (2009) de 8,5 milhões de metros cúbicos, para aproximadamente 10,3 milhões de metros cúbicos anuais em 2012, (Tabela 1).

Tabela 1- Faturamento em 2009

	R\$ milhão	US\$ bilhão
Faturamento Bruto Total	4.346	
Geração de Impostos	1.152	
Faturamento Bruto Exportações		71.8
Investimentos realizados 1997 ~ 2005		1.3
Novos Investimentos 2007 ~ 2010		1.2

Fonte: ABIPA 2009

Com investimentos previstos da ordem de US\$ 1,2 bilhão, para o período de 2007/2010, a capacidade instalada brasileira dará um salto extraordinário de 6,0 milhões de m<sup>3</sup> em 2007, para 10,3 milhões de m<sup>3</sup>, em 2012. Como mostra o Gráfico 3.

Gráfico 3- Capacidade Nominal Brasileira (mil/m<sup>3</sup>)



Fonte: ABIPA 2009

No entanto o Brasil até o ano de 2009 ainda necessitava de importar o produto MDF para atender a sua demanda interna, como mostra na Tabela 2.

Tabela 2- Produção, Importação, Exportação e Consumo Interno MDF (m<sup>3</sup>)

<b>Ano</b>	<b>Produção</b>	<b>Importação</b>	<b>Exportação</b>	<b>Consumo Interno</b>	<b>Capacidade Nominal Instalada em mil m<sup>3</sup></b>
2005	1.407.730	165.600	159.810	1.413.520	1.700.000
2006	1.695.360	238.800	73.300	1.860.860	1.800.000
2007	1.879.070	200.300	42.190	2.037.180	2.350.000
2008	2.073.800	215.900	26.800	2.262.900	2.550.000
2009	2.394.677	121.542	32.838	2.483.381	3.860.000

Fonte: Abipa/Secex 2009

### ***3.3.6 Consolidação da Duratex no Mercado Brasileiro e Internacional***

#### **3.3.6.1 Custos de produção X Variedades de produtos**

As principais empresas fabricantes de chapas prensadas são: Duratex, Eucatex, Placas do Paraná, Tafisa, Berneck e Satipel. No entanto um diferencial da Duratex em relação a seus concorrentes é o baixo custo da matéria prima colocada na fábrica que, segundo estimativas da Companhia, são de cerca de US\$ 14 por m<sup>3</sup>, enquanto o custo médio dos concorrentes é de US\$ 25 por m<sup>3</sup>, decorrente da menor distância média entre suas unidades industriais e florestas. Outro diferencial da Companhia em relação a seus concorrentes diz respeito ao seu mix variado de produtos, que permite um melhor atendimento a seus clientes. O quadro abaixo indica as linhas de produtos da Duratex e de seus principais concorrentes, (Tabela 3).

Tabela 3- Linhas de Produtos da Duratex e de seus Principais Concorrentes

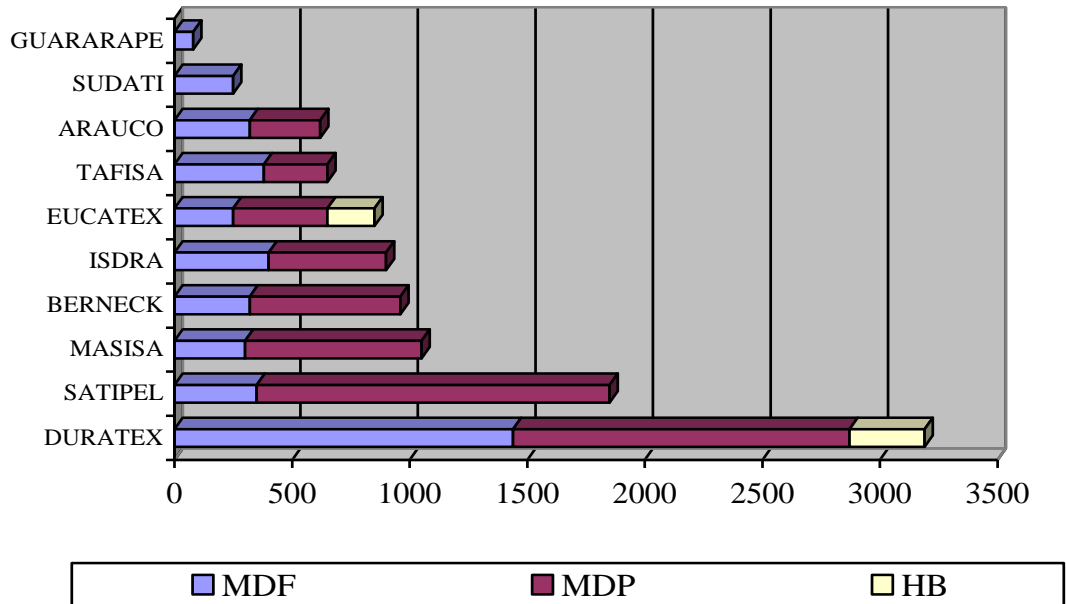
Fabricante	Chapas de Fibra		Madeira Aglomerada			MDF			Pisos Laminados	OSB
	Crua	Pintada	Crua	BP	FF	Crua	BP	FF		
Duratex	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Satipel			✓	✓	✓					
Eucatex	✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Placa do Paraná			✓	✓	✓	✓	✓			
Tafisa			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Berneck			✓		✓					
Masisa			✓	✓		✓	✓	✓		✓
Pergo									✓	

Fonte: REMADE 2009

### **3.3.6.2 Previsões para o ano de 2011**

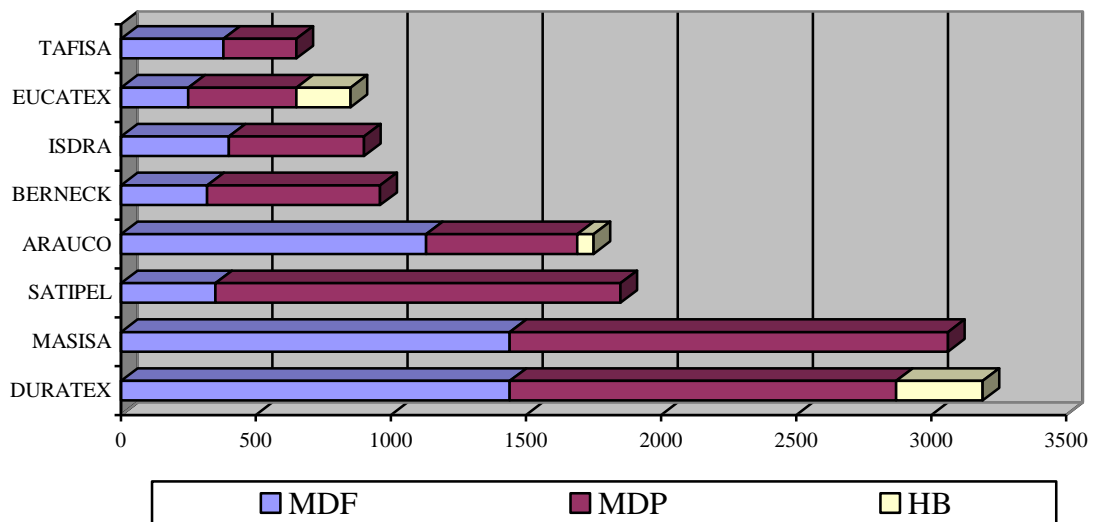
Com todos estes mix de produtos e o baixo custo de matéria prima a Duratex se torna líder no ranking de capacidade Brasileira e Sul Americana de painéis. Como demonstra os gráficos de ranking de capacidade de produção de produtos como MDF; MDP e HB, (Gráfico 4 e gráfico 5).

Gráfico 4- Ranking de capacidade Brasileira 2011



Fonte ABIPA-2010

Gráfico 5- Ranking de capacidade Sul Americana 2011



Fonte ABIPA-2010

### 3.3.7 *Histórico da Duratex*

Fundada em março de 1951, já como companhia aberta, tendo como principal atividade a fabricação de chapas de fibra de madeira com utilização do eucalipto. A primeira unidade industrial da Duratex, localizada no município de Jundiaí, estado de São Paulo, entrou em atividade em 1954, produzindo chapas de fibra de madeira, produto que até então não era fabricado no Brasil. No ano de 1957, a empresa realizou as primeiras exportações para o mercado norte-americano e, em 1964, passou a produzir e comercializar chapas pintadas, que são comercializadas atualmente sob a marca Duraplac.

O primeiro escritório de representação da Duratex nos Estados Unidos foi instalado em Nova York, no ano de 1970, dando, posteriormente, origem à subsidiária Duratex North America Inc. A Duratex Europe N.V. na Europa, com sede na Bélgica, foi criada em 1997.

As décadas de 70 e 80 foram de grande importância para o crescimento da Duratex, que expandiu suas unidades industriais e atividades, consolidando-se como um dos mais respeitados competidores nas suas respectivas áreas de atuação. Em 1972, a Duratex incorporou a Deca S.A., passando a atuar nos segmentos de metais e louças sanitárias. Em 1973 foi inaugurada uma nova fábrica de chapas de fibra, no município de Botucatu, Estado de São Paulo, voltada principalmente para atender à demanda de exportação de chapas de fibra.

Em 1980 teve início a operação do segundo conjunto industrial de louças sanitárias de Jundiaí. Em 1981 a Duratex expandiu a produção de louças sanitárias adquirindo a unidade de São Leopoldo, no Estado do Rio Grande do Sul, do grupo francês Lafarge. No ano de 1982 foi implantada uma nova linha de chapas de fibra na unidade de Botucatu.

Na metade da década de 80, a Companhia iniciou a produção de madeira aglomerada, com a aquisição das unidades industriais de Itapetininga, no Estado de São Paulo, e de Gravataí, no Rio Grande do Sul, do Grupo Peixoto de Castro. Nesta época, a Companhia iniciou a operação da impressora responsável pelo acabamento em papel “*Finish Foil*”, que conferiu um diferencial para os produtos da Duratex no mercado nacional.

Adquiriu em 1988 as unidades industriais de madeira e das reservas florestais das empresas pertencentes ao Grupo Freudenberg localizadas em Agudos (SP): Freudenberg Agro Florestal Ltda., Freudenberg Empreendimentos Ltda., Freudenberg Madeiras Ltda. e Freudenberg Madeira e Cia. Ltda.

Constituiu, em 1989, a Grotex Holzwekstoffe GmbH, em Buende, na Alemanha, uma “*joint venture*” que processava e comercializava chapas de fibra no mercado europeu e que foi vendida em 1998. Atualmente atua no mercado europeu como exportadora, por meio da Duratex Europe N.V..

No ano de 1990, foi constituída, em virtude de uma reorganização societária, a Duraflora S.A., responsável pelo desenvolvimento e exploração da atividade florestal e a Duratex Madeira Aglomerada S.A., posteriormente denominada Duratex Madeira Industrializada S.A. e incorporada pela Duratex Comercial Exportadora S.A. em julho de 2000.

Adquiriu em 1993 25% do controle acionário da sociedade Argentina Piazza Hermanos voltada à produção de metais sanitários. Ainda em 1993, foi constituída a Deca Argentina, controlada pela Duratex, destinada ao desenvolvimento de um projeto industrial no segmento de louças sanitárias. O controle integral da Deca Piazza foi adquirido pela Duratex em 1995.

As primeiras certificações da Duratex foram obtidas em 1992, com o ISO 9002, certificado de excelência operacional concedido pelo Bureau Veritas Quality International à produção de registros pela área de metais da Divisão Deca; em 1995, recebeu o **Green Label**, que atesta excelência e respeito ao meio ambiente no manejo florestal e foi concedido pelo Scientific Certification Systems para as unidades de reflorestamento de Botucatu, Lençóis Paulista e Agudos, no Estado de São Paulo; e em 1996, recebeu a certificação ISO 9002, conferida pela American Bureau of Shipping à unidade de louças sanitárias de São Leopoldo.

Em 1997 inaugurou a primeira fábrica de MDF do Brasil, localizada no município de Agudos, Estado de São Paulo. Também em 1997 ampliou sua fábrica de louças de São Leopoldo. Em 1998 inaugurou a linha de produção de piso laminado de alta resistência, em Agudos, sendo a primeira empresa a fabricar esse produto no Brasil.

Em 2000 inaugurou uma nova linha de madeira aglomerada em Itapetininga, finalização do desenvolvimento e anúncio da implantação de uma nova linha de produção de painéis de MDF/HDF com tecnologia inovadora que permite um significativo ganho de produtividade. A empresa também deu continuidade aos investimentos voltados a expansão das unidades de metais e louças sanitárias.

Em 2001 adquiriu 10.417ha de terras e 3.693ha de florestas além de equipamentos de mecanização florestal direcionados às expansões de aglomerado e HDF/MDF. Iniciou o projeto Genoma do Eucalipto, patrocinado pela Duratex e outras três grandes empresas do

setor de celulose e coordenado pela FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo). Esse projeto tem por objetivo o seqüenciamento genético do eucalipto, possibilitando a indicação de fatores que contribuam para o seu crescimento, resistência a pragas, seca e outras características úteis à obtenção de uma maior produtividade florestal.

Em 2002 ocorreu a implantação da nova fábrica de MDF/HDF/SDF em Botucatu – São Paulo com capacidade de 400mil m<sup>3</sup> /ano e aquisição de 4,4mil ha de terras e florestas para suprimento das novas linhas. Ampliação da capacidade produtiva da unidade de Cerâmica Sanitária II em Jundiaí São Paulo com a instalação de mais um forno. Nesse mesmo ano foram reduzidas as operações na Argentina e foram encerradas as atividades de produção de madeira aglomerada na unidade de Gravataí no Rio Grande do Sul.

Em 2003, a unidade de Botucatu passou a produzir MDF a partir de eucalipto tornando a única empresa no mundo detentora de tal tecnologia. Em outubro de 2003 ocorreu a finalização e inauguração da nova linha de MDF/HDF/SDF em Botucatu (SP) com capacidade de 400.000 m<sup>3</sup>/ano. Em dezembro de 2003 concluiu a montagem e início de operações da nova serra “*cut to size*”- corte sob medida - em Jundiaí (SP), que possibilitou um diferencial de atendimento para oferta de painéis recortados nas medidas solicitadas pelos clientes.

Em 2004 adquiriu 4,1 mil hectares de terras nas regiões de Botucatu e Itapetininga, no Estado de São Paulo, também conclui o processo de ampliação da capacidade produtiva da unidade de cerâmica II em aproximadamente 30% passando para 4,2 milhões de peças anuais. Nesse mesmo ano teve início a operação da linha de revestimento de baixa pressão (BP) em Botucatu.

Em maio de 2005, a Duratex aderiu ao Nível I de práticas diferenciadas de Governança Corporativa da Bovespa, tendo suas ações passadas a integrar, a partir de então, o respectivo índice de negociação.

Em 2006 adquiriu 3,6 mil hectares de terras na região de Botucatu, no Estado de São Paulo.

Em 2007 foram investidos aproximadamente R\$ 225 milhões para aquisição de ativos permanentes.

No decorrer do período foi realizada a reorganização das empresas sediadas no exterior, tendo a Duratex Comercial Exportadora aumentado o capital da Duratex Europe com ações de sua propriedade das Empresas: Duratex North América e Deca Piazza.

Em 22 de abril de 2008, a Duratex anunciou a compra de um de seus concorrentes, a Ideal Standard do Brasil, com fábricas em Jundiaí (SP) e Queimados (RJ), por cerca de R\$ 60 milhões. Em maio do mesmo ano, a Duratex divulgou a compra da Cerâmica Monte Carlo, com uma unidade em Cabo de Santo Agostinho (PE), por R\$ 60 milhões.

Em 2009 é inaugurada a maior linha de produção de MDF do mundo, na unidade de Agudos SP e neste mesmo ano nasce à nova Duratex, a maior empresa de painéis de madeira do hemisfério Sul, que foi marcado pela associação entre a Duratex e a Satipel, em 22/06, evento que permitiu a criação da maior indústria de painéis de madeira do hemisfério sul e uma das maiores do mundo, reforçando as vantagens competitivas baseadas na capacidade de desenvolvimento de produtos e inovação tecnológica, além da adoção das melhores práticas de gestão e potencialização de culturas e competências empresariais e resultando na criação de uma empresa global, com ganhos de escala em mercados cada vez mais disputados, e preparada para continuar sua bem sucedida trajetória de crescimento sustentável. A capacidade total de fabricação de painéis resultante desta associação é de 3,9 milhões de m<sup>3</sup>/ano, o que permite importantes ganhos de escala em mercados cada vez mais disputados.

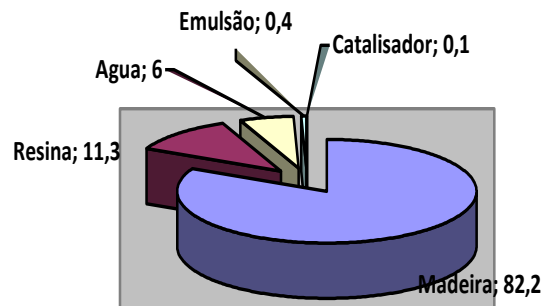
### *3.3.8 Processos de fabricação de MDF na planta de Botucatu*

#### **3.3.8.1 Composição do MDF**

O MDF, produto que será o alvo dos estudos a serem abordados neste trabalho é composto pela seguinte ordem de consumo de matérias prima como mostra o gráfico 6.



Gráfico 6- Composição do MDF 15,0 mm



Fonte: Duratex SA, 2010.

#### 3.3.8.1.1 Madeira

A principal matéria-prima do processo é a madeira de eucalipto. O eucalipto pertence a um grupo de plantas com mais de 600 espécies, sendo a espécie *Grandis*, a usada na confecção de MDF (*Medium Density Fiberboard*).

Segundo (BELINI, 2007), a utilização da madeira de *Eucalyptus* spp na produção de painéis MDF é recente no Brasil, a partir de 2003, apresentando vantagens em relação à *Pinus* spp. como (I) menor ciclo de rotação das plantações; (II) possibilidade de utilização das toras com a casca na conversão madeira cavacos; e (III) fibras de menor comprimento, proporcionando melhor qualidade das chapas após a sua usinagem, para uma mesma energia de desfibramento.

Na produção dos painéis MDF, os cavacos de madeira passam pela pré-vaporização e aquecimento em coluna pressurizada em condições controladas de pressão e de tempo de permanência para que, atinjam altas temperaturas, cerca de 160-180 °C, na etapa de refinação, Basile e Musselman (1985).

Nessas condições, a lignina passa do estado vítreo para o plástico, denominada temperatura de transição vítrea, possibilitando a separação das fibras na região da lamela média (KELLEY et al., 1987; BERRADA, 1991). A dimensão das fibras é influenciada pela intensidade de refino dos cavacos no processo de confecção de painéis MDF, sendo normalmente a fração do material desfibrado denominada finos, aumentada com o acréscimo na demanda energética (RODARMEL, 1995).

A pressão de refinação dos cavacos de madeira afeta as características das fibras, sendo, de acordo Groom et al. (2004), em baixa pressão as fibras refinadas tem coloração mais clara e com maior número de fibras agrupadas; em alta pressão, as fibras são mais escuras e com aumento na fração de fibras finas. Esses autores mostraram, através da microscopia eletrônica, que a refinação em alta pressão resultou em fragmentação da parede das fibras e predominância de frações finas.

#### 3.3.8.1.2 Resina

A segunda mais importante matéria prima é a resina. Formada com base de Uréia Formol que representa 65% da sua constituição mais 35% de água, é o elemento que ao ser misturado as fibras e adicionada de um catalisador se tornara após a prensagem à liga entre as fibras.

O comportamento da interação uréia-formol é determinado pelos grupos funcionais. A uréia reage como uma amina e o formol reagem como um glicol. Durante a formação dos produtos de reação iniciais libera-se água. O caminho da reação depende do pH, da concentração, da relação molar, da temperatura, do tempo de reação e da seqüência das reações. Portanto, devido ao enorme número de permutações possíveis entre esses parâmetros, o sistema é complexo, apesar de partir de apenas dois reagentes de grupos funcionais simples.

No processo de fabricação de MDF, a resina atinge seu ponto de cura através da alta pressão, temperatura e velocidade de prensagem, exercida pela prensa (equipamento mecânico que realiza a cura da resina). A resina possui determinadas características que devem ser analisadas e controladas para poder entrar no processo, e também a quantidade a ser dosada para uma determinada quantidade de fibra (dados obtidos através de cálculos matemáticos representados como Fator de Rosca), tornando-se assim uma variável chave do processo de fabricação.

Segundo (Peinado J.; Graeml A. R., 2007), qualquer pessoa que administra uma organização deve verificar sempre se as coisas estão saindo de acordo os objetivos inicialmente planejados. Caso haja desvio do planejado, o administrador deve tomar ações para que o trabalho volte à normalidade.

Portanto o controle do fator de rosca é de suma importância no controle do processo de fabricação de MDF, uma vez que através dele é que se tem uma dosagem precisa de aditivos na fabricação.

As outras matérias primas do processo são o catalisador da resina descrito acima, que é formado de cloreto de Amônia misturado com água, dentro de suas determinadas proporções, e a emulsão de parafina que tem a finalidade de dar certas características ao produto final como, por exemplo, impermeabilidade, e a água que é usada para diluir a resina que será dosada a camada externa da chapa, e também para dar a umidade necessária ao colchão de fibra. A verificação da dosagem das matérias primas e o seu controle são feitos pelos operadores através dos programas desenvolvidos em planilhas do Excel e através dos dados dos supervisórios enviados em tempo real a sala de Controle Central.

### ***3.3.9 Processos de Produção***

#### **3.3.9.1 Transformação da Madeira**

As madeiras chegam a carretas como BITREM; TREMINHÃO e RODOTREM em comprimentos de 6 metros, estas madeiras são descarregadas por meio de uma máquina denominada KALMAR, onde estes materiais são alimentados na mesa MOSMAYER, que por sua vez alimenta o CHIPPER (picador de toras). As cargas de madeira excedentes são estocadas em um pátio para o uso posterior ilustrado na Figura 2.

Figura 2- Descarregamento, Armazenagem e Alimentação da madeira



Fonte: Duratex SA, 2010.

### 3.3.9.2 Picagem das toras

A picagem das toras é a primeira fase do processamento da madeira dentro da indústria de chapas de fibras de madeira, conforme a Figura 3. Nessa fase a tora de madeira é submetida à ação de facas que a transforma em pequenos fragmentos denominados cavacos, cuja área superficial média oscila entre 6 e 10 cm<sup>2</sup> e a espessura média é inferior a 1 cm.

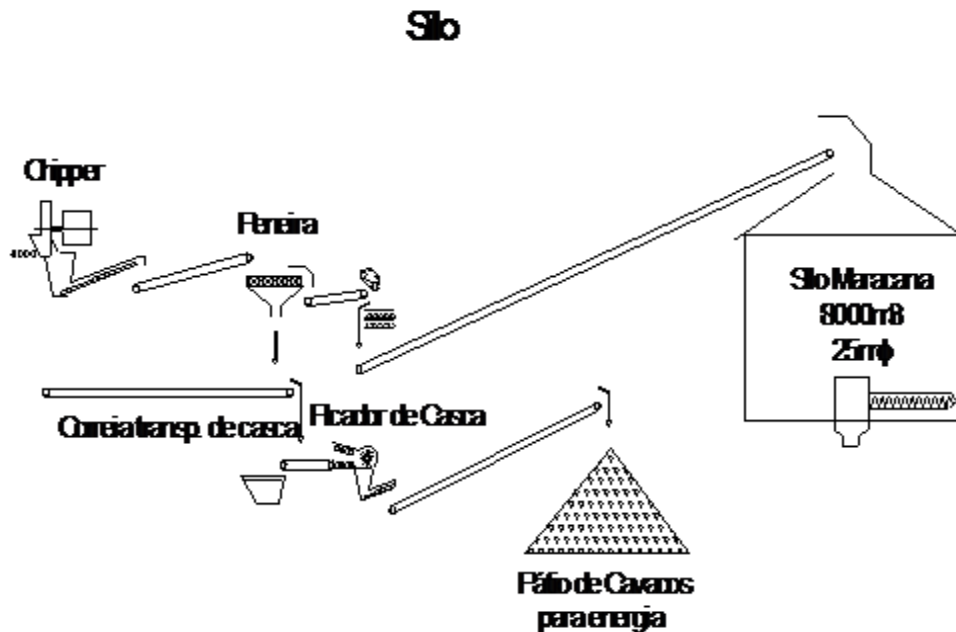
Figura 3- Picador de toras



Fonte: Duratex SA, 2010.

### 3.3.9.3 Armazenamento dos Cavacos

Desenho 1- Transporte e armazenagem dos cavacos



Fonte: Duratex SA, 2010.

O material após ter passado pelo processo de picagem são armazenados em um silo de cavaco denominado MARACANÃ ou no PÁTIO EXTERNO DE CAVACO, como é demonstrado no fluxograma, para posteriormente serem consumidos, (

Desenho 1). No caso de ocorrer alguma falha de alimentação através do sistema do MARACANÃ, existe o processo de alimentação externa, que é efetuado através de duas roscas extratoras que alimenta a correia transportadora utilizando o material do pátio externo evitando assim que a fabricação venha a parar por falta de cavaco, (Figura 2).

Figura 4- Silo do maracanã, Pátio externo de cavaco, Rosca extratora de alimentação Externa



Fonte: Duratex SA, 2010.

Em seguida o cavaco é transportado através de esteiras e um sistema elevador transfere o material até o classificador, onde através de uma peneira mecânica o material será selecionado para o processo, nesta seleção somente será processado o cavaco que estiverem com seus tamanhos ideais já pré-determinados, os classificados como fino, serão destinados a queima retornando para o processo em forma de energia, já os *over size* (acima do tamanho), passará por uma nova repicagem através do picador de casca e voltará para o processo. O material já classificado passará agora pelo processo de lavagem, onde todas as impurezas provenientes desde o processo de colheita das arvores será separado para iniciar um novo processo de cozimento, desfibramento e dosagem de aditivos, (Figura 5).

Figura 5- Peneira de disco



Fonte: Duratex SA, 2010.

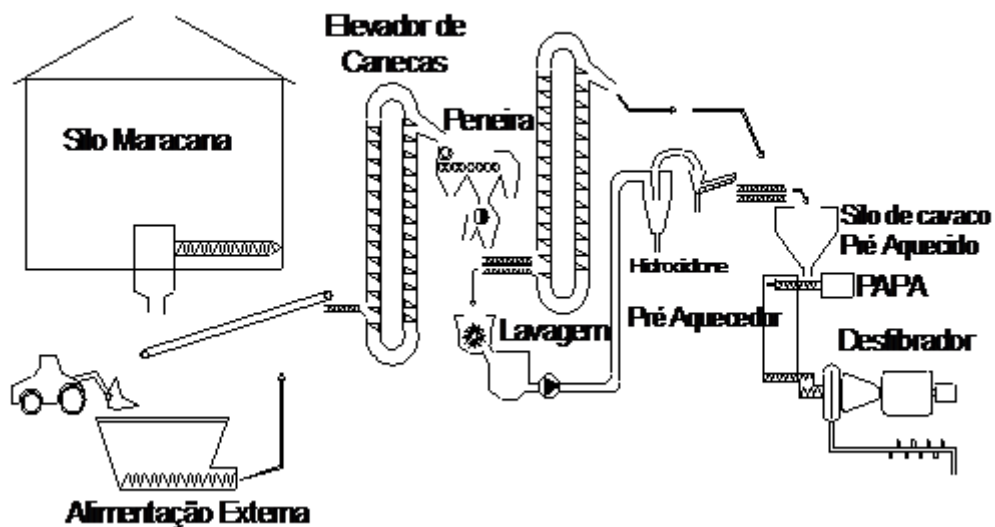
#### **3.3.9.4 Cozimento, Desfibramento e Dosagem de Aditivos**

O material já selecionado e lavado passa agora pelo processo de cozimento, os quais são pré-aquecidos com vapor d'água saturado, a temperatura entre 120 e 180°. C, ocorrendo o amolecimento da camada ligante das fibras do material facilitando assim o processo de desfibramento que ocorre através de dois discos, esta parte do processo é onde se concentra o maior consumo de energia, tanto energia térmica que é na ordem de 120 e 180°. C, quanto vapor, que é entre 22,6 toneladas/hora, fornecida pela caldeira, segundo:

(SANTIAGO, F.L.S; 2007), São consumidos em média 70,33 toneladas de vapor por hora, o calor produzido não é transformado em trabalho, apenas utilizado com a finalidade de cozimento da matéria-prima no processo de desfibrção dos cavacos, agente catalisador nas prensas de chapa dura, secagem das fibras nas linhas de MDF e HDF, câmaras de tratamento térmico e como agente nebulizador nas câmaras de umidificação.

O esquema abaixo demonstra a passagem do material desde a saída do silo do MARACANÁ em forma de cavaco, até os bicos injetores de aditivos já em forma de fibras, (Desenho 2).

Desenho 2- Desfibramento dos cavacos



Fonte: Duratex SA, 2010.

Após o cavaco ter passado pelo processo de amolecimento ele é transferido para o processo de desfibramento através de um parafuso que extrai o cavaco do digestor denominado como *Discharge*, transferindo-o para o P.A.D (parafuso alimentador do desfibrador), que é o equipamento que realiza uma força motriz transferida a um disco móvel de aproximadamente 63,77' (polegadas), que gira em torno de 800RPM/Min. em contato com um disco estável fixado na caixa de disco, que por sua vez é pressurizado a uma pressão de vapor de 9,2 bar, devido a esta pressão existente o processo de desfibração não ocorre por corte e sim por explosão, na descompressão após os cavacos passarem pelas barras e DAN. Neste processo a energia elétrica consumida é fornecida pela companhia elétrica e seu consumo é na ordem de 120 (KWh/ton), (Figura 6).



Figura 6- Desfibrador



Fonte: Duratex SA, 2010.

O material já em forma de fibra é direcionado para um duto transportador pelo meio da pressão existente na caixa de disco e a rotação exercida pelo disco, a fibra deixa o desfibrador através da válvula de pressão e vai para a linha de injeção. A mistura de vapor e fibras passa sob uma velocidade acelerada (expansão de vapor), até um máximo de cerca de 300 m/s no tubo de injeção. A linha de injeção é “o misturador” neste processo a resina é injetada com uma superpressão de 2-3 bar contra a pressão estática na linha de injeção.

É de suma importância que a “mistura” de partículas da resina sobre as fibras passantes seja tão boa quanto possível, sem nenhuma aglomeração de resina, nem manchas, a fim de evitar problemas futuros com a qualidade aparente da chapa, (Figura 7).

Figura 7- Linha de injeção de aditivos



Fonte: Duratex SA, 2010.

### **3.3.9.5 Secagem e Classificação**

Nesta parte do processo a fibra já está entrando em um novo estágio de produção, o de secagem e classificação da mesma. Após ter sido “encolada” (adicionado os aditivos necessários), as fibras saem deste duto pressurizado para entrar em um novo duto que tem como finalidade exercer o controle de umidade e o transporte das fibras até o próximo estágio, o de classificação, este duto de expansão denominado como SECADOR possui a dimensão de 3,1 metros de diâmetro e cerca de 200 metros de comprimento, (Figura 8). Segundo o manual técnico da SICLOPAN (2003, p.84).

O secador de fibra trabalha de acordo com o princípio do secador de tubo de um estágio, onde o fluxo de ar transportado é diretamente aquecido com gás do aquecimento central da caldeira, a fibra, como material higroscópico, tem uma umidade equilibrada em relação direta com a temperatura ambiente e a diferença psicométrica, isto é, a diferença entre um termômetro de lâmpada seco e úmido. A evaporação da água ocorre quando a superfície da fibra úmida entra em contato direto com os gases quentes de secagem, criando um alto índice de evaporação, a umidade é “retirada” e devido à rápida mudança de calor, a temperatura da mistura aquecida é reduzida.

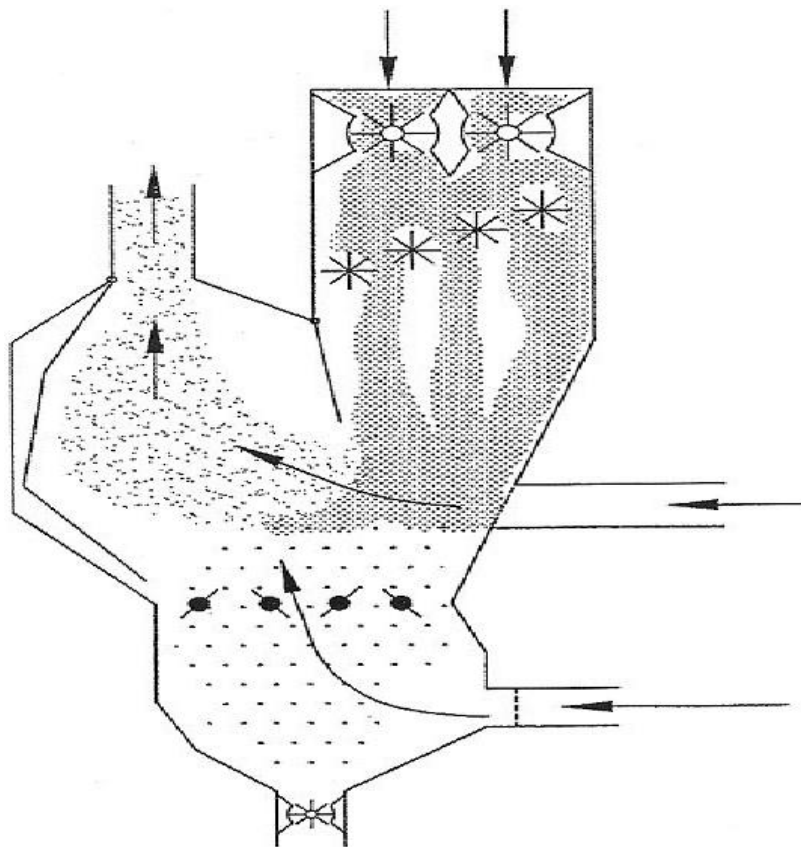
Uma quantidade de umidade uniforme obtida na fibra resultante é devido ao controle de precisão final da temperatura do ar na alimentação externa do ciclone, sob condições de trabalho constantes (a uma dada capacidade), a umidade da fibra final está em relação direta (equilíbrio) com a temperatura de exaustão.

Os fatores principais da operação de secagem são o desempenho do ar e a capacidade térmica do controle médio do aquecimento e da temperatura, assegurando:

- a. Capacidade termo dinâmica para a evaporação e exaustão da umidade.
- b. Vazão física das fibras no secador com uma velocidade básica do ar em condição de trabalho de 30 m/s.

A fibra após ter passado pelo processo de secagem é direcionada ao procedimento de classificação, esta ação é feita automaticamente através de métodos pneumáticos, onde as fibras que estão chegando do secador passam por um sistema de rolos dentados que tem a função de fazer a desintegração de possíveis “bolos” de fibra que estiverem agrupados, após esta passagem elas sofrem uma ação de ar aquecido que as direcionam para o novo processo o de formação de colchão e os particulados mais pesado, por exemplo, possíveis grumos de cola tendem a cair naturalmente pela força da gravidade, como demonstra o Desenho 3.

Desenho 3- Classificação das fibras



Fonte: Duratex SA, 2010.

Figura 8- Secador e Classificador de fibras



Fonte: Duratex SA, 2010.

### **3.3.9.6 Formação do colchão**

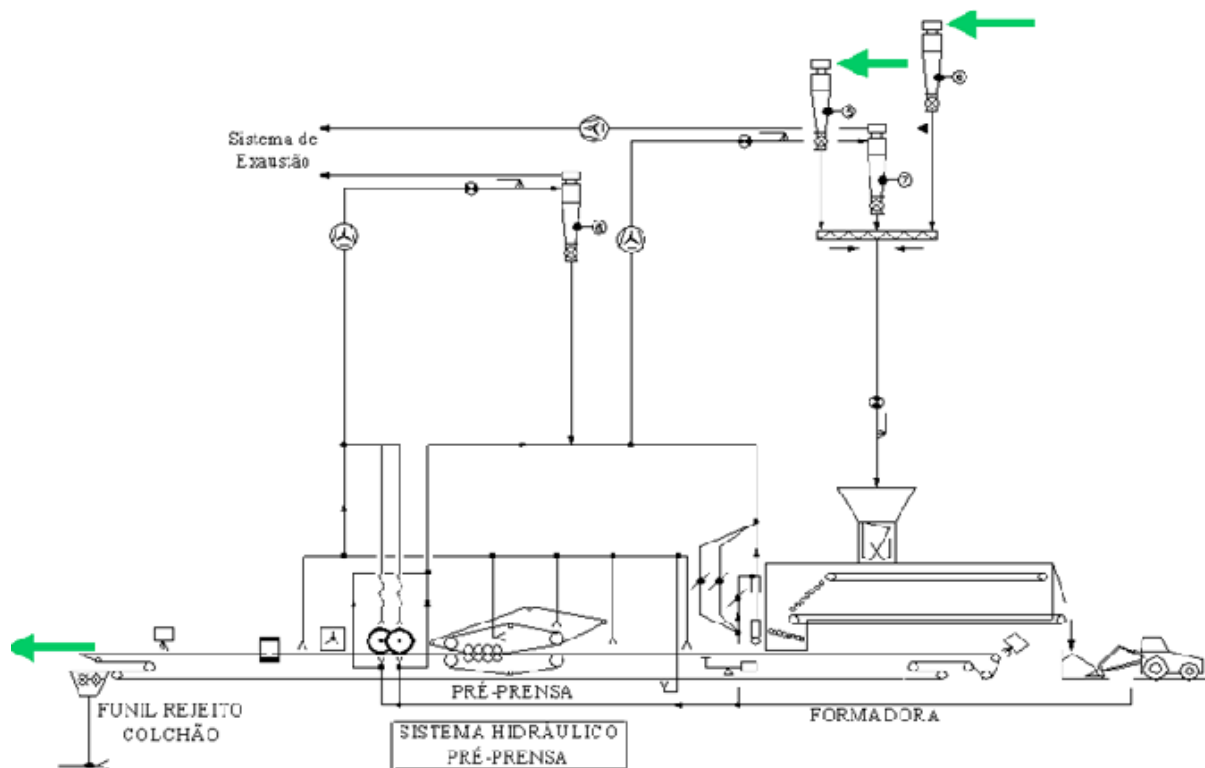
As fibras trazidas dos classificadores já com a umidade ideal, são agora direcionadas a dois ciclones localizados acima da formadora, estes por sua vez transportam as fibras por um sistema de válvulas rotativas a um conjunto de roscas que as transferem para uma calha que as armazenam no silo da formadora, (Desenho 4).

Esta nova etapa do processo tem como intento agora de formar o colchão de fibra que irá ser constituído em chapa de MDF após o processo de prensagem. Tão logo, que a fibra que esta no silo da formadora é acompanhada através de sensores que indicam o nível de enchimento do silo, transferindo as informações via PLC à sala de controle onde o operador saberá o momento em que deverá ser iniciado o processo de formação do colchão.

O inicio do processo de formação do colchão se da na acomodação das fibras em uma cinta contínua que tem como função, transportar colchão de fibra desde a formadora até a próxima fase, a de prensagem; em seguida segue a de regularização do colchão, através de um rolo fresador (scalper), passando por um medidor de umidade que indicará o valor em tempo real ao operador; em seguida passando por um sistema de balança que por sua vez determina os valores de massa necessários para a estabilização da chapa de MDF. A próxima face agora

é a de pré-prensagem, a linha é dotada por um equipamento denominado por pré-prensa, onde este por sua vez executa o trabalho de desaerar, ou seja, extrair o ar do colchão de fibra e realizar o trabalho de pré-compactação, a largura máxima de trabalho da pré-prensa é de 2700 mm, porém o que determina a largura do colchão de fibra são as serras aparadoras, ou serras de refilo do colchão, este novo estágio irá pré-determinar a largura da chapa, que pode ser de 1880 mm a 2490 mm. Todo o material excedente no processo de formação é retornado ao ciclone central refazendo novamente o mesmo processo de formação de colchão.

Desenho 4- Formadora e linha de formação



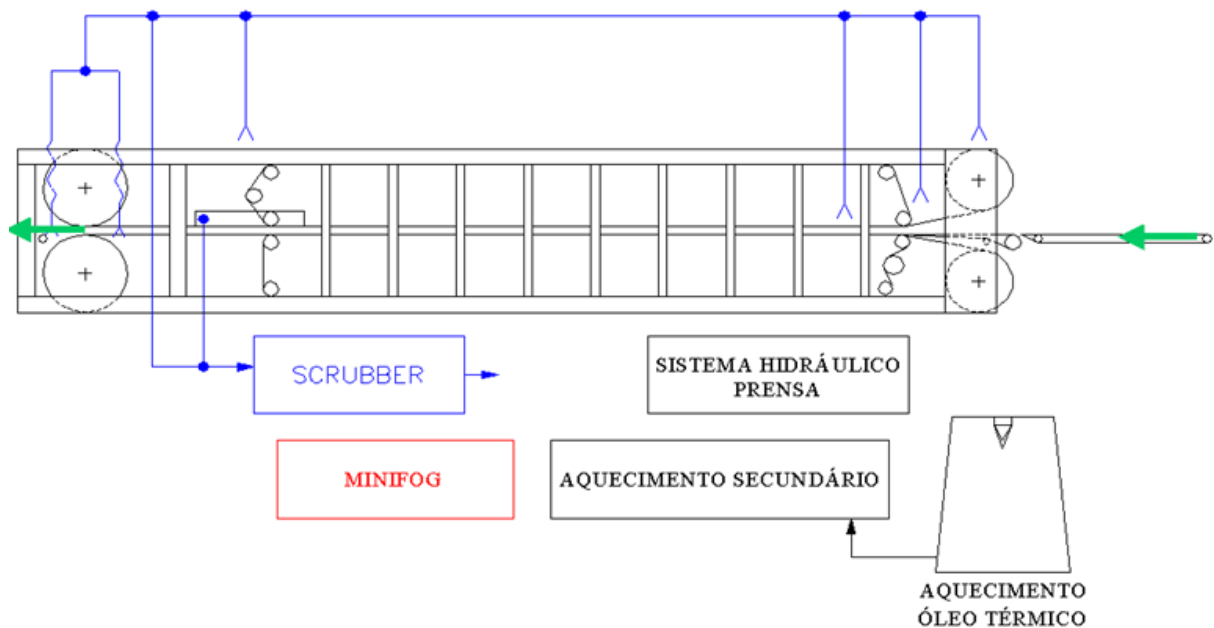
Fonte: Duratex SA, 2010.

### 3.3.9.7 Prensagem

Quando as várias condições do processo de formação do colchão estiverem em perfeita condições conforme carta de fabricação, então o operador efetuará um comando em que fechará automaticamente o nariz de rejeito, localizado conforme desenho acima (funil de rejeito colchão). Transferindo assim a uma nova fase de fabricação a consolidação do colchão de fibra em chapa de MDF.

Este sistema de prensagem será realizado por uma prensa contínua de 50,1 metros de comprimento, largura máxima de prensagem de 2550 mm, 31 sistemas hidráulicos com uma pressão máxima de 300 bar e força de transferência em área comprimida de 550 N/cm<sup>2</sup>, 5 sistemas de aquecimento com potência de transferência de energia térmica de até 240° C a um conjunto de cinta de aço inoxidável de 3,0 mm de espessura e aproximadamente 126 metros de perímetro, (Desenho 5).

Desenho 5- Prensa contínua



Fonte: Duratex SA, 2010.

No processo de prensagem, o óleo térmico proveniente da caldeira funciona como um reator químico transferindo energia térmica armazenada nos pratos da prensa junto com a força hidráulica gera uma energia capaz de consolidar o núcleo do conjunto de partículas de fibra preparada com resina, à temperatura no interior da futura chapa alcança em torno de 100 e 120° C.

Todo o controle do processo de prensagem é feito através da sala de controle, pelos operadores, através de uma rede de comunicação e controle dos equipamentos, que fornecem informações *on-line*, facilitando as tomadas de decisões e conseqüentemente garantindo a qualidade tecnológica do produto, (Figura 9).

Figura 9- Sala de controle



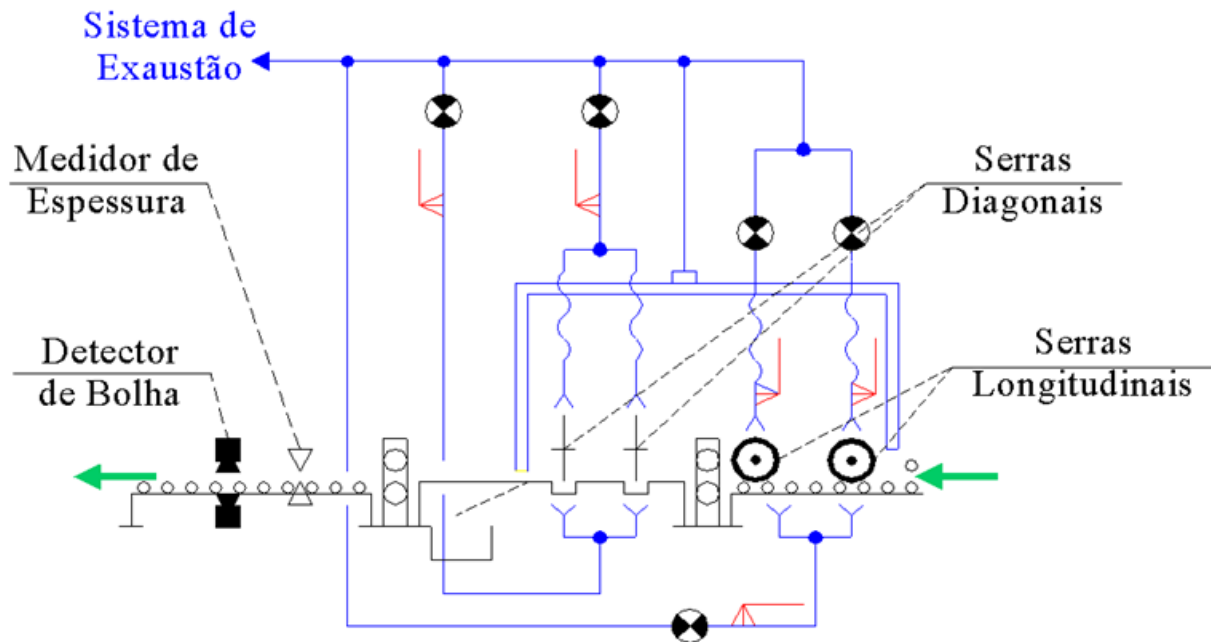
Fonte: Duratex SA, 2010.

### **3.3.9.8 Corte de serras e Armazenagem**

Na próxima fase será efetuado o corte da chapa que esta sendo prensada de forma contínua, onde será feito através de conjuntos de serras longitudinais e transversais o ajuste da largura e comprimento da chapa, de onde a mesma saíra com a dimensão máster, (Desenho 6).

Nesta mesma área é efetuada a medição da espessura e verificação de detecção de bolhas, caso a chapa estiver com espessura fora da tolerância aceitável ou se detectado presença de bolha ou falta de cura a mesma será rejeitada automaticamente, contabilizando-se como índice de refugo.

Desenho 6- Serras transversais e longitudinais



Fonte: Duratex SA, 2010.

Se as características dimensionais e qualidade estiverem conforme as exigências da carta de fabricação, então será retirada uma amostra para efetuar os testes de laboratórios, cujos mesmos são necessários para garantir a qualidade tecnológica do produto, estes são retirados em média a cada duas horas produtivas, onde os mesmos serão analisados a capacidade de absorção de água na chapa, capacidade de tração superficial e perpendicular e perfil de densidade da chapa de MDF, passando então para uma nova fase, a de resfriamento e armazenagem das chapas, esta etapa é de suma importância no processo, pois a climatização garante a estabilidade dimensional da chapa de fibra, (Figura 10). Assegurando que o produto estará preparado para as próximas fases que não será alvo de estudo neste trabalho.

- ✓ Beneficiamento
- ✓ Armazenagem
- ✓ Expedição do produto.



Figura 10- Estoque Vertical (ponto de climatização da chapa)



Fonte: Duratex SA, 2010.

### ***3.3.10 Alteração no sistema de dosagem de aditivos na linha de dosagem***

#### **3.3.10.1 Motivo da mudança**

Constantes estudos comparativos entre unidades são feito, onde foi revelado que a planta de Botucatu existia um consumo maior de resina comparada com a unidade de Agudos, em conversa com técnico fornecedor de resina foi descoberto que em outras empresas do mesmo segmento foi otimizado a aplicação de resina com uma alteração no posicionamento dos bicos de dosagem. Logo foi iniciado estudos para efetuar uma alteração na unidade de Botucatu, onde constatou que:

- Na saída da caixa de disco existe uma pressão de vapor de aproximadamente 9,2 bar.
- No local onde estava sendo efetuada a aplicação estava em torno de 5,3 bar, devido a expansão do secador, tão logo é sabido que quanto maior é a pressão de vapor melhor será a homogeneização dos aditivos com as fibras devido a uma maior turbulência.

### 3.3.11 Armazenamento de aditivos

O sistema de armazenamento tem como função primordial o de garantir matéria prima numa qualidade e quantidade segura para o funcionamento contínuo e regular da produção

Serão armazenadas em tanques atmosféricos as seguintes matérias primas:

- Resina uréia formaldeído
- Emulsão de parafina

O bom funcionamento da fábrica esta intimamente ligada com o bom gerenciamento desta área, portanto, exige uma atenção bastante especial com as operações realizadas nessa parte da fábrica, (Figura 11).

Figura 11- Tanques de armazenagem



Fonte: Duratex SA, 2010.

#### 3.3.11.1 Armazenagem e transferência das resinas, emulsão de parafina e catalisador

As resinas são descarregadas dos caminhões pelos operadores através de duas bombas de engrenagem uma trabalhando como reserva da outra, e transferidas para um dos quatro tanques de armazenagem (801A/B/C e 802), cada tanque tem capacidade de estocar 100m<sup>3</sup> de resina.

As entradas e saídas dos produtos são controladas através de válvulas pneumáticas automaticamente, através de comando executado pela operação da caldeira ou em manual

pelo operador que estiver no campo. O tanque a ser utilizado será selecionado conforme as características da resina, que por sua vez serão determinadas pela necessidade de produção, ou seja, tipo de produto a ser fabricado.

#### 3.3.11.1.1 Tipos de resinas

- DRI (Duratex resina industrial)-MDF:

Utilizada para a fabricação de MDF mercado interno, armazenada no tanque 801A e 801C

- DRI - ESPECIAL:

Resinas com baixa emissão de formol são utilizadas para a fabricação de MDF para mercado externo

- DRI - HDF (*High Density Fiberboard*):

Utilizadas para a fabricação de HDF, ou seja, chapa de fibra de alta densidade, armazenada no tanque 801B.

- GPC:

Armazenada no tanque 802

#### 3.3.11.1.2 Transferência das resinas para tanque de dosagem

Após definido o tipo de resina a ser utilizado o tanque de armazenagem é alinhado de acordo à produção e iniciado o processo de transferência do tanque de estocagem para o tanque de dosagem.

Esta transferência é feita através de uma bomba elétrica (tipo engrenagem) de 15kw de potência com capacidade de transferir 470 lts/min., em uma distância de aproximadamente 60 metros, então é encaminhada para um tanque de dosagem de 1080 lts, que trabalha com sensores de nível, toda vez que atingir o nível baixo a bomba de transferência parte alimentando o tanque de dosagem.

Após o tanque de dosagem, existem dois cilindros dosadores que trabalham alternadamente, ligados a uma válvula 4/2 vias, podendo trabalhar em duas posições: na primeira um dos cilindros se enche de resina proveniente do tanque de dosagem por gravidade, enquanto o segundo cilindro transfere a resina à bomba de dosagem; na segunda posição, a operação dos cilindros se inverte, (Figura 12).

Figura 12- Cilindros de dosagem de resina



Fonte: Duratex SA, 2010.

#### 3.3.11.1.3 Emulsão de parafina

Tem por principal função sua utilização no processo efetuar a impermeabilização das fibras, causando maior hidrorrepelência na chapa, além de servir como desmoldante na cinta de aço da prensa e como lubrificante dos discos de desfibrção, quando injetada no P.A.D, (parafuso alimentador do desfibrador).

Esta é armazenada em 2 tanques de 80m<sup>3</sup>, e os procedimentos de entrada e saídas é igual ao processo das resina, porem sua transferência é feita através de uma bomba pneumática de 5 bar de pressão com capacidade de transferir até 70 lts/min., utiliza-se este tipo de bomba para evitar o atrito do produto com equipamentos mecânicos, minimizando assim a quebra ou endurecimento do produto no duto de transferência para o tanque de dosagem que é de 500lts. O tanque de dosagem possui apenas um cilindro e uma válvula que libera o enchimento do cilindro, neste momento de transferência do tanque de dosagem para o cilindro a emulsão passa por um trocador de calor que aquece-a por volta de 30 – 35°C afim de manter uma viscosidade ideal do produto, (Figura 13).

Figura 13- Cilindros de dosagem de emulsão



Fonte: Duratex SA, 2010.

#### 3.3.11.1.4 Catalisador

O catalisador tem por função acelerar a reatividade da resina, este é fornecido de forma sólida (pó) em sacos de (big bags) de aproximadamente 1000Kg e é dosado dentro do tanque de preparo (2500 lts com agitador) através de uma rosca transportadora inclinada a 45°. A água utilizada no preparo é adicionada automaticamente, podendo ser água quente (50° C) ou água fresca.

O catalisador é preparado e enviado ao tanque de transferência de 3000 lts com agitador através da bomba de preparo tipo centrífuga de 250lts/min., deste tanque é transferido para o tanque de dosagem de 500 lts, através de uma bomba (tipo centrífuga de 70lts/min.), (Figura 14).

Figura 14- Armazenagem e preparo do catalisador



Fonte: Duratex SA, 2010.

#### 3.3.11.1.5 Circuitos de dosagem de água

Existem dois sistemas de dosagem de água: Água 1 e Água 2, os circuitos recebem água a 100 lts/min e possui um tanque de dosagem de 500lts e dosador de um cilindro, com uma bomba de dosagem de 90lts/min.

A água 1 é utilizada para a diluição da resina e/ou catalisador, enquanto a água 2 pode ser destinada ao pré-aquecedor, onde pode-se adicionar aditivos ao cavaco.

## 4 RESULTADO

### 4.1 Antigo ponto de adição de aditivos na linha de injeção

Neste antigo sistema de dosagem os componentes necessários para compor o sistema de adição das fibras são trazidos pelas bombas de dosagem e misturados a um misturador estático.

A mistura de resina, emulsão, catalisador e água é injetada com uma super pressão de 2-3 bar contra a pressão estática na linha de injeção, através de 6 bocais de injeção para mistura de resina, 1 bocal de injeção para emulsão, 1 bocal de injeção para catalisador e 1 bocal para a dosagem de água 2.

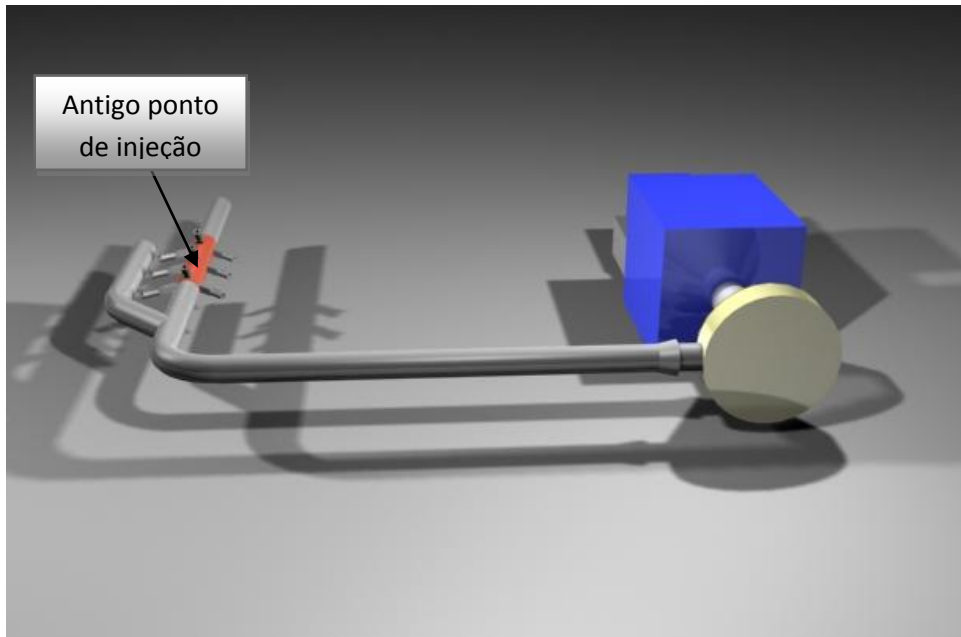
Estes bocais estão a 12 metros de distância da caixa de disco, em um duto de 6 polegadas de diâmetro, a uma pressão de vapor de 4 – 5,5 bar,

A mistura do vapor e fibras esta com umidade a cerca de 100%, ao receber a pulverização da resina, a água de mistura é quase imediatamente convertida em vapor. A massa de vapor representa cerca de 80 – 85% do peso total indo além da linha de injeção.

A pressão de vapor na saída do desfibrador que é de 9,2 bar é expandido além do comprimento da linha de injeção e descarregado contra a pressão atmosférica no secador, ocorrendo uma queda de pressão devido a expansão do secador ao longo da linha de injeção gerando uma redução de pressão de vapor de aproximadamente 4 bar.

O que torna este sistema ineficiente, devido à perda de pressão no ponto de injeção fazendo com que diminua a turbulência prejudicando assim a homogeneidade da dosagem dos aditivos, o que faz com que necessite aumentar a quantidade de dosagem da resina, a fim de proporcionar um ligamento perfeito das fibras, (Desenho 7).

Desenho 7- Antigo ponto de dosagem



Fonte: Gerson, 2010.

#### ***4.1.2 Comparativo condição de fabricação no antigo ponto de dosagem***

A Tabela 4 nos mostra as condições de fabricação entre as unidades de Botucatu (PS4), Uberaba (FU) e as duas linhas de Agudos (FA1 e FA2), e seus respectivos consumo de resinas, porem na unidade de Botucatu, existem 2 condições de trabalho, devido a intempéries do cotidiano da cidade que são determinadas pela temperatura ambiente.

Contudo este trabalho se limita a realizar comparações entre as unidades de Botucatu (PS4) e Agudos (FA2) e o consumo de resina será comparado com o material de MDF espessura de 15,0 mm.



Tabela 4- Antigo ponto de dosagem

	Espessura				Densidade				Vazão de Fibra (ton/h)				Resina (%)					
	PS 4	FU	FA1	FA2	OS	FU	FA1	FA2	PS4I	PS4V	FU	FA1	FA2	PSI	PSV	FU	FA1	FA2
<b>2,5</b>	2,8				870				26,1	26,1				8,9	8,9			
<b>3,0</b>	3,3		3,4		850		850		28,89	25,60			18,60	8,9	8,9		9,2	
<b>4,0</b>	4,4				840				31,77	31,77				9,9	9,9			
<b>6,0</b>	6,5	6,9	6,7		820	820	850		38,95	38,95	26,90	20,40		11,3	11,3	9,0	8,9	
<b>9,0</b>	9,5	9,9	9,9	9,8	740	740	700	700	37,38	41,33	24,90	21,10	55,70	10,5	11,5	11,0	11,8	11,5
<b>12,0</b>	12,7	12,8	12,8	12,8	700	700	700	700	37,23	39,38	22,10	21,60	55,40	11,5	12,5	11,5	11,8	11,5
<b>15,0</b>	15,8	15,8	15,8	15,8	700	700	700	700	37,27	39,93	25,40	21,90	60,20	12,0	13,0	13,0	12,3	11,5
<b>18,0</b>	18,9	18,9	18,9	18,9	690	690	680	690	33,69	37,72	24,90	20,10	55,40	12,5	13,5	13,5	12,8	11,5
<b>20,0</b>	21,0		20,9	21,1	690		670	690	31,14	35,14		18,90	52,40	13,0	14,0		13,8	12,5
<b>22,0</b>	23,1	23,0	22,9	23,1	690	690	670	690	29,83	34,21	23,10	18,00	53,60	13,0	14,0	13,5	14,8	13,0
<b>25,0</b>	26,3	26,4	26,4	26,2	700	690	660	700	30,08	33,02	19,70	17,20	49,40	13,5	14,5	13,5	14,8	13,5
<b>30,0</b>	31,5		31,7	31,6	680		670	680	24,31	28,51		16,00	41,80	14,0	15,0		14,8	15,0
<b>35,0</b>	36,6		36,7	36,7	680		650	680	22,33	26,24		15,90	38,20	15,0	16,0		15,8	15,0

Fonte: Duratex SA, 2010.

As variáveis utilizadas para fazer as comparações entre o consumo de resina antes e depois da alteração são demonstradas na Tabela 5, onde são analisado a espessura do material, a velocidade de prensagem, o consumo de resina e o fator de prensagem que é um cálculo matemático utilizado para analisar a eficiência de cada prensa, respeitando as limitações dimensionais do equipamento, logo que, o resultado obtido é inversamente proporcional a velocidade, ou seja, quanto menor o fator de prensagem maior será a velocidade, este fator é dado pela seguinte fórmula:

$\frac{\text{àrea útil de prensagem}}{(\text{velocidade} \times \text{espessura real})}$ , sabendo que em PS4 a área útil de prensagem é de 50100 mm

e FA2 é de 70000 mm, logo teremos que:

$$\text{➤ Botucatu (PS4)} = \left( \frac{50100}{440 \times 15,8} \right) = 7,04$$

$$\text{➤ Agudos (FA2)} = \left( \frac{70000}{650 \times 15,8} \right) = 6,81$$

Tabela 5- Comparativos de Fabricação

Espessura		Velocidade		Resina (%)		Fator de prensagem		Vazão de fibra (ton/h)	
Nom.	Real	PS4	FA2	PS4	FA2	PS4	FA2	PS4	FA2
<b>15,00</b>	15,80	440	650	13,0	11,5	7,04	6,81	37,0	60,20

Fonte: Duratex SA, 2010.

Analisando a tabela acima percebemos que mesmo com um fator de prensagem maior que FA2 estava sendo consumidos 11,54% a mais de resina na unidade de Botucatu, gerando um custo de R\$ 360,05/m<sup>3</sup> de chapa.

## 4.2 Atual ponto de adição de aditivos na linha de injeção

### 4.2.1 Dosagem de resina

A fibra sai da caixa de disco do desfibrador a uma pressão de vapor de aproximadamente 9,2 bar com uma velocidade acima da velocidade do som (300m/s), sem perder pressão devido a expansão do secador, a massa de vapor misturada com as fibras imediatamente já passa pelo ponto de dosagem de aditivos que agora esta apenas 1,5 metros de distância da caixa de disco.

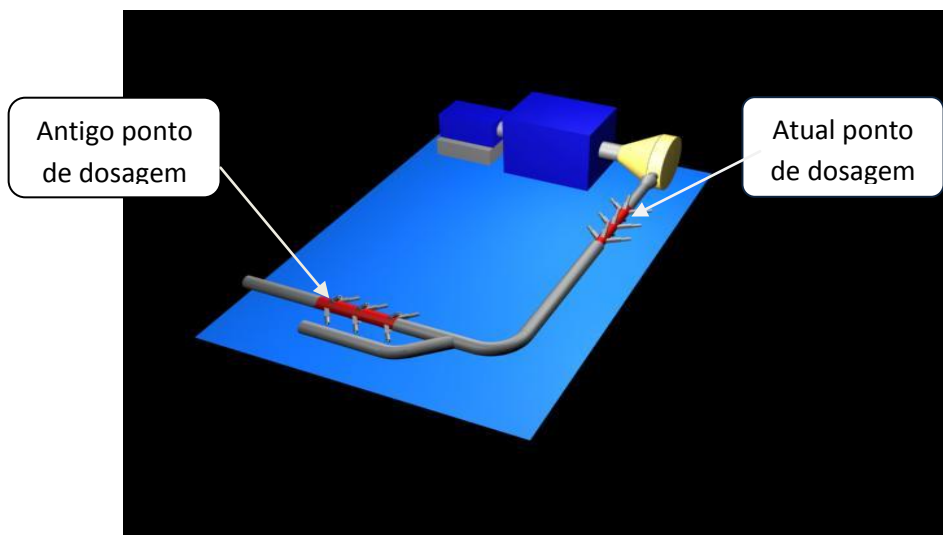
A resina é trazida pela bomba de transferência e misturada no misturador estático com o sistema de água 1, daí é levada até um terminal de distribuição, que por sua vez a distribui para os 6 bicos de dosagem disposto ao duto que teve seu diâmetro reduzido de 6 polegadas para 5, fazendo com que aumente ainda mais o turbilhonamento nesta seção, melhorando a homogeneidade da mistura do produto ligante das fibras, a injeção de resina feita pelos bicos de dosagem contra o fluxo da linha instantaneamente se transforma em vapor, misturando-se com a massa de vapor e fibra proveniente do desfibrador, ( Figura 15 e Desenho 18).

Figura 15- Atual ponto de dosagem



Fonte: Duratex SA, 2010.

Desenho 8- Comparação entre os dois sistemas



Fonte: Gerson, 2010.

#### **4.2.2 Dosagem da água 2**

Atualmente a água 2 é aquecida e dosada atrás da caixa de disco, a dosagem é feita através de 4 bicos estrategicamente alocados atrás da caixa de disco a uma pressão de aproximadamente 10 bar.

Isto faz com que o disco do desfibrador mantenha-se resfriado, além de auxiliar no controle de umidade, esta alteração foi de suma importância para o processo, pois devido a esta nova técnica foi possível reduzir o desgaste prematuro dos seguimentos dos discos em 704 horas em média, aumentando o rendimento horário da linha, pois diminui a quantidade de paradas para troca de disco.

#### **4.2.3 Dosagem de emulsão e água reserva**

A emulsão está sendo dosada separadamente no antigo ponto de dosagem junto com a água reserva, porém a aplicação são feitas em bicos de injeção independentes.

A água reserva que antes não era utilizada, hoje ela é essencial para o auxílio do controle de umidade.

#### **4.2.4 Catalisador**

Após a diluição do produto com água que é de 85% de água e 15% de produto, o mesmo é transferido e dosado a 6 lts/min na *discharger* (parafuso extrator do digestor) e transferido para o P.A.D., que por sua vez transfere para o desfibrador, (Figura 16).

Figura 16- **DISCHARGER** (descarregador)

Fonte: Duratex SA, 2010.

#### 4.2.5 *Atual consumo de resina*

Na última produção realizada dia 10/11/2010, com os materiais 150MX1 e 150M11, foi possível observar um aumento no fator de prensagem de 9,08%, devido ao ganho de velocidade que passou de 440 mm/seg. para 480 mm/seg. o que elevou o nosso fator de prensagem de 7,04 para 6,60, ou seja, abaixo da unidade de Agudos (FA2), como mostra a Tabela 6.

Tabela 6- Análise das variáveis após as alterações

Espessura		Velocidade		Resina (%)		Fator de prensagem		Vazão de fibra (ton/h)	
Nom.	Real	Antes da alteração	Depois alteração	Antes da alteração	Depois alteração	Antes da alteração	Depois alteração	Antes da alteração	Depois alteração
15,00	15,80	440	480	13,0	13,0	7,04	6,67	37,0	40,36

Fonte: Duratex SA, 2010

Os respectivos materiais acima mencionados são considerados como chapas largas, devido suas dimensões que são de 2490 X 5580 X 15,8 (mm) e 2490 X 5550 X 15,8 (mm) respectivamente, e a largura máxima de prensagem ser de 2500 mm.

Com essas informações, considerando a chapa com maior comprimento, podemos concluir que foram produzidos ao longo de 24 horas um total de:

#### 4.2.6 *Quantidades de chapas por Hora.*

✓ **Antes da alteração:**

$\left(\frac{5580}{440}\right) = 12,681$  segundos por chapa, sabendo que 1 hora é igual 3600 segundos, logo teremos;

$$\left(\frac{3600}{12,681}\right) = 283,89 \text{ chapas/hora}$$

✓ **Depois da alteração:**

$\left(\frac{5580}{480}\right) = 11,625$  segundos por chapa, ou:

$$\left(\frac{3600}{11,625}\right) = 309,68 \text{ chapas/hora}$$

#### 4.2.7 *Padrão produtivo*

Utiliza-se este cálculo para determinar a quantidade de volume que é possível produzir em uma hora de fabricação. Este cálculo é feito encontrando o volume de uma chapa em metros e multiplicando pela quantidade de chapas produzida em 1 hora.

✓ **Antes da alteração:**

$\left(\frac{2490 \times 5580 \times 15,8}{1000^3}\right) \times 283,89 = 62,32m^3/hora$ , logo podemos encontrar a produção total diária:

$$62,32 \times 24 = 1495,68m^3/dia$$

✓ **Depois da alteração:**

$\left(\frac{2490 \times 5580 \times 15,8}{1000}\right) \times 309,67 = 67,98m^3/hora$ , ou:  $67,98 \times 24 = 1631,52m^3/dia$

#### 4.2.8 Custo da resina no processo de fabricação de MDF por $m^3$

O custo da resina é calculado através da quantidade sólida de resina utilizada, este por sua vez é calculada em cima do consumo de madeira sem resina, que no caso desta produção foi de 669 Kg/min. Logo teremos que:

➤ **Consumo em Kg de resina por minuto antes da alteração**

$$\left(\frac{440}{480} \times 669\right) = 613,25 \text{ Kg madeira / min}$$

$$613,25 \times \frac{13}{100} = 79,72 \text{ Kg resina / min}$$

➤ **Consumo em Kg de resina por minuto depois da alteração**

$$669 \times \frac{13,0}{100} = 86,97 \text{ Kg / min}$$

➤ **Consumo em Kg de resina sólido por dia antes da alteração**

$$1440 \times 79,72 = 114.796,8 \text{ Kg / dia}$$

➤ **Consumo em Kg de resina sólido por dia depois da alteração**

$1440 \times 86,97 = 125.236,80 \text{ Kg / dia}$  , sabendo que a diluição da resina é de 65% sólido e 35% de água logo teremos um total de:

✓ **Antes da alteração:**

$$114.796,8 \times \left(\frac{65}{100}\right) = 74.617,92 \text{ Kg sólido de resina consumida por dia.}$$

✓ **Depois da alteração:**

$$125.236,8 \times \left(\frac{65}{100}\right) = 81.403,92 \text{ Kg sólido de resina consumida por dia.}$$

Considerando o valor de R\$ 1,3181 o quilo sólido de resina, foi gasto para concluir esta produção um total de:

**Antes da alteração:**

$$74.617,92 \times 1,3181 = R\$98.353,88$$

**Depois da alteração:**

$$81.403,92 \times 1,3181 = R\$107.298,5$$

No entanto, logo podemos saber o custo em resina para fabricar 1 m<sup>3</sup> de chapa de MDF na produção do 15,0mm:

✓ **Antes da alteração:**

$$\frac{98.353,88}{1.495,68} = R\$65,76/\text{m}^3 \text{ de chapa}$$

✓ **Depois da alteração:**

$$\frac{107.298,5}{1.631,52} = R\$65,76/\text{m}^3 \text{ de chapa}$$

Sabendo que a resina entra no custo variável do processo estes cálculos nos revelam que nesta nova condição de fabricação o verdadeiro ganho veio através do padrão produtivo, onde com os mesmos custos fixos foi possível produzir 9,08% a mais no volume diário de chapas, onde o custo do metro cúbico que era de R\$360,05 passou a ser R\$353,86, uma redução de 1,75%. Como mostra a ficha de custo abaixo, (Figura 17 e 18).

Figura 17- Antes da alteração

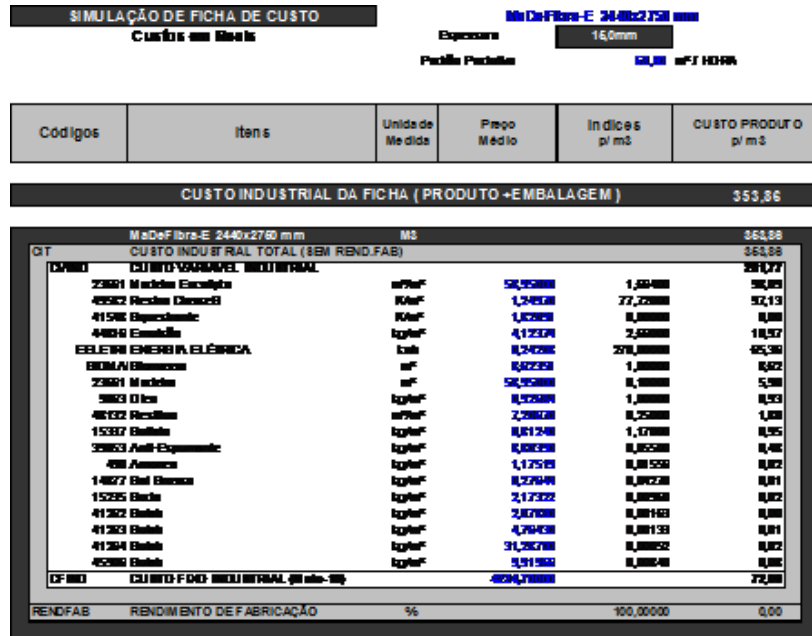
SIMULAÇÃO DE FICHA DE CUSTO					
CUSTOS em Reais					
		MDF Fibra-E 2440x2750 mm			
		Espessura 15,0mm			
		Fábrika Produtora GUNOFF HORA			
Códigos	Itens	Unidade de Medida	Preço Médio	Índices p/ m <sup>3</sup>	CUSTO PRODUTO p/ m <sup>3</sup>
<b>CUSTO INDUSTRIAL DA FICHA ( PRODUTO + EMBALAGEM )</b>					<b>360,05</b>
MDF Fibra-E 2440x2750 mm					M\$ 360,05
CUSTO INDUSTRIAL TOTAL (SEM REND.FAB)					360,05
<b>CUSTO VARIÁVEL INDUSTRIAL</b>					
23801	Madeira Esculpida	m <sup>3</sup> /F	52,92000	1,00000	52,920
40302	Resina Duroxol	l/taF	1,24900	29,50000	36,846
41500	Esquadro	l/taF	1,00000	0,00000	0,000
44000	Escalada	kg/taF	41,23000	2,00000	824,600
<b>ELETRON EMERSON ELÉTRICA</b>					
00000	Eletrônica	l/ta	0,74200	275,00000	203,815
00000	Eletrônica	m <sup>2</sup>	0,02200	1,00000	0,220
23801	Madeira	m <sup>3</sup>	52,92000	0,00000	52,920
38000	Óleo	kg/taF	0,00000	1,00000	0,000
40302	Resina	m <sup>3</sup> /F	2,20000	0,25000	1,000
15307	Estado	kg/taF	0,01200	0,00000	0,000
39000	Anti-Exposante	kg/taF	0,00000	0,00000	0,000
400	Arroz	kg/taF	1,17500	0,00500	0,006
14007	Óleo Diesel	kg/taF	0,00000	0,00000	0,000
15305	Estado	kg/taF	2,12300	0,00000	0,000
41202	Estado	kg/taF	2,00000	0,00100	0,001
41203	Estado	kg/taF	4,70000	0,00100	0,001
41204	Estado	kg/taF	31,20000	0,00000	0,000
40000	Estado	kg/taF	0,00000	0,00000	0,000
CF 000	<b>CUSTO FICHA INDUSTRIAL (SEM REND.FAB)</b>		<b>4834,70000</b>		<b>24,500</b>
REND.FAB	RENDIMENTO DE FABRICAÇÃO	%		100,0000	0,00

**Custo R\$/m<sup>3</sup> = 360,05**

Fonte: Duratex SA, 2010.



Figura 18- Depois da alteração

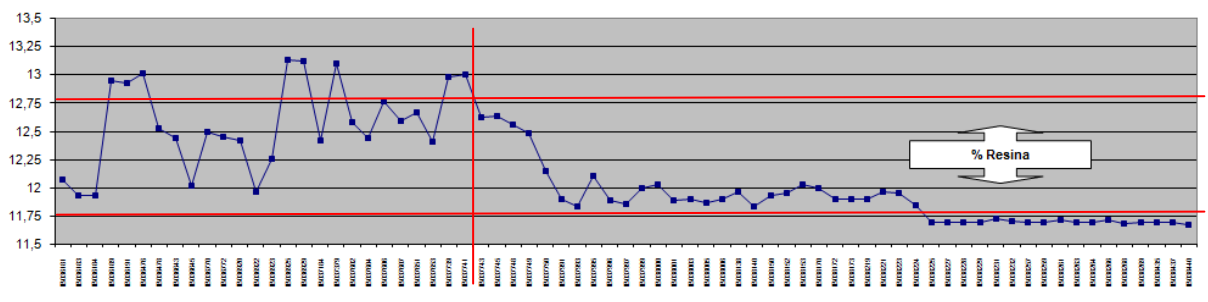


Custo R\$/m³ = 353,86

Fonte: Duratex SA, 2010.

Entre tanto, teste realizado ao longo da análise de comparação foi possível verificar que trabalhando com a mesma velocidade antes da alteração, ouve uma redução significativa na dosagem de resina, Gráfico 7.

Gráfico 7- Redução do consumo de resina



Fonte: Duratex SA, 2010

## 5 CONCLUSÃO

Uma vez aplicado o instrumento de coleta de dados, processados os mesmos e obtida a informação que gerou conjuntamente com as respectivas análises, obteve-se resultados que permitem apresentar o seguinte conjunto de conclusões:

No âmbito de mercado de chapas foi possível conhecer as características dos materiais reconstituídos através da fibra de eucalipto e seus respectivos mercados. Também saber as tendências do mercado de MDF até o ano de 2012, analisando o crescimento mundial do consumo deste tipo de material. Na questão do processo foi possível entender melhor o funcionamento de uma linha de produção em massa contínua, logo que foi detalhada passo a passo a fabricação de MDF.

No que tange ao consumo de resina na empresa DURATEX, processo de fabricação de MDF na linha 4, ficou claro que houve uma redução significativa quando escolhido manter o padrão produtivo em 62,32m<sup>3</sup>/hora, porém foi preferido aumentar o padrão para 67,98m<sup>3</sup>/hora e manter a mesma dosagem de resina em 13%. Logo que o expressivo ganho de 9,08% na velocidade representou um rendimento no fator de prensagem, porém com dosagem de resina acima ao se comparar com a FA2 (unidade de Agudos), que ocorre devido a particularidades tecnológica de cada linha. No entanto este aumento de velocidade fatalmente contribuiu na redução do custo de estrutura diminuindo assim o valor do m<sup>3</sup> de chapa em 1,72%.

A questão da alteração do sistema de dosagem de aditivos veio a contribuir com o aumento da produtividade da linha PS4, reduzindo os custos de fabricação, junto também com o ganho de rendimento horário da linha em função do aumento de tempo de vida útil dos segmentos do disco do desfibrador em 704 horas, diminuindo assim as paradas para troca de disco.

No início não se tinha idéia de como seria, entretanto após a realização da alteração no processo os resultados obtidos foram satisfatórios; convém ressaltar, que testes ainda estão sendo feitos e a certificação completa ainda não está concluída, pois estando os testes tecnológicos acima da média estabelecida é possível diminuir ainda mais a dosagem de resina,

contudo tendo esse ideal de redução em mente, acredita-se que os resultados obtidos foram além do esperado pelo corpo gerencial.

## REFERÊNCIAS

- ERBER, F.S. O Padrão de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico e o Futuro da Indústria Brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro, 2000. 32. Outubro 2000. Disponível em: < <http://www.ie.ufrj.br>>. Acesso em: 20 ago 2010.
- FALCONI, V.C. **TQC Controle da Qualidade Total: No Estilo Japonês**. São Paulo: Editora Eletrônica INDG TCCS 2004.
- FALCONI, V.C. **TQC Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. Rio de Janeiro: Editora Bloch Editores 1994, p.274.
- GOMES, D.H. **Análise de Insumos para Redução de Custo na Fabricação de Chapas de Médium Density Fiberboard (MDF)**. 2009. 63. Monografia (Graduação em Tecnologia em Informática)- Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Botucatu, 2009.
- JOHMSTON, R.; CLARK, G. **Administração de Operações de Serviços**. X. Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2002, p.561.
- MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2006, p.562.
- NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. **Determinantes Setoriais do Desempenho das Empresas**. Brasília, DF: IPEA, 2005. Disponível em <<http://www.ie.ufrj.br/gic/pdfs>>. Acesso em: 20 ago 2010.
- PASQUALINI, A.; ALEXANDRINI, F.; FAUSTO, M.; SEZERINO, C.C. **Mecanização do Sistema de Colagem de Bordas em uma Indústria de Móveis sob Medida**. Otacílio Costa, SC: SEGeT, 2005. Disponível em:<[http://www.aedb.br/seget/artigos09/151\\_colagem\\_bordas.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos09/151_colagem_bordas.pdf)>. Acesso em: 20 ago 2010.

ROBERTO, R.A. **Análise e Otimização de um Processo Produtivo de MDF**. 2009. 84. Monografia (Graduação em tecnologia em Informática)-Faculdade de Tecnologia Botucatu, Botucatu, 2007.

SLACK,N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; HARLAND,C.; HARRISON,A. **Administração da Produção(Edição Compacta)**. I. Ed.: Editora Atlas, 1999.

Botucatu, 29 de Janeiro de 2011.

---

Gerson Messias de Arruda

De Acordo

---

Prof. Dr. João Alberto Borges de Araújo

Botucatu, 29 de Janeiro de 2011.

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin

