

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST- UNIFACVEST
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DAVID PAULO LOPES

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE FIBRAS
NO PROCESSO PRODUTIVO DE MDF

LAGES
2018

DAVID PAULO LOPES

**SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE FIBRAS
NO PROCESSO PRODUTIVO DE MDF**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Produção no Centro Universitário Unifacvest com parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof^o. Msc Ailton Leonel Balduino Junior.

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Botan.

**LAGES
2018**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de citar todos os envolvidos nesta longa caminhada e além de agradecer também homenagear cada um pelo seu envolvimento, mais como são muitas pessoas envolvidas em longos cinco anos de faculdade, vou citar apenas algumas pessoas especiais que de alguma forma fizeram parte dessa jornada que além de longa é sofrida mais muito gratificante e de grande aprendizagem. Agradecer de coração meus pais Marlete Terezinha Boing Lopes e Paulo Davi Lopes por me dar o dom da vida e de sempre me apoiarem em tudo que desejei fazer na minha vida, pelos conselhos pelas brigas e ensinamentos que me deram durante a jornada e ainda me o proporcionam, agradecer minha esposa Bruna de Oliveira Lopes por estar junto comigo todos os dias me apoiando, ajudando e dando força para seguir. Agradecer todos os amigos que fiz sem eles nada seria possível devido a troca de conhecimentos e ajuda de todos, professores, orientadores e todos que de alguma forma fizeram parte do caminho fazendo com que me tornasse uma pessoa melhor e mais feliz com tudo que foi superado e conquistado durante esses cinco anos, o meu muito obrigado a todos.

RESUMO

Cada produto fornecido ao cliente antes de chegar ao consumidor sendo ele uma matéria-prima para uma transformação ou para consumo imediato passa por alguma etapa de algum processo. Devido à evolução e alta competitividade do mercado as empresas precisam trabalhar seus processos produtivos a fim de oferecer um produto de qualidade para seus clientes. O presente estudo teve por objetivo analisar e alterar condições de operação e regulagens de classificação do equipamento para realizar um ganho no material a ser utilizado no processo produtivo e padronizar o material a ser descartado do processo. Busca-se nessa análise a veracidade da instabilidade de descarte de material na etapa do processo onde é realizada a classificação de fibras, instabilidade indicada através de testes em laboratório realizado em equipamentos próprios para este fim. A partir deste pressuposto foram analisados resultados de testes durante alguns períodos de classificação e variações no processo onde foram deixados fixos condições de regulagem que se encontrava no equipamento, depois de constatado o descarte de material desejável para processo, ou seja, desperdício de fibras ideais para utilização na produção iniciou-se a alterações gradativas do equipamento através do acompanhamento frequente dos testes em laboratório, alterando suas condições de regulagem através das alterações possíveis de classificação oferecidas pelo equipamento a fim de se obter o resultado esperado. Após um conjunto de testes realizados e alterações padronizadas, foi alcançado o resultado desejável, melhorando a classificação do equipamento em duas condições fixas e padronizadas para produção, obtendo uma melhora do material de descarte, ou seja, realizando o descarte somente de material indesejável no processo, evitando o desperdício e conseqüentemente alterando as condições visuais da placa acabada.

Palavras chave: Classificação, alterações, Melhoria, Desperdícios, Padronização.

ABSTRACT

Each product supplied to customer before reaching the consumer being raw material for processing or for immediate consumption pass by for something process. Due the evolution and the high competitiveness of the market the industries need to work your productive process to offer each more a product with more quality for his customers. This study objected to analyze and change operational conditions of classification of the equipament to perform material gain to be employed in the productive process and standart the material to be discarded of process. Search in this analyze the instability true of material discart at stage process where it is fibres classification, instability indicated through test labs perfomed by own machines. From this assumption were analyze test results during some time periods of the classification and process variations where were let fixed adjustments conditions in the equipment, after found the material discard accept in the process, the ideal fibres waste for production use begin gradual changes of equipmen through frequente monitoring by test labs. change your adjustments conditions through possible changes of classification offered by equipment in order to get expected results. After a set of tests carried and changes standardized, was achieved desired result, improving the equipmente classification in two fixed conditions and standardized to production. Getting a improvement of the discard material, that is to say, performing the discard only of undesirable material in the process, avoiding the waste and consequently changing the visual conditions of plate finished.

keywords: Classification, changes, Improvement, Waste, Standardization.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1.	OBJETIVO GERAL	2
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1	MADEIRA E DERIVADOS	3
3.2	CHAPAS DE FIBRA.....	3
3.3	PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	5
3.4	ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO	7
3.5	CLASSIFICAÇÃO PADRONIZAÇÃO E QUALIDADE.....	9
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	11
4.1	MDF - MEDIUM DENSITY FIBERBOARD	11
4.2	SIFTER	11
5.	RESULTADOS	12
6.	CONCLUSÃO	29
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de produção do MDF.....	12
Figura 2 - Supervisório de controle do equipamento <i>Sifter</i>	14
Figura 3 - Fluxograma completo do equipamento <i>Sifter</i>	15
Figura 4 - Visão interna do funcionamento dos Doffing-rolls e <i>Sifter</i>	16
Figura 5 - Ventilador de injeção de ar inferior.....	17
Figura 6 - Ventilador principal de sucção.....	18
Figura 7 - Peneira Granulométrica utilizada na realização dos testes.....	19
Figura 8 - Rosca de extração inferior.....	20
Figura 9 - Ajuste das entradas de ar Superiores.....	24
Figura 10 - Ajuste das entradas de ar inferiores.....	25
Figura 11 - Material descartado enviado para queima.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do equipamento <i>sifter</i> 1 e 2.....	23
Tabela 2 - Ajustes fixados no equipamento a campo.....	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Coleta de fibras nas peneiras de classificação.....	21
Gráfico 2 - Amostra de fibras nas peneiras de classificação.....	22
Gráfico 3 - Coleta de fibras após alteração do equipamento.....	27
Gráfico 4 - Amostras de fibras após alteração do equipamento.....	28

1. INTRODUÇÃO

O processo de fabricação de placas MDF (*Médium Density Fiberboard*) mais conhecido como chapas de fibra de média densidade consiste em várias etapas importantes para uma melhor qualidade na finalização do processo produtivo, muitas etapas são percorridas desde a matéria prima até o produto acabado, uma dessas etapas constitui na classificação das fibras a fim de se obter uma melhor qualidade no painel acabado. Sua alta trabalhabilidade e ótima condição de usinagem tornam o MDF um dos principais componentes da indústria moveleira, entre outras inúmeras aplicações possíveis que o painel proporciona.

Outra característica muito importante do painel MDF que impacta não somente nas características físicas, mas também na estética do produto, é uma boa classificação dessas fibras de madeira, fibras inadequadas aglutinadas no painel alteram seu processo produtivo, causando avarias na fabricação e até um maior custo de fabricação. Devido ao processo de fabricação ser realizado em várias etapas, o MDF possui grandes e diversas linhas de fabricação, com vários fornecedores oferecendo uma grande gama de equipamentos para melhoria no processo produtivo.

Cada linha de fabricação possui particularidades, pois cada equipamento precisa ser regulado e ajustado com as condições ideais de cada processo buscando a melhoria do produto acabado. Muitas plantas de fabricação possuem o mesmo equipamento, mas devido as inúmeras características do painel o mesmo obriga cada equipamento ser configurado especificamente para cada linha de produção, e uma destas etapas que exigem uma configuração e extrema qualidade é a classificação das fibras após a secagem e a dosagem de químicos.

Os classificadores pneumáticos *sifter* são equipamentos utilizados no processo para classificar as melhores fibras e retirar do processo possíveis misturas indesejadas, impedindo o aparecimento de materiais indesejados que possam causar efeitos no produto acabado, se tornando grande importância que esta etapa do processo esteja em ótimas condições e ofereça sua melhor eficiência para o restante do processo, devido a essa importância será realizado o estudo, acompanhamento e ajuste para possíveis melhorias no descarte do material garantindo uma melhor qualidade da fibra apresentada após as alterações realizadas e com isso um descarte e configurações do equipamento padronizadas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral: Identificar possíveis irregularidades e melhorias no processo de classificação de fibras, a fim de melhorar o descarte e evitar desperdício de material que poderia ser utilizado no processo do painel acabado.

2.2. Objetivos Específicos:

- Verificar possíveis alterações na regulagem do equipamento de classificação;
- Analisar melhorias no descarte de material;
- Melhorar descarte de material que seria utilizado no processo;
- Padronizar operação e regulagens.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MADEIRA E DERIVADOS

O produto derivado de madeira, segundo Mallooney (1993 apud SILVA, 2003) teria surgido por volta de 1450 a.C. no mural “Escultura de Tebas” esses produtos passaram a ser conhecidos como “laminas”, observou-se por volta de 1650 que existiam registros referentes à obtenção de lâminas derivadas de madeira maciça através do uso de serras verticais, e em 1777 passaram a serem utilizadas serras circulares devido a necessidade da transformação da madeira para facilitação nos trabalhos da época. Segundo Malloney (1993 apud SILVA, 2003)) devido ao surgimento das serras fitas em 1808, ocorre um grande avanço técnico na transformação da madeira maciça, devido a esse avanço tecnológico ocorrido nas áreas de processo de fabricação de lâminas e transformação da madeira em sua forma original surgiram também as faqueadoras e os torno laminadores que são utilizados até hoje por muitas empresas.

Por volta do século VI a.C, conforme Silva (2003), os primeiros exemplares de “chapas de fibra” foram encontrados, as quais eram denominadas “chapas duras” e usadas nas paredes de pequenas habitações. Entretanto, somente na Inglaterra em 1772, foi dado o primeiro impulso para o uso na construção de chapas leves, quando se patenteou o “papier maché” para aplicação em divisórias, portas, móveis e em carruagens. O século XIX se caracterizou pelo início da produção de chapas de fibra na Inglaterra, o processo foi desenvolvido pela empresa Millboard Co que inicialmente fabricava chapas semiduras utilizando uma máquina para produção de papelão com quatro cilindros formadores.

3.2. CHAPAS DE FIBRAS

O grande desenvolvimento da indústria de chapas de fibra, segundo Silva (2003) ocorreu após a implantação dos processos masonite e asplund, entre 1926 e 1931, tendo como principal objetivo do desenvolvimento da tecnologia para produção de chapas de fibra a possibilidade de agregar valor às madeiras de menor qualidade e custo transformando-as em produtos nobres e valiosos. Nesse sentido criou-se uma tecnologia própria para transformação de madeiras maciças adequadas para a produção de chapas de fibra, a ideia de transformar

madeiras de baixa qualidade, agregando valores aos produtos, incentivou o surgimento na Alemanha no início dos anos 50, a tecnologia para produção de aglomerados. Estes produtos tiveram enorme aceitação, que no início da década de 80 superou a produção do compensado.

A ideia de se agregar valor aos produtos derivado de madeira e a necessidade de se obterem chapas que apresentassem maior estabilidade dimensional, resistência à umidade e maior resistência à ação de pregos e parafusos, foram desenvolvidas na década de 60 as chapas de fibra do tipo MDF, que foram fabricadas pela Miller Hofft Company que atualmente são consideradas o maior avanço tecnológico no setor industrial de processamentos de produtos derivados de madeira maciça. A primeira chapa do tipo MDF foi produzida comercialmente em Deposit – NY, por Harry Raddin que deu nome ao produto baseando-se na descrição do processo. A partir de 1967 as iniciais MDF passaram a identificar o termo em inglês Médium Density Fiberboard. Em meados da década de 70, chegou à Europa, quando passou a ser produzido na antiga República Democrática Alemã e, posteriormente (1977), foi introduzido na Europa Ocidental através da Espanha. No Brasil, a primeira indústria iniciou sua produção no segundo semestre de 1997. (SILVA, 2003).

Produto relativamente recente, estas chapas possuem características que se aproximam da madeira sólida e suas propriedades físico-mecânicas propiciam aplicações das mais variadas formas, devido a suas características o MDF é atualmente considerado o substituto natural da madeira sólida. (SILVA, 2003).

A produção de chapas de partículas vem apresentando uma das maiores taxas de crescimento, entre os produtos à base de madeira. Isso está ocorrendo graças à diversidade de produtos disponíveis e da flexibilidade de aplicação para os mais variados fins. Os processos e a matéria-prima utilizada em várias formas e geometrias, bem como os aditivos, conferem variação bastante ampla às propriedades do produto acabado. (BRITO et al., 2004).

Maloney (1996) define os painéis de fibra de madeira, como material manufaturado a partir do refinamento das fibras lignocelulósicas, sendo que a adesão primária se processa através de entrelaçamento das fibras e pelas propriedades adesivas de alguns componentes químicos da madeira como a lignina.

Composto principalmente por fibras lignocelulósicas combinadas com resina sintética, ou outro adesivo, unido entre si através de pressão e calor, Torquato (2008) define o MDF como sendo um painel cuja característica principal é sua capacidade de usinagem, tanto nas

bordas, quanto nas faces. Com densidade adequada e homogeneidade proporcionada pelas fibras, pode ser facilmente torneado, entalhado e usinado.

3.3. PROCESSO DE PRODUÇÃO

Já o processo de produção, descrito por Campos (2003), inclui o desfibramento mecânico da madeira, refino das fibras, secagem, mistura das fibras com resina, formação de colchão de um material resinado e prensagem a quente. Como resultado deste processo, o MDF é um produto homogêneo, uniforme, estável, de superfície plana e lisa que oferece boa trabalhabilidade, alta usinabilidade para encaixar, entalhar, cortar, parafusar, perfurar e moldurar, além de apresentar ótima aceitação para receber revestimentos com diversos acabamentos.

Os painéis de Fibras de Média Densidade (MDF) são compostos de fibras de madeira, Iwakiri (2005), descreve que para a obtenção de fibras podem ser utilizadas madeiras na forma de toras com diâmetro acima de 50 mm, ou como em resíduos de madeira resultantes de outros processos de transformação, como costaneiras, pontas e aparas, rolo-resto de laminação e outros resíduos de exploração florestal. Em menor proporção (até 15%) também podem ser utilizadas a serragem e a casca para produção de painéis de fibras duras. Outros materiais também podem ser utilizados no processo, como resíduos agrícolas, bambu, fibras de casca de coco, no entanto estão sujeitos a alguns fatores como, a disponibilidade, condições climáticas, manuseio, transporte entre outros. (TORQUATO, 2008).

Quando a principal matéria-prima é a madeira, esta pode ser tanto de coníferas como de folhosas. Com preferência para aquelas que possuem paredes celulares finas, por facilitarem o desfibramento, apresentando maior área de contato e contribuindo para o desenvolvimento de um número maior de ligações do tipo pontes de hidrogênio, ainda mais fortes. A escolha pela espécie depende do produto final e de sua aplicação, afirma Torquato (2008). Na produção do MDF, as coníferas são bem utilizadas, em função de sua coloração clara, é menos densa e tem fibras mais longas com parede celular mais fina. Mas também é possível a mistura de espécies, como na Europa onde algumas empresas misturam 80% de conífera, pinus, e 20% de folhosas como a castanheira. No Brasil as empresas estão fabricando painéis mistos em que as principais espécies são pinus e eucaliptos em diversas

proporções, uma das proporções mais utilizadas na mistura é de 70% de fibras de pinus com 30% de fibras de eucalipto conforme especificações de fabricantes. Torquato (2008).

Um estudo conduzido por Torquato (et al., 2010), com o objetivo de avaliar as propriedades físicas e mecânicas de painéis de fibras de média densidade (mdf) produzidos pelas indústrias brasileiras, concluiu que os painéis produzidos com madeira de eucalipto apresentaram valores médios inferiores de ligação interna e superiores de absorção de água em relação aos obtidos com painéis de pinus.

Para Torquato (et al., 2010), as variações demonstram que as características diferenciadas das fibras de eucalipto (folhosas) em relação às fibras de pinus (coníferas) podem influenciar no processo de formação de painéis MDF e nas suas propriedades físicas e mecânicas.

Na produção de painéis de MDF, embora a madeira prevaleça na maioria dos processos produtivos, o bagaço de cana, papiro, palha de cereais, talos de algodão, linho, bambu, papel e casca de coco, também são matérias-primas a considerar, conforme definido por Maloney (1993), apontando ainda que a escolha de determinada matéria-prima para a fabricação de chapas de composição depende do seu valor comercial, da disponibilidade e de algumas características intrínsecas, como densidade, cor e também o PH e a capacidade-tampão.

Colli (et al., 2010), realizou uma pesquisa e determinou que as propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de paricá (*Schyzolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), às quais foram adicionadas diferentes proporções de fibras de coco (*Cocos nucifera* L.). O resultado indicou que a madeira de paricá é apropriada para confecção de chapas aglomeradas, obtendo-se melhores propriedades quando fabricadas com 8% de adesivo. Já a inclusão de fibras de coco permite melhorar algumas propriedades mecânicas das chapas.

Eleotério (2000) avaliou as propriedades físico-mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina produzidos a partir de fibras de madeira de *P. oocarpa* e de pinus caribaea. Na análise do comprimento das traqueídes, os elementos celulares inteiros foram agrupados em maior frequência nas classes de 4-5mm (40% das traqueídes) e nas desfibradas nas classes de 2-3mm (29,9% das traqueídes). A redução no comprimento médio das traqueídes é indicativa de quebra no desfibramento termomecânico, aumentando a variabilidade do comprimento das fibras com o desfibramento.

No campo da pesquisa são muitos os estudos sobre o emprego de diversos materiais possíveis de utilização na produção de painéis de MDF, entretanto, no território nacional prevalece a produção de painéis de MDF com madeira de Pinus ou Eucalipto ou em proporção de ambas as madeiras e são proveniente de florestas de remanejamento plantadas exclusivamente para este fim. (ABIPA, 2013)

O processo de fabricação dos painéis de MDF é um dos mais modernos do setor, pois sintetiza o conhecimento acumulado pelas indústrias de madeira reconstituída. A sua produção envolve uma série de etapas monitoradas, refletindo num produto de alta qualidade e desempenho.

3.4. ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO

As etapas para a fabricação do painel de MDF segundo Maloney (2003), Iwakiri (2005) e Marinho (2012) são resumidas a seguir:

1. Descasque das toras de madeira – Esta é a operação onde é feita a retirada da casca das toras, juntamente com outros contaminantes como terra, pedregulho ou até mesmo metais ou qualquer outro material que possa estar fixado juntamente com a casca que geralmente se destina para biomassa em caldeiras;

2. Geração de cavacos – Nesta etapa as toras de madeira já descascadas são transformadas em partes menores conhecidas como cavacos. Para a realização desta operação existe uma diversidade de equipamentos, podendo ser de disco, cilindro ou anel e o que define o equipamento adequado é a forma desejada da matéria prima. Um dos equipamentos mais utilizados são os conhecidos picadores onde possui uma gama de regulagens para se obter o cavaco ideal e desejado para o processo produtivo do mdf;

3. Crivagem – A crivagem é a etapa onde se realiza a separação dos cavacos, ou seja, uma classificação para material de dimensões fora dos padrões estabelecidos pela empresa, isto é feito através de um conjunto de peneiras que normalmente são 15 vibratórias e os cavacos são compreendidos entre finos (≤ 8 mm) dos maiores (> 55 mm);

4. Lavagem dos cavacos e Pré Tratamento dos cavacos – A lavagem dos cavacos é a etapa que se faz a retirada das impurezas que vieram dos processos anteriores e nesta etapa também é feita a detecção de metais com detectores magnéticos para se retirar alguma partícula metálica ou até mesmo pedaços de metal que por ventura estão entre os cavacos , a

etapa de lavagem de cavacos não é utilizada por muitas empresas do ramo por ser uma etapa com gastos excessivos e que seus efeitos podem ser transferidos para outras etapas.

O pré-tratamento dos cavacos é essencial no processo produtivo, os processos podem ser: hidráulico, térmico ou químico, com ou sem pressurização, onde os cavacos devem conter uma umidade entre 40 e 60% (em peso seco). O princípio básico do pré-tratamento é a separação das fibras pela mudança do estado vítreo para o estado plástico da lignina, uma vez que a mesma exerce um papel ligante entre as paredes, facilitando a operação de refino e preservando a integridade das fibras;

5. Processo de desfibramento dos cavacos – Esta é principal etapa e onde se inicia a processo de fabricação que diferencia o MDF de Painéis de Partículas e MDP, (Médium Density Particleboard), pois diferente dos outros painéis citados que são feitos com partículas em camadas como o MDP onde as partículas menores fazem as camadas externas para melhor acabamento e as maiores são para a camada interna para estrutura do painel e o Painel de Partículas onde as partículas são de vários tamanhos e misturados para formar o painel.

A madeira, sob a forma de fibras, responde por grande parte do volume de um painel MDF e por parte das características destes painéis. No entanto, deve ser lembrado que ocorrem grandes modificações durante a transformação da madeira, fazendo com que a forma das fibras em um painel. MDF seja resultante da combinação de variáveis como espécies utilizadas (folhosas ou coníferas) e sua mistura, tipo de cavaco utilizado (proveniente de toretes ou resíduos), parâmetros de desfibramento (tempo de aquecimento, pressão do vapor aplicado, configuração dos segmentos dos discos e distância entre pratos do desfibrador, entre outras (SPAVERN et al. 1993, apud ELEOTÉRIO, 2000)

No caso do MDF, com base no processo produtivo descrito por Batista (2014), o cavaco é transformado em fibras através de uma ação combinada de corte, cisalhamento mecânico e fricção por meio dos discos ranhurados dos refinadores ou desfibradores como também são conhecidos. Quando se cisalha e fricciona o cavaco ele acaba separando e individualizando as fibras que o formam transformando o cavaco deixando-o com uma aparência de algodão, bem diferente das partículas.

Na etapa que antecede o desfibramento, segundo descreve Batista (2014), o cavaco é pré-cozido com vapor em equipamentos conhecidos como surge-bin onde se injeta normalmente vapor de baixa pressão para amolecer o cavaco e logo após retirar seu excesso de água na etapa seguinte do processo. Logo após a retirada do excesso de água em uma rosca

plug onde exerce força do cavaco contra sua camisa e faz com que retire todo excesso de água do material, o cavaco é cozido no digestor aonde acontece todo o amolecimento do cavaco e da lignina da madeira para facilitar o processo final e ideal de desfibramento.

A classificação das fibras da madeira, enquanto uma das etapas no processo de produção do MDF, conforme descreve Batista (2014), ocorre após as fibras passarem pelo processo de secagem e já acrescidas de produtos químicos necessários para o processo de prensagem.

Eleotério (2000), Castro (2000), SILVA (2003), Iwakiri (2005), Torquato (2008), Marinho (2012), Batista (2014), concordam que a classificação das fibras se torna uma etapa primordial para a qualidade do painel acabado. Segundo estes autores, isso se deve aos inúmeros aspectos que afetam a busca por fibras ideais, desde a matéria prima as condições de operação do equipamento de classificação. Após a classificação das fibras da madeira, as mesmas seguem para a linha de formação, onde ocorre através de mesas e telas transportadoras, uma série de pequenas etapas como a formação do colchão de fibras com dimensões específicas, peso específico e umidade dentro dos padrões estabelecidos. Logo após ocorre a etapa de pré-prensagem do colchão para retirada do ar do mesmo, e segue para etapa de prensagem do material a fim de se obter a placa de modo acabado. (BATISTA, 2014).

3.5. CLASSIFICAÇÃO PADRONIZAÇÃO E QUALIDADE

Tem-se como premissa nesta pesquisa, a defesa de que a padronização em todas as etapas do processo é essencial para se obter produto final com qualidade. Cada etapa do processo produtivo do MDF tem seu grau de importância, uma vez que segue um padrão sequencial. Caso ocorra em uma das etapas, qualquer desvio de padrão na qualidade desejada, acarretará em correções ou até problemas na etapa seguinte. Devido ao alto padrão de qualidade estabelecido pelo mercado de painéis, torna-se essencial que cada uma das etapas de produção sejam fiscalizadas e reguladas de forma contínua e incessantemente.

A observação dos processos produtivos indica ser necessário garantir um alto padrão de qualidade na etapa de classificação de fibras, considerando ser a fibra a principal matéria constituinte do painel. Portanto, padrões de qualidade, operação, limpeza e inspeção são procedimentos essenciais para garantir que o equipamento de classificação exerça sua função

com qualidade, por isso fatores essenciais e relativamente simples se tornam muito importante.

Como todo equipamento de produção resultante do desenvolvimento de tecnologias novas nas produções de equipamentos para indústria, o *sifter* ou *classificadores de fibras a ar*, conforme descrito por Batista (2014), possuem regulagens com dumpers móveis manuais e automáticos, que alteram a classificação das fibras de acordo com sua posição. Partículas de sujeiras no equipamento provenientes da produção também alteram a qualidade de funcionamento do equipamento, padrões de operação, padrões de regulagem e entendimento do equipamento são demais variáveis encontradas resultam em uma classificação de fibras não adequadas ao processo produtivo de qualidade.

Analisar irregularidades e desvios de procedimentos nos processos de classificação das fibras é umas das etapas do presente trabalho, bem como, proceder a alteração nos procedimentos já existente na empresa objeto desta pesquisa, caso a análise de tais procedimentos indicarem necessidade de correção.

O fato da empresa, objeto desta pesquisa, utilizar somente *pinus* na fabricação do MDF já reduz as variações da matéria prima, porém será necessário rever os demais procedimentos e aspectos influentes na classificação de fibras. Procedimentos são protocolos de alta complexidade, tanto quanto na sua criação, quanto na sua padronização.

Dito isso, cabe ressaltar que manter um padrão de produção e operação na empresa é um desafio, considerando as diversas opções de regulagem e incrementação dos equipamentos, também o entendimento do processo de produção e execução de cada equipamento, acaba por ser interpretado de maneira diversa, logo também a execução ocorre na forma como cada envolvido interpretara estes procedimentos. Advindo, pois, desta diversidade de interpretação e execução, a necessidade da criação de procedimentos operacionais que imprimam qualidade e limpeza adequadas aos processos, padronizados de tal forma, que todos entendam o objetivo final e busquem o mesmo objetivo de forma ordenada e regulada.

Ressalta-se ainda que, após a análise destes procedimentos, bem como a criação de outros resultantes desta análise, é de suma importância assegurar a continuidade destes procedimentos de maneira para garantir um histórico de resultados positivos que agreguem qualidade ao produto final.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MDF - *MÉDIUM DENSITY FIBERBOARD*

Chapas de fibra de média densidade produzido através de várias etapas de transformação da madeira, utilizado etapa do processo produtivo das chapas em que o material se encontra em estado de fibras da madeira após o processo de desfibramento do cavaco. Classificação das fibras se caracteriza como uma das etapas do processo de produção do MDF, etapa que constitui na classificação dos materiais adequados aos padrões de qualidade a seguirem no processo.

4.2 *SIFTER*

Equipamento utilizado para realizar a classificação do material no processo, utilizado o modelo PU075 Fiber cleaning instalado na empresa Berneck S.A Painéis e Serrados fornecido pela empresa Sunds MDF Technologies Dieffenbacher group, material utiliza método quantitativo e qualitativo em operação normal levando em consideração a produção e lucros para empresa. Para o estudo apresentado foi utilizado somente o método qualitativo do material classificado. Realizado método de coleta manual no descarte das roscas superiores e inferiores do material em pacotes plásticos para envio ao laboratório e análise do mesmo.

Utilizado peneira vibratória com malhas específicas para realização do teste de comprimento e largura da fibra coletada a campo e realizado teste em laboratório. Malhas para retenção de material utilizado no teste com peneira vibratória com relação ao comprimento e largura da fibra, considerado abertura das malhas de retenção em relação ao comprimento com 0,13mm, 0,25mm, 0,52mm, 1,00mm, 1,98mm, 10,00mm, 30,00mm. Considerado abertura das malhas em relação à largura com 0,08mm, 0,13mm, 0,22mm, 0,50mm, 0,60mm 30,00mm.

Utilizado gráfico em colunas para demonstração da porcentagem de cada material retido nas malhas do teste na peneira vibratória, logo após realização de ajustes no equipamento foram realizado novas coletas, ajustes realizados no equipamento através de medições com fita métrica e alterações manuais nas aberturas das entradas de ar do equipamento.

Padronização do equipamento após alteração e constatação de melhora no descarte.

5. RESULTADOS

Diante do desafio para uma melhoria a ser realizada no descarte de material do equipamento de classificação pneumática (*sifter*) foram realizadas algumas etapas e avaliações no decorrer da pesquisa para que com a evolução do trabalho realizado se obtivesse os resultados assim esperados.

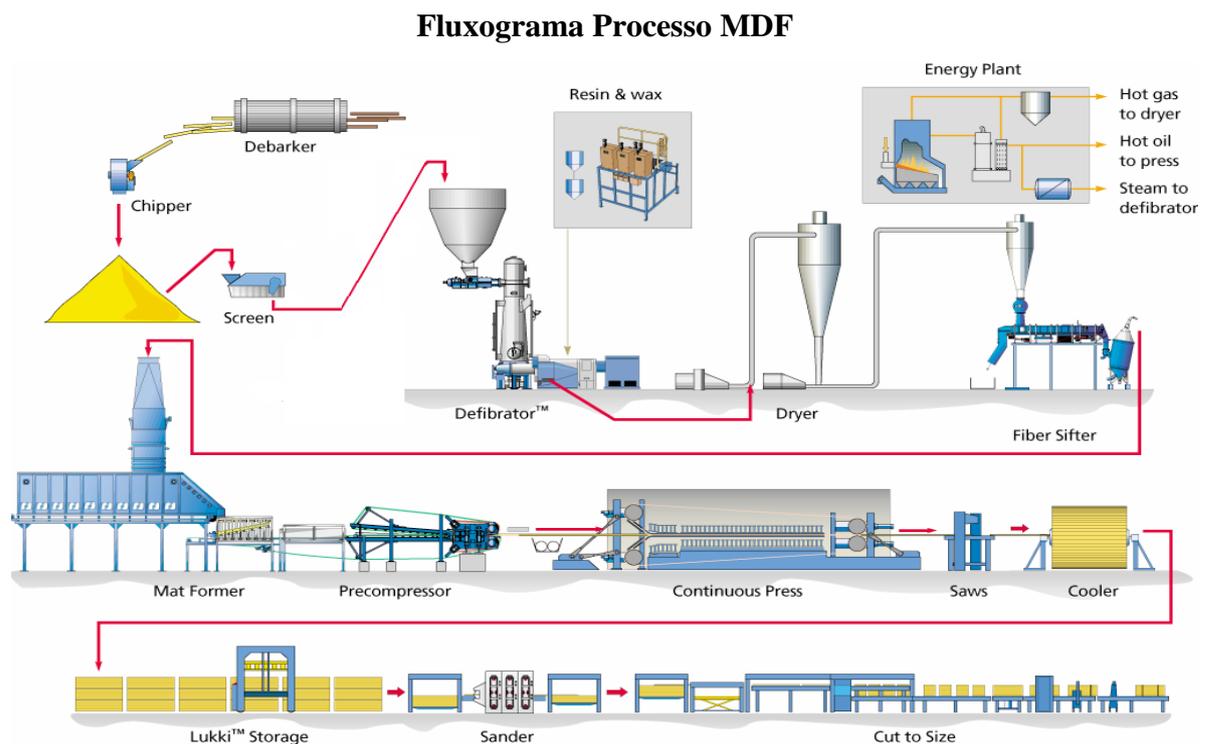


Figura 1- Fluxograma processo de produção do MDF

Fonte: Supervisão Berneck

O processo de produção do MDF possui muitas etapas como pode ser observado na figura 1, desde a entrada da matéria prima na empresa até a saída do material acabado. Cada etapa possui suas particularidades e atenções especiais, cada umas destas passa por um controle rígido de qualidade e padronização para evitar variações no processo.

No decorrer da matéria prima durante o processo de fabricação ela se transforma ao passar pelos processos utilizados na empresa, tornando-se um material diferente em cada etapa, desde a transformação da tora em cavaco e o cavaco em fibra tornando-se finalmente a placa final, ou seja, cada ciclo trata de um material diferente que além de esforços mecânicos,

foram inseridos trocas térmicas e produtos químicos. Toda etapa se torna muito importante no processo e precisa ser padronizada por se tratar de um processo contínuo acarretando que cada estágio tem influência direta na seguinte.

A chegada da madeira ideal para o processo de sua transformação em cavaco que também possui especificações ideais para que seja transformada em fibras, a padronização de cada etapa acarreta em um processo também padronizado de início ao fim, todos os equipamentos em cada ponto do processo possuem automação suficiente para realizar ajustes e regulagens, ou se preciso o operador interveem no equipamento para que sejam absolvidas as variações do processo.

Porém se todas as etapas seguirem um padrão alto de qualidade todo processo flui normalmente sem ser preciso realizar modificações nos equipamentos e processo de fabricação, evitando possíveis desperdícios ou perda de mão de obra ou produtos desnecessário.

Considerando todas as particularidades das demais etapas no processo, cada uma das demais anteriores realizando seu trabalho com padronização e qualidade, entregando a matéria prima assim designada ao equipamento onde foi realizado o estudo para que se fosse possível realizar melhorias na etapa, desconsiderando algumas variações do processo que acarretariam em grandes modificações no descarte do material fugindo da responsabilidade e função do equipamento instalado, ou seja, situações atípicas do processo normal de produção que acarretariam em informações adicionais fugindo do foco do trabalho e objetivo traçado.

Supervisório de controle

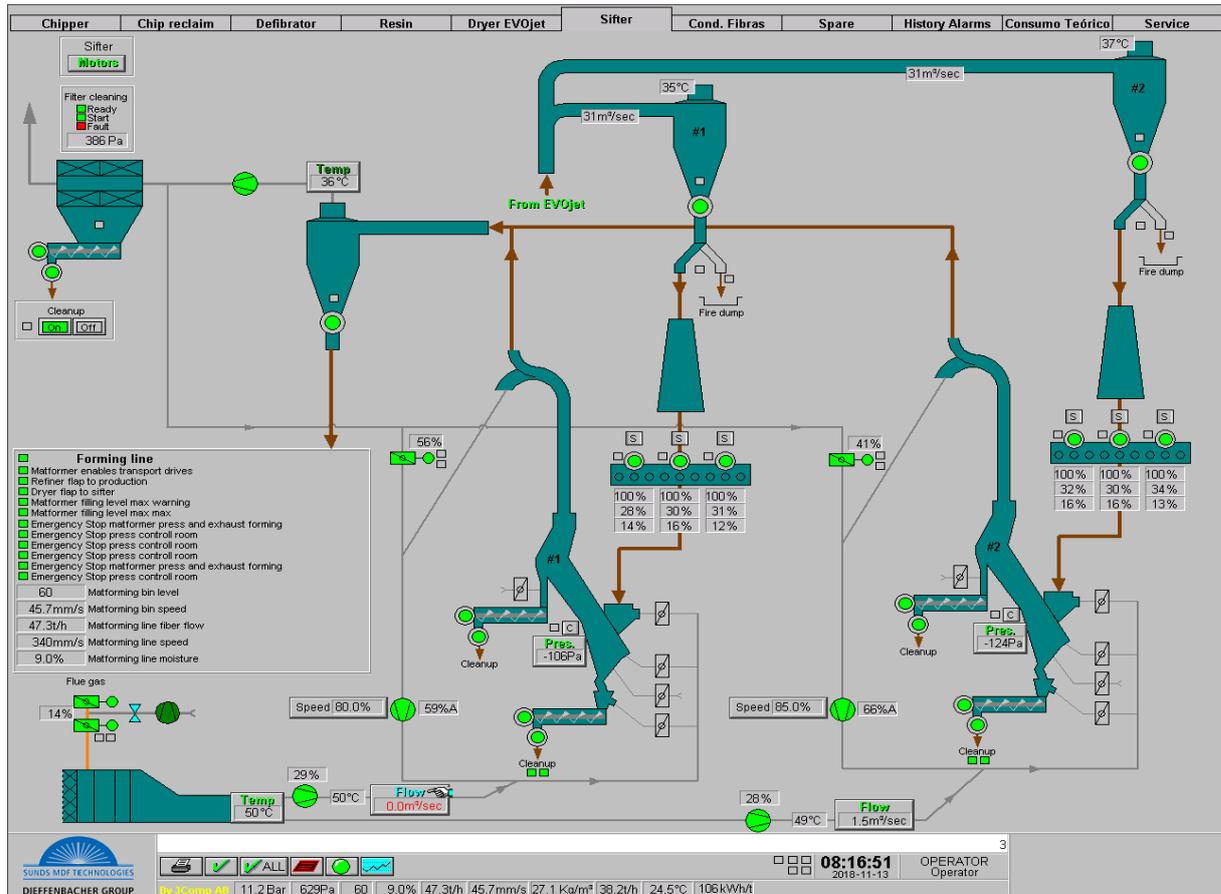


Figura 2 - Supervisório de controle do equipamento sifter

Fonte: Autor Próprio

O equipamento possui um supervisório destinado somente à área descrita para todas as averiguações e acompanhamento dos operadores, nele contém todas as informações necessárias para um controle de qualidade. O equipamento possui variadas componentes para seu funcionamento, desde sensores, ventiladores, válvulas rotativas etc.

Foram realizados acompanhamentos junto com operadores na sala de controle afim e entender as variações e possíveis modificações a serem realizadas. Como já descrito o equipamento possui algumas intervenções possíveis, dentre algumas delas existem regulagens a campo ou através do painel de controle.

Observado as possíveis opções de regulagem do equipamento, alteração no sistema de funcionamento que iria acarretar diretamente no material descartado foi verificado que possuía alternativas para controle automático com muita eficiência, e também possíveis

melhoras nos sistemas de regulagem do equipamento de classificação através de alterações e modificações nos componentes neles já existentes, somente atribuído uma atenção especial no funcionamento de cada equipamento.

Fluxograma Equipamento

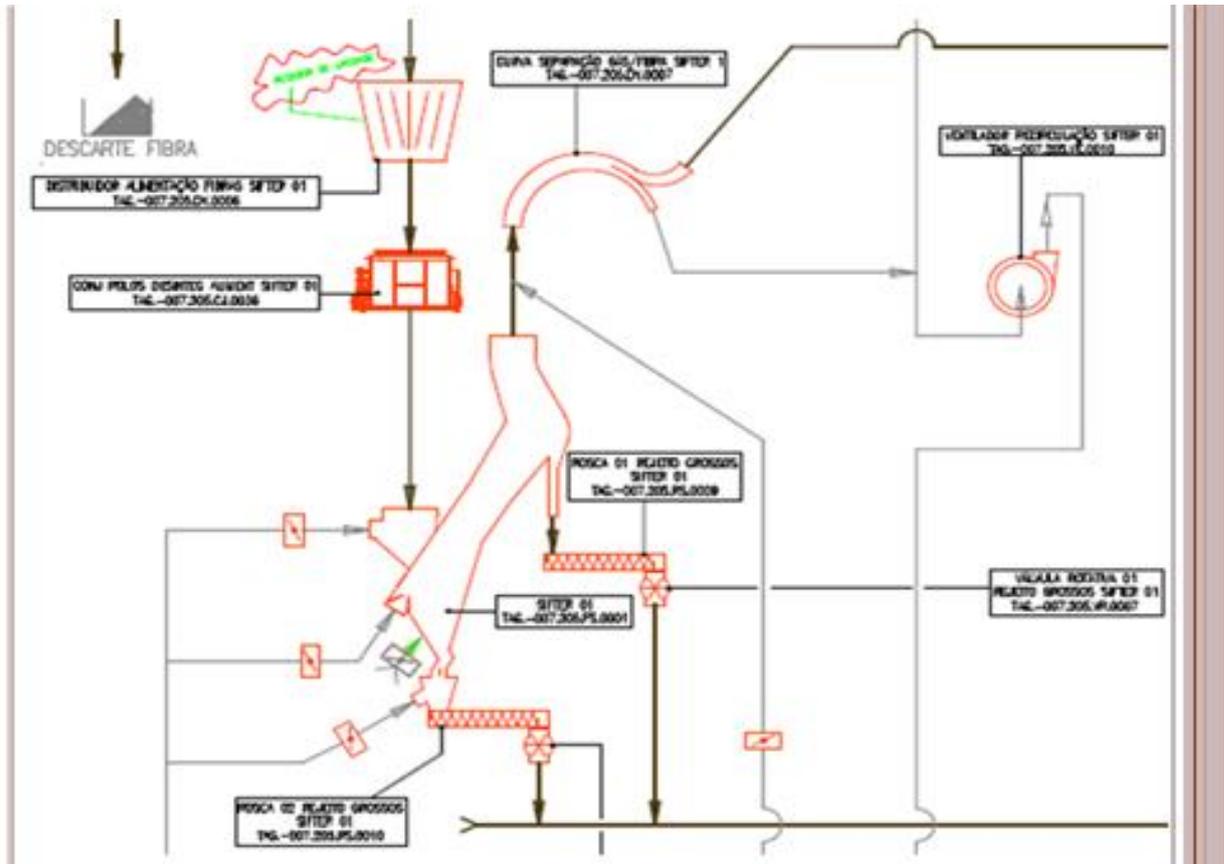


Figura 3 – Fluxograma completo do equipamento sifter

Fonte: Autor Próprio

Assim como todo equipamento de produção, o sifter possui particularidades e formas de se obter variações no seu processo de classificação, todas essas alternativas de modificação dos parâmetros de controle tem o objetivo absolver possíveis transformações que algumas vezes podem ocorrer no processo por fatores não pertencentes ao equipamento, como densidade do material ou sujeira das tubulações como exemplo, os equipamentos acoplados destinados para ajustes de descarte do sifter são variáveis de acordo com cada modelo e necessidade de cada planta e suficientes para a realização do trabalho esperado.

Igual às demais áreas do processo de produção, o sistema de classificação possui um início de sua etapa para realização da sua função e o fim onde ele entrega o material para a etapa seguinte após realizar todas as funções à ele destinada como classificador de fibras.

Após receber o material através de transporte com ventiladores a matéria inicia na classificação em um ciclone onde existe o processo de queda do material e o retorno do ar utilizado para outro segmento do processo. A fibra passa por uma válvula rotativa onde se dá entrada no sistema de classificação do *sifter*, logo após o material segue por rolos espinhados também chamado de *doffing-rolls* que tem por finalidade separar as fibras evitando grumos de material facilitando a separação das fibras e o trabalho do equipamento *sifter*.

Na figura abaixo pode se observar uma visão lateral onde há a queda do material que se depara com os rolos espinhados, os rolos são devidamente regulados em sentidos e velocidade de projeto estabelecido pelo fabricante a fim de evitar possíveis entupimentos do sistema.

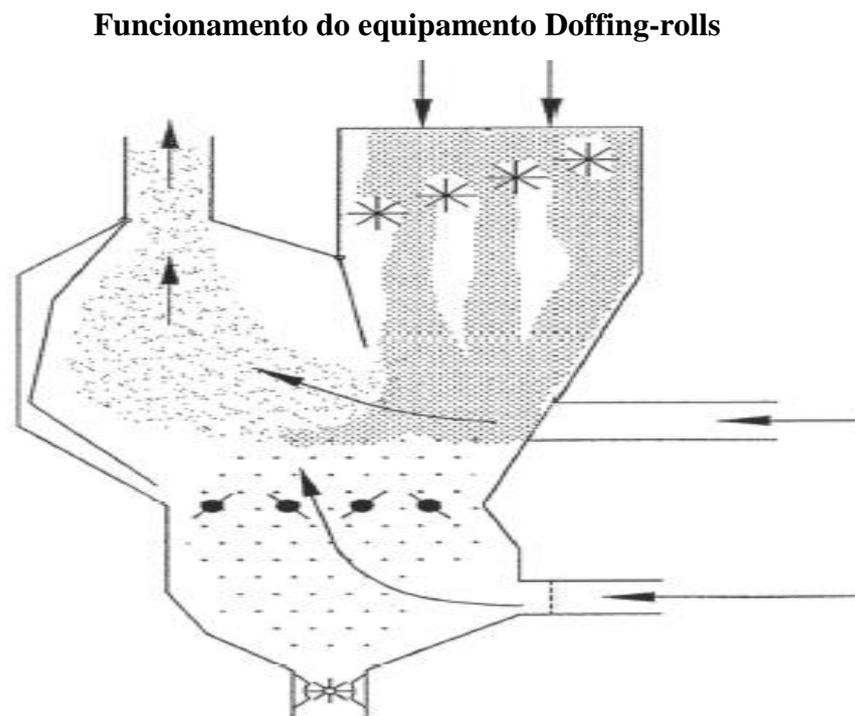


Figura 4 – Visão interna do funcionamento dos Doffing-rolls e sifter

Fonte: Supervisão Berneck

Ao cair as fibras em suspensão que é succionado por um ventilador principal que da continuidade no processo, tornando a etapa onde o material esta em suspensão o ponto chave da classificação do material no equipamento, que por teoria ao chegar ao ponto de suspensão o material indesejado deve ser descartado seguindo somente o material ideal para produção dos painéis.

Essa quantidade de material que irá seguir para descarte será estabelecida através de ajustes nas entradas de ares inferiores, velocidades e fluxos de ares injetados nos pontos de classificação.

Ventilador injeção de Ar



Figura 5 – Ventilador de injeção de ar inferior

Fonte: Autor Próprio

Na foto acima podemos verificar o ventilador que é responsável pelas entradas de ar no sistema que auxiliam na classificação das fibras, volumes de ar são injetados junto com a sucção do ventilador principal para se obter o resultado esperado. Dentro do sistema existe dumpers de regulagem fixa que auxiliam na distribuição correta do ar de entrada inferior e superior corrigindo o trajeto do ar aumentando as possibilidades de classificação. Dumpers

internos normalmente não são realizadas alterações em suas características, eles possuem regulagens criadas e testadas pelo fabricante do equipamento, com o objetivo de não perder a originalidade e garantia do equipamento não foram realizadas alterações nestes equipamentos. Para auxiliar nas alterações de regulagem o equipamento possui regulagens nas entradas de ar inferiores e superiores, aberturas de dumpers externos, aumento no fluxo de ar inferior e alteração dos ventiladores de recirculação de ar do sistema.

Ventilador Principal



Figura 6 - Ventilador principal de sucção

Fonte: Autor Próprio

Todas as alterações automáticas do sistema podem ser observada no painel de controle pelo operador, que por sua experiência após uma regulagem pré-estabelecida já conhece quando o sistema esta com alguma anomalia ou com possível entupimento, isto é possível devido a mostra de pressão negativa indicada no painel de controle que é realizada através do ventilador mostrado na foto acima, após a regulagem estabelecida de acordo com um descarte considerado ideal para a produção, são estabelecidos números nominais de operação que qualquer alteração em sua indicação mostra variação do sistema.

Devido à instabilidade do sistema de descarte acarretando no envio de material para queima, insumos este que poderia ser utilizado na produção dos painéis, foram realizadas alterações em alguns pontos do sistema para verificação de uma possível melhora. Para realizar este acompanhamento do descarte, são retirados materiais para amostra em laboratório onde é realizado teste de peneiramento do material descartado.

Peneira Granulométrica



Figura 7 – Peneira Granulométrica utilizada na realização dos testes

Fonte: Autor Próprio

O teste nos mostra a porcentagem de cada material que possui na amostra, fibras mais longas ou mais curtas, grossas ou mais finas que são peneiradas através de vibração onde cada material atravessa as malhas das peneiras fixando cada tamanho de material em cada malha específica. Este teste pode ser realizado tanto na fibra que segue para o processo quanto para verificar a qualidade do material que esta sendo descartado.

O material é coletado através de duas roscas de extração do material, onde devido à classificação do sistema acabam descartadas para estas roscas e enviado para queima, o sistema possui uma rosca superior e outra inferior, onde se o material que não for descartado na inferior e seguir no sistema ainda podem ser reclassificados na rosca superior.

Rosca de extração de material



Figura 8 – Rosca de extração inferior

Fonte: Autor Próprio

Através dos gráficos apresentados na máquina de testes em laboratório que contém uma peneira vibratória com malhas específicas se obteve a indicação de instabilidade do material descartado, sendo destinado não somente fibras de má qualidade mais também insumos que poderiam ser utilizado no processo, além do descarte excessivo de material, que não era o foco do trabalho e assim a qualidade do material a ser descartado. A seguir verificamos nos gráficos a instabilidade das fibras e o material não desejável sendo descartado. No gráfico um podemos verificar a retenção de insumos nas peneiras levando em

consideração o comprimento da fibra, através de histórico de reclamações de clientes e dados fixados pelo departamento de processo e qualidade da empresa, material com comprimento abaixo de 0,13mm até 0,25mm e superior a 30mm são considerados materiais indesejáveis para o processo, também é levado em consideração a largura que se obter características inferiores de 0,08mm e superior a 0,60mm e 30mm também são considerados materiais indesejáveis para padrões de qualidade. Nos gráficos a seguir podemos verificar a retenção nos coletados através de descarte do equipamento pode se observar uma porcentagem considerável de material desejável para processo onde se obtém através das malhas de comprimento 0,52mm até a malha de 10mm e largura de 0,13mm até 0,50mm, sendo descartado fibras que poderiam ser utilizado no processo e transformado em placas acabadas seguindo as exigências de qualidade.

Peneiras de Classificação considerando comprimento da fibra

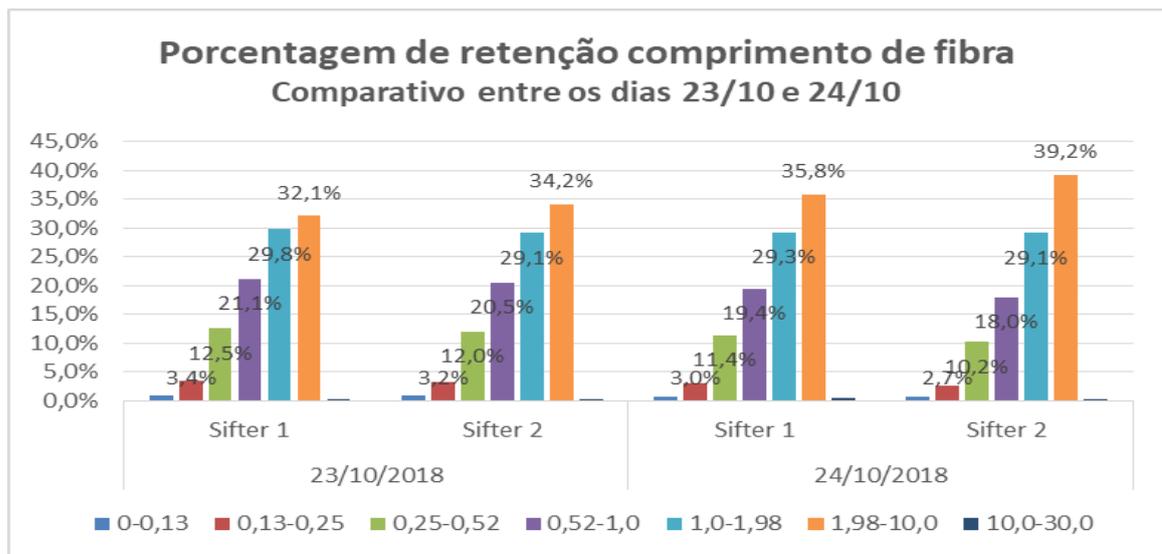


Gráfico 1 – Coleta de Fibras nas peneiras de classificação

Fonte: Autor Próprio

Mantendo uma densidade da fibra numa constante de variação entre 25 a 34 kg/m³ foram realizados vários testes com alterações nas regulagens possíveis. Foi acompanhado descarte durante dias variados e todos os turnos a fim de obter amostras em todos os horários e condições de produção possível, obtendo maior número de informação possível para alterações. Os gráficos um e dois apresentam coletas específicas de dois dias mantidos as características iniciais de alterações.

Peneiras de Classificação considerando largura da fibra

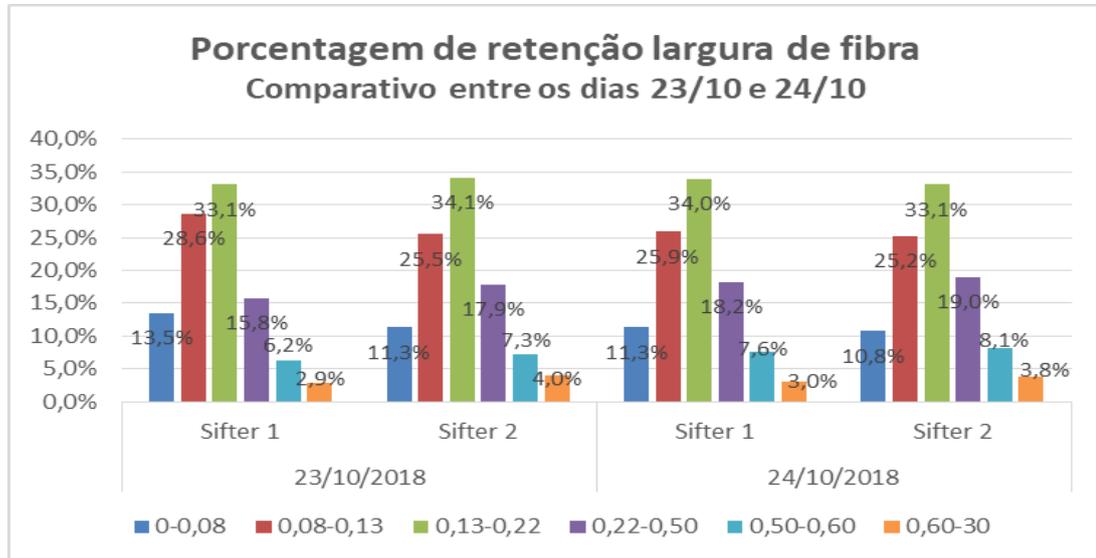


Gráfico 2 – Amostra de Fibras nas peneiras de classificação

Fonte: Autor Próprio

Foram coletadas características indicativas do equipamento que são demonstradas no painel de controle, essas indicativas ajudam na padronização do equipamento após se obter o descarte desejado, junto com a coleta das características operacionais eram coletadas as amostras das roscas inferiores e roscas superiores e enviadas para laboratório. Durante todo o processo de alterações no equipamento seguia-se também o teste das fibras que eram utilizadas no processo de produção para verificação na qualidade do material. Qualquer variação nas fibras de descarte acarreta na qualidade do material que segue no processo, pois todo material que não é devidamente classificado e descartado no equipamento sifter segue o processo de produção, tornando a etapa crucial para um produto final de qualidade.

COLETA DE DADOS DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO								
Data	Hora	Pressão sifter 1#	Pressão Sifter 2#	Velocidade / fluxo sifter 1#		Velocidade / fluxo sifter 2#		Densidade da fibra
23/10/2018	07:00	-132	-137	30%	2.0	28%	2.0	29
23/10/2018	9:00	-132	-130	30%	2.0	28%	1.9	30
23/10/2018	14:00	-125	-124	30%	2.0	26%	2.0	25
23/10/2018	18:00	-123	-127	29%	2.0	28%	2.0	25.8
23/10/2018	22:00	-130	-129	30%	1.98	27%	2.06	27.6
24/10/2018	07:00	-140	-120	30%	1.9	27%	2.0	26.5
24/10/2018	09:00	-130	-126	30%	1.98	20%	2.11	26.1
24/10/2018	14:00	-135	-133	31%	2.0	27%	2.0	25.3
24/10/2018	18:00	-147	-140	30%	2.0	27%	2.1	26.5
24/10/2018	22:00	-140	-130	31%	1.9	29%	2.0	26

Tabela 1 – Dados do equipamento sifter 1 e 2
Fonte: Autor Próprio

A tabela acima descreve os dados coletados nas amostras enviadas para laboratório, os dados mostram algumas características dos equipamentos no momento da coleta, estes dados nos auxiliam para verificação do equipamento após serem realizadas alterações a campo.

Após análise dos dados coletados e dos resultados em laboratório iniciou-se as alterações do equipamento a campo, verificado que o equipamento possuía intervenções básicas em seu funcionamento como aberturas desnecessárias causando entradas de ar ineficientes para o sistema. Devido o mesmo trabalhar com ar negativo, ou seja, por sucção qualquer entrada de ar faz com que se altere o seu funcionamento.

Realizaram-se então pequenas intervenções no equipamento como fixação dos dumpers não regulados, fechamento e vedação das portas superiores das roscas de extração superiores e inferiores, realizado o fechamento e vedação de acrílicos laterais que servem para observação interior do equipamento, evitando possíveis entradas de ar, garantido a limpeza interna do *sifter* antes de dar início as alterações, se o equipamento possuir qualquer acúmulo de material interno haverá alterações na classificação e indicativos do painel de controle.

Verificado que o ajuste de entrada de ar do sistema através de suas janelas inferiores e superiores alteravam drasticamente o descarte do material, então foi realizado alterações nas aberturas das janelas, mantendo fixos alguns ajustes para verificar qual foi a melhor alteração a ser realizada e qual iria se obter o melhor resultado.

Entradas de ar Superiores



Figura 9 – Ajuste das entradas de ar Superiores
Fonte: Autor Próprio

Alterando as janelas superiores como é mostrado na figura 8 obtivemos alterações no descarte de fibras nas roscas superiores, a maior abertura das janelas acarreta em maior entrada de ar que faz com que não deixe o material ser descartado, ao cair o mesmo encontra a corrente de ar entrando no sistema e faz com que o material indesejável volte e siga o processo, por isso foram testados várias aberturas nas janelas até se conseguir um descarte padrão com as características desejáveis de processo.

Entradas de ar Inferiores



Figura 10 – Ajuste das entradas de ar inferiores

Fonte: Autor Próprio

Seguindo o mesmo padrão de trabalho das entradas de ar superiores, foram testados aberturas das janelas inferiores mostrando mudanças no comportamento do descarte inferior devido à entrada de ar através do ventilador mostrado na figura 5 que exerce grande influência no material descartado na rosca inferior, pois o mesmo é injetado inferiormente no sistema auxiliando a classificação do material.

Após a realização de vários testes em laboratório e alterações nas regulagens do equipamento, foi encontrada uma configuração do equipamento onde se obteve uma melhora considerável no descarte de material indesejável para o processo. Características de operação através da sala de controle não foram alteradas bruscamente, mantendo uma linha de operação já conhecida pelos operadores, foram realizadas maiores alterações a campo no equipamento em si, alterações de fixação e ajustes possíveis que ocasionaram na melhora do descarte do material.

DADOS AJUSTES DO EQUIPAMENTO				
Ajuste	Densidade de fibra entre 25-29 Kg/m³		Densidade de fibra entre 30-34 Kg/m³	
	Sifter 1	Sifter 2	Sifter 1	Sifter 2
Janela inferior (mm)	20	20	20	20
Janela superior (mm)	35	35	60	60
Tampa rosca inferior (mm)	0	0	0	0
Tampa rosca superior (mm)	60	25	0	0
Diferencial de pressão (Pa)	-110	-110	-100	-100

Tabela 2 – Ajustes fixados no equipamento a campo

Fonte: Autor Próprio

Fixado dados da tabela acima no equipamento a campo e acompanhado através dos testes em laboratório, a configuração descrita na tabela alterou a configuração do descarte do material melhorando o descarte e evitando o máximo possível o descarte de material desejável para o processo. Novamente foram realizados testes do comprimento e largura da fibra e acompanhado onde pode se concretizar a melhora que já era visivelmente modificada do material de descarte. O conteúdo do material descartado passou a obter uma porcentagem maior de material que não segue os padrões de qualidade da empresa, e por outro lado houve queda na porcentagem de material que possui as características desejáveis para o processo, causando um efeito de melhora até mesmo visual da placa acabada.

Peneiras de Classificação considerando comprimento da fibra

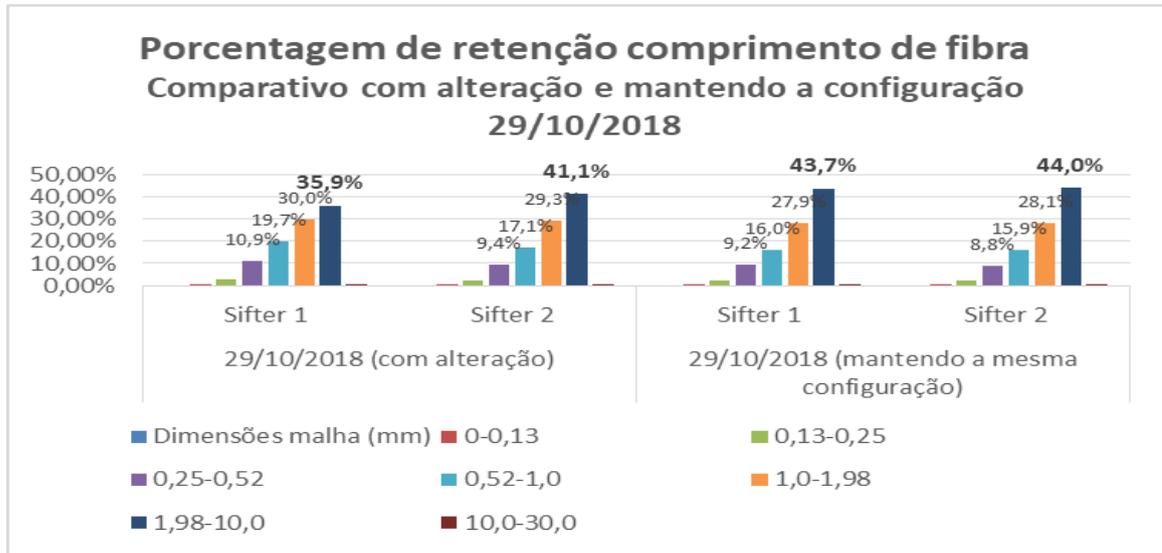


Gráfico 3 – Coleta de fibras após alteração do equipamento

Fonte: Autor Próprio

No gráfico três podemos verificar como exemplo de melhora na malha de 1,98mm – 10,0mm o aumento em relação as malhas centrais onde se encontra a melhor fibra para processo, malhas das extremidades com maior e menor abertura representam o material considerado palito e pó que são fora dos padrões de qualidade.

Peneiras de Classificação considerando comprimento da fibra

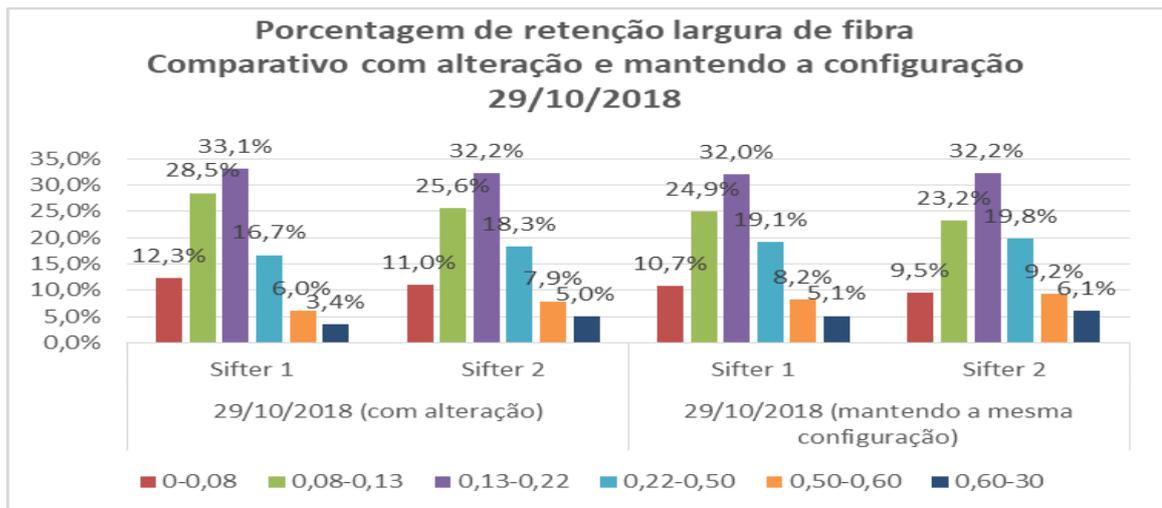


Gráfico 4 – Amostras de fibras após alteração do equipamento

Fonte: Autor Próprio

O gráfico quatro relata à amostra de retenção sobre a largura da fibra, apesar de menor em relação ao comprimento devido as características do material houve também uma melhora no descarte do material. Devido à melhora do descarte foi padronizado no equipamento os valores citados na tabela dois após a perceptível melhora no descarte do material auxiliando nas demais etapas e evitando o desperdício de material utilizado no processo.

Todo material descartado segue em um sistema de limpeza de materiais indesejados chamado de *cleanup*, onde destina material para mistura na biomassa e queima na caldeira dando um destino final reaproveitável para o material. Todo este material descartado é realizado a junção com a biomassa para queima na caldeira, tornando ainda mais importante à função de um sistema de classificação eficiente do sifter, evitando o desperdício de material que poderia ser utilizado para transformar em produto rentável.

O material destinado à queima deve conter apenas sujeiras de tubulação, fibras que não adequam a padronização estabelecida para prensagem, cascas, possíveis borrachas depreendidas de algum equipamento ou todo e qualquer produto que não se adequem as condições de classificação. A seguir podemos verificar na foto um exemplo de material descartado destinado à queima que não se adequa as condições para prensagem, material que caso prosseguisse no processo poderia acarretar em defeitos na prensagem ou no visual da placa acabada.

Material de descarte



Figura 11 – Material descartado enviado para queima

Fonte: Autor Próprio

6. CONCLUSÃO

A necessidade de se aperfeiçoar cada etapa do processo produtivo devido à alta competitividade do mercado faz com que cada etapa tenha suma importância no processo de entrega de um produto com qualidade. Para se atingir essa qualidade e padronização de cada ciclo, é preciso se aprofundar nos detalhes de cada equipamento e sua funcionalidade, entendendo sua importância e consequência na sequência do processo, cada etapa precisa realizar de melhor maneira a função que lhe foi destinada a fim de evitar ser um gargalo no fluxo de produção.

Alteração com ganho em cada etapa de produção se mostra mesmo que sendo mínimo muito importante para garantir uma maior qualidade evitando possíveis desperdícios e com isso acarretando em uma melhoria contínua da linha de produção. Somando pequenos fatores em um processo tão complexo de produção, cada ganho em cada etapa, alterações e melhorias frequentes, faz com que a empresa desfrute de participar de um mercado mais competitivo e lucrativo através da qualidade e confiabilidade que o seu material apresenta para seus clientes.

A importância da melhoria contínua se faz necessária no mercado competitivo de grandes empresas, todo processo e etapa deve ser avaliado e inserido melhorias para que a empresa se adeque a características de qualidade exigidas no mercado. Para chegar e se manter no topo, toda empresa precisa investir e padronizar melhorias, ajustes que por mais pequeno que seja forme um algo a mais e diferenciado no mercado tão competitivo da engenharia de produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. **Uso de Painéis de Madeira reconstituída**. Paulo, 2013.

BATISTA, Jaqueline da Silva. **Etapas do processo produtivo da empresa Berneck S.A. painéis e serrados**. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/121890/TCC%20-%20Jaqueline.pdf?sequence=>>. Acesso em jun. 2018.

BELINI, Ugo Leandro. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do Eucalyptus grandis em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. 2007. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. doi:10.11606/D.11.2007.tde-05062007-133218. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-05062007-133218/pt-br.php>>. Acesso em: jun, 2018.

CAMPOS, C. I. DE. **Processo produtivo de chapa de fibra de média densidade (MDF)**. Revista da Madeira 12 n.71 p. 60-66 maio 2003. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/pt/publicacao/1426/processo-produtivo-de-chapa-de-fibra-de-media-densidade-mdf/>>. Acesso em: jun. 2018.

CASTRO; E. M. (2000). **Processo de produção mecânica de MDF** . Dissertação de Mestrado. São Carlos, 2000. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2002/arqs_pdf/pdf_200/tc206-028.pdf> Acesso em: jul. 2018.

ELEOTÉRIO, J.R. **Propriedades físicas e mecânicas de pais de MDF**. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-18102002-164850/.../jackson.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2018.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. FUPEF. Curitiba, 2005.

MARINHO, Nelson Potenciano. **Características das fibras do bambu (dendrocalamus giganteus) e potencial de aplicação em painéis de Fibra de média densidade (MDF)**. 2012. 144p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/369>>. Acesso em: 02 de jun. 2018.

SILVA, Sérgio Augusto Mello da. **Chapa de média densidade (MDF) fabricada com poliuretana monocomponente derivada de óleo de mamona: caracterização por método**

destrutivo e por ultrassom. 2003. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257201/1/Silva_SergioAugustoMelloda_D.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.

TORQUATO, L.P. Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil. 2008. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/defesas/pdf_ms/2008/d515_0712-M.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2018.