



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial

2014

**JÓNI OLIVEIRA
LOPES**

**Implementação da metodologia DMAIC numa linha
de produção de MDF**



**JÓNI OLIVEIRA
LOPES**

Implementação da ferramenta DMAIC numa linha de produção de MDF

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação e co-orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira e da Doutora Maria João Machado Pires da Rosa, Professores Auxiliares do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho ao meu pai, à minha família e aos restantes demais que, através da sua influência, me ajudaram a concretizá-lo.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Marlene Paula Castro Amorim
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Cristovão Silva
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à minha mãe pelo incasável apoio, dedicação e paciência nesta grande etapa da minha vida. Agradeço ao meu irmão e à minha cunhada por sempre me apoiarem e motivarem nos momentos mais difíceis. Agradeço à minha família e aos meus amigos por estarem sempre ao meu lado sempre que precisei.

Agradeço ao meu orientador e co-orientadora, Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira e Doutora Maria João Machado Pires da Rosa, pela disponibilidade que sempre demonstraram em me receber nos seus gabinetes e no esclarecimento de todas as dúvidas que, naturalmente, me foram aparecendo no decorrer deste trabalho.

Na *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, em Mangualde (Viseu), agradeço ao Eng.º Luís Coutinho, diretor industrial, pela oportunidade que me proporcionou de realizar um projeto na área da melhoria contínua, à minha orientadora, a Eng.ª Paula Russo, responsável pelo departamento de Qualidade e Melhoria Contínua, pela confiança que depositou em mim para a realização deste projeto, e a todos os demais colaboradores pela ajuda e apoio prestado no decorrer do estágio, permitindo a realização deste projeto.

palavras-chave

DMAIC, 6 Sigma, *Lean*, *Lean 6 Sigma*, Redução de Variabilidade, Redução de Defeitos, *Medium Density Fibreboard*, MDF.

resumo

O presente projeto complementa um período de estágio de 9 meses na *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, na área da melhoria contínua, no departamento de Qualidade.

Com este trabalho pretende-se demonstrar uma possível abordagem da metodologia DMAIC na eliminação de um defeito específico da produção de 'placas de MDF' (*Medium Density Fibreboard*) – Bordos Partidos. Através dos dados recolhidos foi possível encontrar alguns dos locais críticos onde este defeito ocorreu, bem como as suas respetivas causas. Permitiu, também, sugerir algumas ideias de melhoria, que se forem implementadas será possível uma redução do material enviado para um 2º momento de inspeção visual (2ª Escolha), devido à ocorrência de Bordos Partidos.

O autor propõe, por isso, a implementação da metodologia DMAIC na redução, e consequente eliminação das causas responsáveis pelo envio de material para 2ª Escolha, quer na *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, em Mangualde (Viseu), como nas restantes unidades fabris da *sub-holding Sonae Indústria*, produtoras de MDF.

keywords

DMAIC, 6 Sigma, 6 σ , Lean, Lean 6 Sigma, Variability Reduction, Defect Reduction, Medium Density Fibreboard, MDF.

abstract

This project complements a 9-month internship at *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, in the field of continuous improvement at the quality department.

This work pretends to demonstrate a possible approach of DMAIC methodology in the elimination of a specific defect – Damaged Edges, during the production of 'MDF boards' (Medium Density Fibreboard). Using the data collected it was possible to find some of the critical locations where the defect has occurred, as well as their respective causes. It was also possible to suggest some ideas for improvement, which if implemented will enable the reduction of the material sent to a 2nd moment of visual inspection (2nd Choice), due to the occurrence of Damaged Edges.

Therefore, the author proposes the implementation of the DMAIC methodology in the reduction, and elimination of the causes responsible for sending material to the 2nd Choice at *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, in Mangualde (Viseu), as in other plants of the sub-holding *Sonae Indústria*, producers of MDF.

ÍNDICE

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Enquadramento do tema	1
1.2 Relevância	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Organização do relatório.....	2
Capítulo 2 – Revisão de literatura	3
2.1 Enquadramento histórico dos modelos de produção <i>Ford e Toyota</i>	3
2.2 <i>Lean Production</i> , 6 Sigma e metodologia DMAIC	5
2.2.1 <i>Lean Production</i>	6
2.2.2 6 Sigma.....	8
2.2.3 DMAIC: Definir - Medir - Analisar - Melhorar (<i>Improve</i>) - Controlar.....	15
2.2.4 <i>Lean 6 Sigma</i>	24
Capítulo 3 – Aplicação da metodologia DMAIC na <i>Sonae Indústria – P.C.D.M., SA</i>	27
3.1 A <i>Sonae Indústria</i>	27
3.1.1 Informações gerais.....	28
3.1.2 Processo produtivo de MDF	29
3.2 Aplicação da metodologia DMAIC.....	32
3.2.1 Fase 1 – Definir	35
3.2.2 Fase 2 – Medir.....	43
3.2.3 Fase 3 – Analisar	50
3.2.4 Fase 4 – Melhorar	55
Capítulo 4 – Conclusões, limitações e propostas de trabalho futuro	64
Bibliografia.....	66
Anexos	69
Anexo 1 – Manual de Acolhimento (síntese do processo produtivo de MDF)	70
Anexo 2 – Excerto da base de dados.....	87
Anexo 3 – Locais de BP não identificados(as) nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2014	88
Anexo 4 – Melhoria dos locais e causas identificados(as) de Fevereiro para Março de 2014.....	89

Anexo 5 – DPMO e Nível Sigma das 4 linhas.....	90
Anexo 6 – Dimensão da placa vs. ocorrência de Bordos Partidos	98
Anexo 7 – Tabelas dos locais e causas identificados(as).....	102

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais ferramentas <i>Lean</i> . Adaptado de Melton (2005).	8
Tabela 2 - 3.8 Sigma vs 6 Sigma. Adaptado de Coll <i>et. al</i> (2013).	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - 7 desperdícios identificados por <i>Taiichi Ohno</i> . Adaptado de Melton (2005).	7
Figura 2 - Níveis de Sigma. Adaptado de Linderman <i>et. al</i> (2003).	9
Figura 3 - Estrutura intermédia e paralela de 6 Sigma. Adaptado de Schroeder <i>et. al</i> (2008).	11
Figura 4 - Etapas do ciclo DMAIC. Adaptado de Coll <i>et. al</i> (2013).	15
Figura 5 - Exemplo de um histograma. Adaptado de Coll <i>et. al</i> (2013).	20
Figura 6 - Exemplo de um diagrama de dispersão. Adaptado de Coll <i>et. al</i> (2013).	21
Figura 7 - Ferramentas e técnicas do <i>Lean</i> e 6 Sigma. Adaptado de Vinodh <i>et. al</i> (2012).	25
Figura 8 - Localização da unidade fabril.	27
Figura 9 - Vista aérea da fábrica.	28
Figura 10 - Processo produtivo de MDF da <i>Sonae Indústria – P.C.D.M., SA</i> .	31
Figura 11 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha, por defeito, em 2013 (linha de prensa 1).	32
Figura 12 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha, por defeito, em 2013 (linha de prensa 2).	33
Figura 13 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha e % destas que foram enviadas devido ao defeito BP.	34
Figura 14 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha e % destas que foram enviadas devido ao defeito BP.	34
Figura 15 - <i>Layout</i> da nave principal.	37
Figura 16 - Vista de cima da linha de prensa 1.	38
Figura 17 - Vista lateral da linha de prensa 1.	38
Figura 18 - Vista de cima da linha de acabamento 1.	39
Figura 19 - Vista de cima da linha de prensa 2.	40
Figura 20 - Vista lateral da linha de prensa 2.	40
Figura 21 - Vista de cima da linha de acabamento 2.	41

Figura 22 - Fluxo das placas de MDF.	42
Figura 23 - Folha de palete.	43
Figura 24 - <i>Template</i> utilizado para a recolha de dados.	45
Figura 25 - Folhas mal colocadas na palete.	46
Figura 26 - Folhas rasgadas.	46
Figura 27 - Sobreesforço dos operadores.	47
Figura 28 - Uso de pioneses para fixar a folha de palete.	47
Figura 29 - Uniformização do semi-acabado.	48
Figura 30 - DPMO semanal das 4 linhas.	49
Figura 31 - Nível Sigma semanal das 4 linhas.	50
Figura 32 - Linha de acabamento 1 (local e causa).	52
Figura 33 - Linha de acabamento 2 (local e causa).	54
Figura 34 - Novo <i>template</i> para recolha de dados.	57
Figura 35 - Exemplo de placa lascadadas garras do <i>Luki</i> .	58
Figura 36 - Desalinhamento das garras do <i>Luki</i> .	58
Figura 37 - Despaletizador, vista lateral.	59
Figura 38 - Despaletizador, vista interior.	60
Figura 39 - Exemplo da inclinação da guia do despaletizador da linha de acabamento 2.	60
Figura 40 - Patolas do despaletizador da linha de acabamento 1.	61
Figura 41 - Patolas do despaletizador da linha de acabamento 2.	62
Figura 42 - Desnivelamento das patolas do despaletizador da linha de acabamento 2.	62

GLOSSÁRIO DE TERMOS

6 σ – 6 Sigma

BB – *Black Belt*

BP – Bordos Partidos

CEO – *Chief Executive Officer*

DMAIC – Definir – Medir – Analisar – Melhorar (*Improve*) – Controlar

DPMO – *Defects per million opportunities*

EUA – Estados Unidos da América

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FTY – *First Time/Pass Yield*

GB – *Green Belt*

ISO – *International Organization for Standardization*

LM – *Lean Manufacturing/Management*

MBB – *Master Black Belt*

MDF – *Medium Density Fibreboard*

m³ – metros cúbicos

m² – metros quadrados

mm – milímetro(s)

MWh – *Megawatt*hora*

OFD – *Opportunity for Defects*

P.C.D.M. – Produção e Comercialização de Produtos Derivados de Madeiras

ppm – *Parts-per-million*

SMED – *Single-minute exchange of die*

TPS – *Toyota Production System*

TQM – *Total Quality Management*

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

‘Your mind is merely a machine, nothing more. You have no command over it, it has no command over itself—it is worked SOLELY FROM THE OUTSIDE. That is the law of its make; it is the law of all machines’, Mark Twain (1906).

Desde sempre que a humanidade sentiu uma necessidade em crescer e melhorar: primeiro para sobreviver, e depois para prosperar. Dois exemplos bem conhecidos são a agricultura e o atletismo onde se nota o constante foco na melhoria. O conceito de melhorar faz parte da nossa cultura. Melhorias na agricultura levaram à evolução de uma sociedade agrária para uma sociedade industrial, e mais tarde para uma sociedade baseada na prestação de serviços (Snee, 2004). A crescente obsessão com a melhoria levou a um impacto notável na qualidade em geral.

A constante evolução do ser humano e das tecnologias em seu redor deu vida ao conceito de globalização, o que permitiu um acesso instantâneo à informação, produtos e serviços. Hoje em dia, qualquer pessoa tem acesso a um vasto leque de opções quando pretende adquirir qualquer um destes itens. Para marcar posição nesta demanda é necessário para a organização competir com o preço, a diversidade, ou a qualidade. Na corrida da qualidade, em particular, é necessário oferecer produtos ou serviços próximos da perfeição.

Qualquer produto ou serviço é gerado através de um processo, o qual está sujeito a variação. Quanto menor a variação de um processo, menor a quantidade dos seus defeitos. Quanto menos defeitos tiver um processo, maior será a qualidade do produto final ou serviço prestado. De acordo com Deming (1986), a variação incontrolada é o pior inimigo da qualidade.

Entenda-se por variação uma alteração nos dados, numa característica ou numa função que é causada por um de quatro fatores: causas especiais, causas comuns, adulterações ou variações estruturais (Blackstone, 2008).

1.2 RELEVÂNCIA

Dentro das competências adquiridas durante o desenrolar da licenciatura e do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, a metodologia 6 Sigma é a que mais se adequa ao projeto desenvolvido, uma vez que se pretende eliminar um problema baseado na

desclassificação de placas de MDF provocado por um determinado defeito. Este defeito é provocado por uma variação no processo de produção. O 6 Sigma, mais concretamente, o processo de melhoria DMAIC (Definir – Medir – Analisar – Melhorar (*Improve*) – Controlar) oferece uma variedade de ferramentas indicadas para reduzir essa variação.

1.3 OBJETIVOS

O autor aproveitou uma oportunidade de uma empresa de produção de *Medium Density Fibreboard* (MDF), para explorar as ferramentas de melhoria contínua, na qualidade. Neste trabalho pretende-se utilizar uma abordagem 6 Sigma, mais especificamente, a metodologia DMAIC, com o objetivo de reduzir a percentagem de desclassificação das placas de MDF produzidas na *Sonae Indústria P.C.D.M., SA*, em Mangualde (Viseu), causada por um defeito designado como Bordos Partidos.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este relatório subdivide-se em 4 capítulos. No primeiro – Introdução – faz-se o enquadramento do projeto realizado, apresentam-se os objetivos e a metodologia utilizada, e descreve-se a organização do relatório.

No 2º capítulo – Revisão de literatura – faz-se a revisão de referências bibliográficas relevantes para estabelecer o enquadramento teórico do projeto. Aqui encontram-se 2 grandes secções, respetivamente: (1) o enquadramento histórico dos sistemas de produção *Ford* e *Toyota*, e (2) e o enquadramento teórico das metodologias 6 Sigma e do processo de melhoria DMAIC.

No 3º capítulo - Aplicação da metodologia DMAIC na *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA* – é apresentado um caso particular da aplicação da metodologia DMAIC numa empresa de produção de MDF. Este capítulo contém 2 secções: informações gerais acerca da *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, e a aplicação da metodologia DMAIC.

No 4º capítulo – Conclusões, limitações e propostas de trabalho futuro – avançam-se com as principais conclusões e apresentam-se sugestões de melhorias para o futuro. São, também, referidas algumas limitações do trabalho realizado.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura está dividida em dois grandes blocos. Em primeiro lugar, é feito um enquadramento histórico dos sistemas de produção da *Ford Motor Company* e da *Toyota Motor Corporation*; em segundo lugar, enquadram-se, teoricamente, as filosofias *Lean* e *6 Sigma* (6σ), que juntas formam o *Lean 6 Sigma*, bem como a metodologia DMAIC¹.

2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DOS MODELOS DE PRODUÇÃO *FORD* E *TOYOTA*

No enquadramento histórico são apresentados os dois grandes tipos de produção existentes no último século. Portanto, este subcapítulo serve para expor a evolução da filosofia de produção em massa de *Henry Ford*, e o *Toyota Production System* (TPS), que surgiu, mais tarde, como solução para aqueles problemas que *Ford* não estava preparado para lidar. Uma boa definição do processo produtivo, sem variabilidade e sem desperdícios, leva a uma percentagem de defeitos praticamente inexistente. O TPS é mais tarde referido pela literatura como *Lean Production/Manufacturing/Thinking*, termo que hoje é, normalmente, utilizado.

Henry Ford, fundador da *Ford Motor Company*, foi o primeiro a aplicar na prática o conceito de montagem em série, e com isso conseguiu produzir automóveis em massa, em menos tempo, e a um menor custo. No seu sistema de produção, o equipamento é organizado e sequenciado de acordo com as etapas envolvidas no fabrico do produto, o que assegura um fluxo de material contínuo durante o processo de produção. Os itinerários das tarefas são fixos e as suas configurações raramente alteradas (Blackstone, 2008). Com esta metodologia, os rendimentos de produção dispararam. No entanto, os consumidores pretendiam, cada vez mais, que os produtos adquiridos fossem distintos e únicos. A produção contínua não permitia a customização e via-se obrigada a guardar quantidades enormes de *stock*.

Era esta a realidade do mundo ocidental. Porém no Oriente, mais concretamente no Japão, emergia uma nova ideia de produção que permitia produzir uma enorme variedade de produtos, em pequenas quantidades, garantindo uma vasta diversificação que satisfazia mais consumidores e reduzia custos de armazenamento.

Enquanto a lacuna entre a procura e a oferta ia sendo preenchida através da produção em massa, a diferença entre o que um automóvel poderia fazer comparado com o cavalo, teria, também, de ser colmatada. Ao tentar quantificar esta necessidade, *Ford* estimou que os modelos padrão T (*Model T*) deveriam satisfazer 95% da procura, enquanto os restantes 5% seriam satisfeitos pela customização. Essa customização era garantida por mais de 5.000 mini aplicações, maioritariamente decorativas, ou por outras

¹ Processo de melhoria com 5 etapas, utilizado neste projeto para eliminar a percentagem de desclassificação provocada por um tipo de defeito designado Bordos Partidos .

empresas subcontratadas que alteravam a plataforma (parte inferior da carroçaria) consoante as necessidades dos clientes (Alizon *et. al*, 2009).

Henry Ford aprendeu com os seus próprios erros quando, por volta de 1920, observou uma quebra na venda do Modelo T, pois os consumidores preferiam comprar *Chevrolets* em segunda-mão, uma vez que estes ofereciam diferentes cores e acessórios opcionais (Holweg, 2007).

Segundo Holweg (2007), por volta da década de 1920 o mercado automóvel japonês era dominado por subsidiárias locais, como a *Ford* ou a *General Motors*. Era crucial criar uma empresa produtora de automóveis para evitar o monopólio americano emergente que se observava.

O surgimento da *Toyota* data do início do século XX, com *Sakichi Toyoda*. Em 1924, este empresário inventou o *Toyoda Model G Automatic Loom*, um tear automático. Em 1929, vendeu a patente a uma empresa britânica, o que lhe forneceu os fundos necessários para que o seu filho, *Kiichiro Toyoda*, ingressasse na indústria automóvel. Em 1933, é criado o Departamento Automóvel na *Toyoda Automatic Loom Works, Ltd*. A produção de carros e camiões teve início em 1935 e 1936, respetivamente, e em 1937 foi fundada a ***Toyota Motor Corporation***, Ltd (Toyota, 2014).

A 2ª Guerra Mundial interrompeu a produção e as dificuldades económicas do pós-guerra resultaram em *stocks* crescentes de carros que não se conseguiam escoar, o que levou a enormes dificuldades financeiras na *Toyota*. Estas adversidades levaram à separação da *Toyota* em duas divisões: *Toyota Motor Manufacturing* e *Toyota Motor Sales*. *Kiichiro* acaba por se demitir, dando lugar ao seu primo, *Eiji Toyoda*, que ao ter vivido nos Estados Unidos da América (EUA) e estudado os métodos de produção, estava determinado a implementar as técnicas de produção em massa na *Toyota*. No entanto, as restrições de capital e os baixos volumes de procura do mercado japonês não justificavam os tamanhos de lotes grandes, que eram comuns na *Ford* e na *General Motors* (Holweg, 2007).

O indivíduo que deu o impulso decisivo, no sentido de desenvolver o TPS para ser capaz de produzir economicamente uma grande variedade em pequenos volumes, foi *Taiichi Ohno* (engenheiro mecânico que se juntou à *Toyota* em 1932 e ao ramo automóvel em 1943). *Ohno* não tinha experiência na indústria automóvel, e tem-se argumentado que a sua abordagem de ‘senso-comum’, sem qualquer preconceito concebido, foi fundamental para o desenvolvimento do TPS. Ao analisar os sistemas de produção ocidentais, *Ohno* concluiu que sofriam de duas falhas: (1) produzir lotes em grandes quantidades provocava elevados *stocks*, levando ao aumento de custos e espaço

em armazém que, por sua vez, resultavam num elevado número de defeitos², e (2) a incapacidade de satisfazer a crescente diversidade. *Taiichi Ohno* estendeu, gradualmente, o seu conceito de produção de pequenos lotes, que tinha como foco principal a redução de custos, através da eliminação de desperdícios. *Ohno* também visitou fábricas de produção de automóveis nos EUA, de onde trouxe ideias que, mais tarde, desenvolveu, sendo a mais notável o sistema *kanban* (Holweg, 2007).

Para que este sistema funcionasse, foi necessário produzir e receber pequenos lotes de componentes e peças, o que era economicamente inviável de acordo com o pensamento tradicional. *Ohno* teve de alterar os procedimentos de transição das máquinas de maneira a produzir, em crescente variedade, pequenos lotes. Esta mudança foi facilitada pelo facto de que a maior parte da maquinaria comprada por *Kiichiro* era simples, fácil de mudar e adaptável. A redução da variação (*change-over reduction*) foi posteriormente avançada por *Shigeo Shingo*, que foi contratado como consultor externo, em 1955, tendo desenvolvido o *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED). O resultado foi o aumento da capacidade de produzir uma variedade considerável de veículos em volumes baixos, a um custo competitivo, alterando a lógica convencional da produção em massa. Estas mudanças, que se podem considerar revolucionárias, constituem adaptações largamente necessárias devido às circunstâncias económicas da altura (Holweg, 2007). Após a 2ª Guerra Mundial, as taxas de desemprego eram altíssimas, o mercado estava destruído, e a produtividade no Japão era inferior à dos EUA (Drohomeretski *et. al*, 2014).

Muitos autores descrevem *Taiichi Ohno* como o inventor de um novo conceito de produção, mas este resultou, de facto, de um ciclo de aprendizagem contínuo e iterativo, que se estendeu durante décadas. Assim, acima de tudo, foi esta capacidade dinâmica de aprendizagem a grande responsável pelo sucesso do TPS (Holweg, 2007).

Incrivelmente, o TPS só foi, formalmente, documentado em 1965, através do manual de instruções entregue aos fornecedores da *Toyota*, onde constavam os requisitos necessários para operar num sistema de fornecimento *just-in-time*. No seu início manteve-se despercebido porque evoluiu gradualmente e até à primeira crise de petróleo (1973) havia pouco interesse exterior no sistema de produção da *Toyota* (Holweg, 2007).

2.2 LEAN PRODUCTION, 6 SIGMA E METODOLOGIA DMAIC

Neste subcapítulo faz-se o enquadramento teórico do projeto realizado, apresentando-se as filosofias *Lean* e 6 Sigma, e a metodologia DMAIC, a qual serve de base ao projeto, cujo objetivo se prende com a eliminação da percentagem de desclassificação, por Bordos Partidos, de placas de MDF produzidas na *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*. Finalmente, é

² O material degrada-se, eventualmente, com o tempo.

apresentada a abordagem *Lean 6 Sigma* que junta as duas primeiras filosofias apresentadas neste subcapítulo.

2.2.1 LEAN PRODUCTION

O sistema de produção da *Toyota* (TPS) passou a designar-se **Lean** depois da publicação de um dos mais influentes livros publicados nos últimos anos - *'The Machine that Changed the World'*, por uma equipa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (liderada por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos), em 1990 (Berggren, 1993). Womack *et. al* (1990) defendem que o modelo utilizado pelo grupo *Toyota* não era apenas o sistema mais eficaz do mundo para produzir carros, mas a melhor maneira de organizar e sistematizar todo o tipo de produção. Afirmam, também, que todo o mundo deveria aprender e adotar o *Lean Production* com urgência, uma vez que esta metodologia providencia melhores produtos, com maior diversidade e a um menor custo, e um trabalho mais desafiante e gratificante para os colaboradores em todos os níveis da organização.

O sistema de produção da *Toyota* baseava-se na intenção de produzir um fluxo contínuo, que não dependesse da ideia de que longos ciclos de produção aumentam a eficiência. Pelo contrário, esta filosofia fundamentava-se no facto de que apenas uma pequena fração do tempo total e esforço utilizado na transformação de um produto acrescentava valor ao produto final entregue ao cliente.

O *Lean Production* é uma filosofia de produção que enfatiza a minimização de todos os recursos (incluindo o tempo) utilizados nas várias atividades da empresa. Tem como objetivo identificar e eliminar atividades que não agregam valor na conceção, produção, gestão da cadeia de abastecimentos, e na interação com os clientes. Os produtores *lean* empregam colaboradores polivalentes em todos os níveis da organização e utilizam máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzirem um volume com enorme variedade de produtos. Esta filosofia contém um conjunto de princípios e práticas para reduzir custos através da eliminação implacável de desperdícios e através da simplificação de todos os processos de fabrico e seu suporte (Blackstone, 2008).

Por vezes, há desperdícios que acrescentam valor para a empresa, fazendo parte de processos essenciais, e não podendo ser eliminados (ex: controlo financeiro). No entanto, todas as *'mudas'*³ devem ser eliminadas (Melton, 2005). *Taiichi Ohno* identificou 7 tipos de desperdício: sobreprodução, defeitos, transporte, *stock*, sobreprocessamento, tempo de espera e movimentação (Ohno, 1988). Estes estão ilustrados na Figura 1.

³ Palavra utilizada pelos japoneses para definir desperdício.



Figura 1 - 7 desperdícios identificados por *Taiichi Ohno*. Adaptado de Melton (2005).

Segundo Cheng *et. al* (2012), o *Lean Production* baseia-se em dois conceitos: *just-in-time* e *'autonomation'* (*jidoka*). O primeiro refere-se a uma filosofia de produção baseada na eliminação planeada de todo o desperdício e na melhoria contínua da produtividade. Engloba a execução bem sucedida de todas as atividades de produção necessárias para produzir um produto final, desde a sua concetualização à sua entrega, incluindo todas as etapas de conversão da matéria-prima até ao produto final. Os elementos principais deste conceito passam por (1) ter apenas a quantidade essencial em *stock* no momento certo, (2) melhorar a qualidade até atingir zero defeitos, (3) reduzir prazos de entrega, pela redução dos *setup times*⁴, dos tempos de espera e dos tamanhos dos lotes, (4) rever constantemente as operações, e (5) realizar estas atividades ao menor custo possível. De uma maneira geral, o JIT aplica-se a todas as formas de produção, incluindo indústrias de serviços (Blackstone, 2008). O segundo conceito designa a paragem automática de uma linha, processo, ou máquina após a detecção de uma anomalia ou defeito (Blackstone, 2008).

Por outras palavras, o *Lean Production* não é um pacote de recursos, mas sim um modelo que ajuda as organizações a ter uma visão clara das melhorias (Holweg, 2007). Na mesma linha de pensamento, Furlan *et. al* (2011) afirmam que o *Lean* não é simplesmente um *pack* para implementar melhorias. Sugerem também que, para implementar esta metodologia, é necessário adaptar as técnicas às características de toda a cadeia de abastecimento (organização, clientes e fornecedores). Para Drohomeretski *et. al* (2014), os objetivos da ideologia *Lean* passam por reduzir o esforço humano, *stocks*,

⁴ Tempo que uma máquina, recurso, posto de trabalho, processo ou linha específico(a) necessita para produzir a primeira peça boa do item B, após a produção da última peça boa do item A (Blackstone, 2008).

tempos de entrega e espaços de produção para satisfazer as exigências do mercado, fornecendo produtos de alta qualidade ao menor preço. Identificam, ainda, os 5 principais aspetos da filosofia *Lean*:

Lean Manufacturing =
compreender o desperdício + entender a cadeia de valores + mapear os processos +
produção *pull* + melhoria contínua/procura da perfeição (zero defeitos)

O *Lean* faz ainda uso de um conjunto de ferramentas, das quais se destacam as apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais ferramentas *Lean*. Adaptado de Melton (2005).

Ferramenta	Descrição
<i>Kanban</i>	Cartão de sinalização/caixa que controla os fluxos de produção ou transporte numa indústria.
5 S	Técnica de limpeza e arrumação que tem como objetivo mobilizar, motivar e consciencializar toda a empresa para a qualidade em todos os processos organizacionais, através da organização e da disciplina no local de trabalho.
<i>Visual Control</i>	Método de controlo de atividades e <i>stocks</i> , de maneira imediata e visivelmente óbvia.
<i>SMED</i>	Técnica para reduzir os <i>setup times</i> .

De seguida, é apresentada a filosofia 6 Sigma.

2.2.2 6 SIGMA

São várias as definições encontradas na literatura para o **6 Sigma**, sendo de destacar as seguintes:

'6 Sigma is a methodology that furnishes tools for the improvement of business processes. The intent is to decrease process variation and improve product quality.'
Blackstone (2008)

'6 Sigma is an organized and systematic method for strategic process improvement and new product and service development that relies on statistical methods and the scientific method to make dramatic reductions in customer defined defect rates.'
Linderman et. al (2003)

'6 Sigma is a business improvement strategy that seeks to identify and eliminate the causes of defects or errors in business processes by focusing on process outputs that are of critical importance to customers.'

Snee (2004)

A filosofia 6 Sigma foi inicialmente introduzida pelo engenheiro *Bill Smith*, na *Motorola Inc.*, por volta de 1985, nos EUA, e popularizada, na década seguinte, pela *General Electrics*. Após a *Motorola* ter ganho o *Malcom Baldrige National Quality Award*, esta metodologia foi reconhecida como a principal razão do sucesso da empresa (Drohomeretski *et. al*, 2014). Por esta altura, a competitividade da indústria eletrónica japonesa já se fazia notar, e a *Motorola* sentiu uma grande necessidade em melhorar os seus níveis de qualidade. Portanto, o 6σ foi a forma de esta empresa expressar a sua meta de qualidade em 3,4 *Defects per million opportunities* (DPMO), onde uma oportunidade de defeito é uma falha que é crítica para o cliente (Linderman *et. al*, 2003).

Segundo Snee (2004), 6σ é também uma medida do desempenho de processos. A metodologia utiliza a categorização *process sigma* como uma medida da capacidade dos processos. Um processo 6σ tem um nível de defeitos na ordem dos 3,4 *parts-per-million opportunities* (ppm), enquanto um processo 3σ apresenta um nível de defeitos na ordem dos 66.807 ppm.

6σ corresponde, portanto, a 3,4 defeitos por um milhão de oportunidades ou a uma taxa de sucesso de 99,9997% (Kwak *et. al*, 2006). Na Figura 2 é possível observar a relação entre os índices de defeito e os níveis de Sigma do processo.

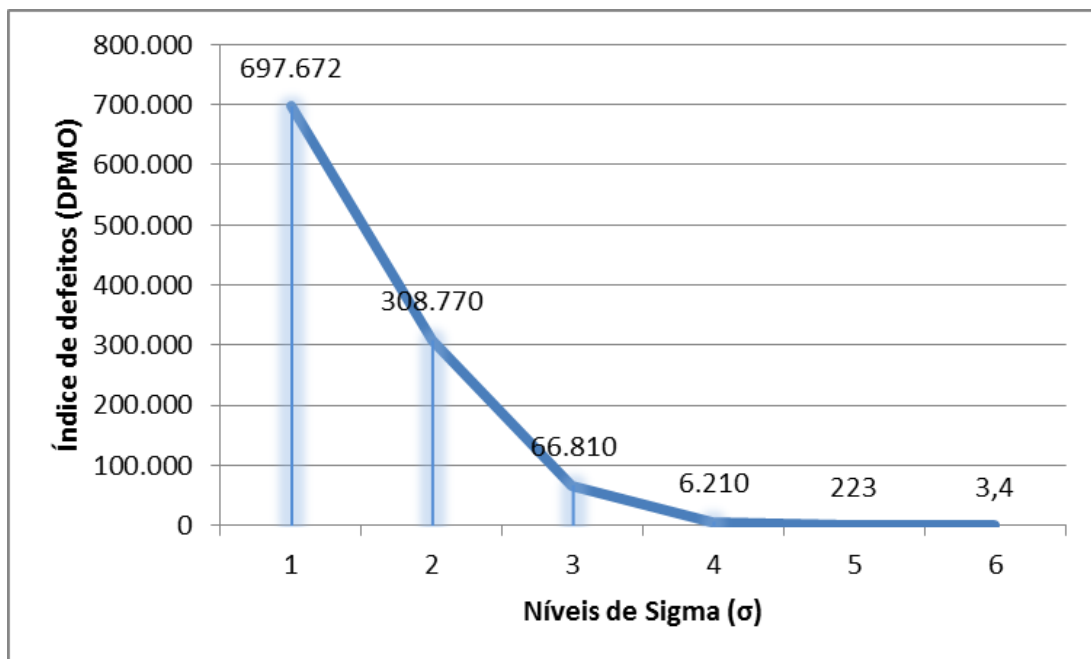


Figura 2 - Níveis de Sigma. Adaptado de Linderman *et. al* (2003).

O termo *sigma* (σ) advém do alfabeto grego e é utilizado, neste contexto, para designar a variação existente num processo. Dentro do controlo estatístico da qualidade vem refletido o desvio padrão, que é uma medida de dispersão dos dados ou de uma variável (Asmita, 2012).

2.2.2.1 O QUE DIFERENCIA O 6 SIGMA DAS RESTANTES TÉCNICAS DE MELHORIA?

Nonthaleerak *et. al* (2006) afirmam que a gestão da qualidade tem ganho cada vez mais influência quando se pretende atingir uma vantagem competitiva, no mundo dos negócios. Iniciativas como *Statistical Quality Control*, *Zero Defects* e *Total Quality Management* são metodologias que têm sido utilizadas ao longo do tempo, e que precederam o 6 σ , sendo esta uma das mais recentes iniciativas para a melhoria da qualidade. O *Statistical Quality Control* é uma iniciativa que recorre à aplicação de técnicas estatísticas para controlar a qualidade (Blackstone, 2008). Já o *Zero Defects* é um padrão de desempenho, desenvolvido por *Philip B. Crosby*, que aborda o facto de poder existir uma atitude dupla no local de trabalho: as pessoas estão dispostas a aceitar imperfeições nalgumas áreas, enquanto noutras esperam que o número de defeitos seja igual a zero (Blackstone, 2008). Por último, *Total Quality Management* (TQM) é um termo criado para descrever as abordagens de gestão do estilo japonês para a melhoria contínua. Desde então, o TQM assumiu vários significados. No geral, o TQM é uma abordagem de gestão para o sucesso a longo prazo obtida através da satisfação do cliente. Baseia-se na participação de todos os membros de uma organização na melhoria de processos, produtos, serviços e cultura na qual eles trabalham. Os métodos para a implementação desta abordagem são encontrados nas lições de grandes líderes da qualidade (Blackstone, 2008).

Parast (2011) refere que a principal diferença entre o 6 σ e outros programas de melhoria de processos está na capacidade de o 6 σ proporcionar um contexto organizacional que facilita a pesquisa e resolução de problemas através de toda a organização. Embora o programa 6 σ tenha surgido através de iniciativas de controlo de qualidade, acaba por ser diferente de todos os outros, devido aos seus objetivos mensuráveis, quantificáveis e de tempo limitado, bem como à própria estrutura dos seus projetos. Parast (2011) aponta ainda que o 6 σ permite que as organizações se tornem mais ‘ambidestras’, alterando a sua estrutura, agindo organicamente, ao serem desafiadas por novas ideias, e operando com foco na eficiência.

Snee (2004) aponta 4 aspetos relevantes do 6 σ e que não são salientados no TQM nem em muitas outras abordagens de melhoria. Em primeiro lugar, o 6 σ coloca um enfoque claro em obter resultados finais. Em segundo lugar, o 6 σ baseia-se em métodos de melhoria que demonstraram já ser eficazes em vários processos. Em terceiro lugar, a metodologia 6 σ sequencia e liga ferramentas de melhoria numa abordagem global coerente. O processo de melhoria DMAIC cria um sentido de urgência, salientando a rápida conclusão do projeto⁵. O quarto, e último, aspeto apontado por Snee (2004) é o facto de esta metodologia criar uma infra-estrutura de *Champions*, *Master Black Belts* (MBB), *Black Belts* (BB) e *Green Belts* (GB) que lideram, instalam e implementam toda

⁵ Tipicamente entre 3 a 6 meses.

esta abordagem. Anbari (2002) afirma que esta infra-estrutura é uma estrutura organizacional robusta.

Segundo Schroeder *et. al* (2008), uma estrutura paralela é uma criação adicional que opera de fora, não alterando, diretamente, o funcionamento normal de uma organização. A partir desta perspetiva, o 6 σ funciona numa estrutura paralela e intermédia dedicada à melhoria da organização, como ilustrado na Figura 3.

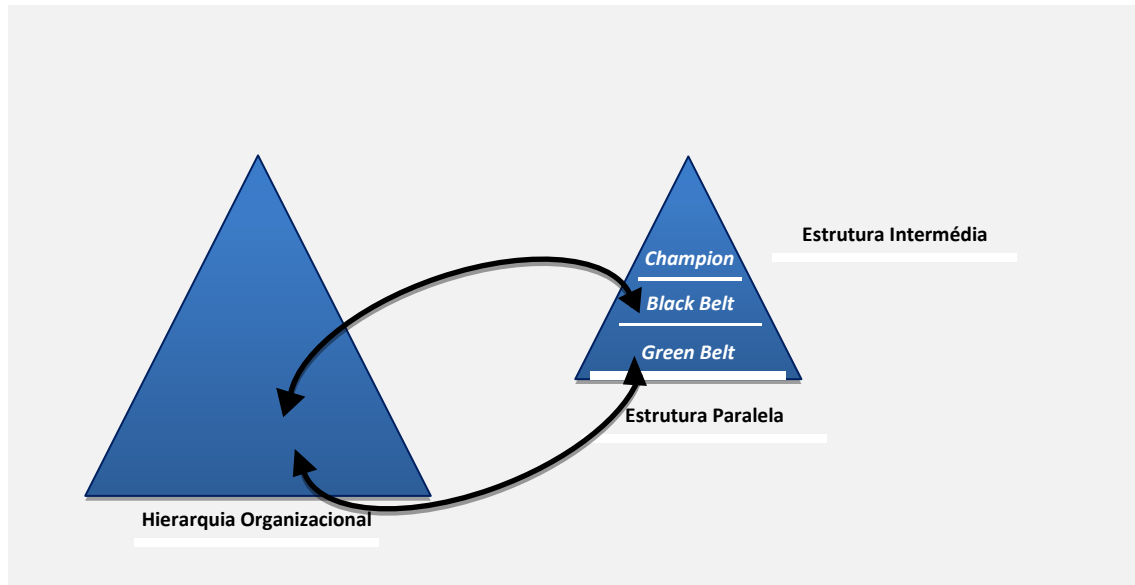


Figura 3 - Estrutura intermédia e paralela de 6 Sigma. Adaptado de Schroeder *et. al* (2008).

Para os intervenientes desta infra-estrutura, Anbari (2002), afirma que a gestão da estrutura organizacional dos projetos 6 σ é centrada no **Black Belt**, o líder de projeto. O BB trabalha nos projetos 6 σ a tempo inteiro, podendo liderar entre 4 a 6 projetos por ano. É cuidadosamente escolhido e recebe formação intensiva na metodologia 6 σ . Estes projetos contam com a participação, a tempo parcial, dos **Green Belts**. Estes trabalham sob a supervisão dos BB e recebem formação menos especializada. Os **Master Black Belts** são BB experientes e desempenham uma função similar à de um gestor de projetos, fornecendo orientação, treino e consultoria aos indivíduos envolvidos em projetos 6 σ . Por último, os **Champions** são os líderes estratégicos e táticos de negócio da organização. São eles que criam a visão, aprovam as cartas de projetos 6 σ e acompanham o progresso dos mesmos, garantindo o seu sucesso dentro das suas unidades de negócio. Para uma gestão de 6 σ eficaz é necessário um comprometimento e participação ativa por parte dos executivos mais experientes, e de comunicação entre **Champions**. Anbari (2002) constatou, ainda, que o CEO é frequentemente envolvido na implementação e orientação dos projetos 6 σ .

Anbari (2002) afirma algo semelhante a *Snee* quando refere que, na sua opinião, a metodologia 6 σ é mais divergente que as restantes técnicas de melhoria. O 6 σ utiliza ferramentas de análise de dados mais avançadas, é mais focado no cliente, inclui cálculos financeiros dos resultados, assegurando um compromisso contínuo à iniciativa por parte das grandes chefias, e usa ferramentas de gestão de projetos.

O método de gestão do 6 σ pode ser sumarizado da seguinte maneira:

6 Sigma =
TQM + maior foco no cliente + ferramentas adicionais de análise de dados + resultados financeiros + gestão de projetos (Kwak *et. al*, 2006).

2.2.2.2 O EFEITO DO 6 SIGMA NA INOVAÇÃO E DESEMPENHO DE UMA ORGANIZAÇÃO

Os programas 6 σ tentam melhorar os processos da empresa focando-se na redução da variabilidade dos mesmos e das rotinas organizacionais (Linderman *et al.*, 2003). O *framework* mais conhecido é o DMAIC, uma metodologia estruturada que ajuda os programas 6 σ a encontrar as raízes das causas dos problemas em questão, procurando soluções para os mesmos e, conseqüentemente, melhorando os processos.

Parast (2011) refere que a metodologia 6 σ foca-se, em primeiro lugar, na melhoria da eficiência dentro da tecnologia existente na organização. Explica ainda que, devido ao foco dos programas de melhoria dos processos na mudança contínua, estes são os que melhor se adaptam à melhoria da tecnologia existente. Parast (2011) aponta 8 proposições que descrevem o efeito do 6 σ na inovação e desempenho de uma organização, quando diz que os programas 6 σ :

- 1- Afetam positivamente a crescente inovação de uma organização;
- 2- Afetam positivamente a inovação modular de uma organização;
- 3- Melhoram a inovação para os clientes existentes;
- 4- Melhoram a satisfação dos clientes existentes;
- 5- Têm efeito na inovação radical da empresa. A orientação da empresa para o cliente (existentes vs. emergentes) modera o efeito do 6 σ na inovação radical;
- 6- Têm efeito na inovação para novos clientes. O foco nos clientes existentes modera o efeito do 6 σ na inovação para novos clientes;
- 7- Afetam positivamente o desempenho de uma organização, caso a base de clientes atuais seja estável. Por outras palavras, a base de clientes atuais atenua o efeito dos programas 6 σ no desempenho da organização;
- 8- Afetam positivamente o desempenho de uma organização, se o meio envolvente for estável. Por outras palavras, o meio envolvente atenua o efeito dos programas 6 σ no desempenho da organização.

2.2.2.3 FATORES COM INFLUÊNCIA NO SUCESSO DE PROJETOS 6 SIGMA

Anbari (2002) identificou alguns fatores que influenciam o sucesso dos projetos 6 σ :

- ✓ O comprometimento da gestão executiva permite que a metodologia 6 σ seja orientada de cima para baixo (*top down*) e que a gestão se foque essencialmente a um nível estratégico. O envolvimento ativo de executivos seniores assegura a ligação apropriada entre os projetos 6 σ e os objetivos da organização.
- ✓ O envolvimento e comprometimento de recursos, tempo, dinheiro e esforço de toda a organização com base em ordens claras de executivos seniores. Este envolvimento assegura o alinhamento dos objetivos dos projetos com os recursos disponíveis, a cultura organizacional, o meio ambiente, entre outras restrições.
- ✓ Uma orientação eficaz dos projetos. A estrutura organizacional do 6 σ é, geralmente, uma matriz fortemente integrada na estrutura geral da organização. Isto permite que os projetos 6 σ se realizem como parte das atividades normais da organização, em vez de se realizarem como uma iniciativa independente e sobreposta. Nesta estrutura, os empregados permanecem nos seus postos habituais e realizam as suas funções normais. Eles trabalham para os projetos 6 σ conforme requerido pelos BB, que têm autoridade significativa sobre os seus projetos e reportam o *status quo* dos mesmos aos níveis mais elevados da organização. Uma cautelosa seleção dos indivíduos a desempenhar a função de BB também é um fator crítico para o sucesso de um projeto 6 σ . Estes indivíduos devem ser altamente respeitados como líderes na sua área de atividade, receber formação adequada e ter o potencial para se mover com sucesso para níveis mais altos na organização após concluída a sua missão.
- ✓ Uma seleção rigorosa dos projetos, um planeamento cauteloso, uma gestão de projetos focada e uma completa avaliação de cada projeto, após a sua conclusão. Manter os projetos 6 σ dentro da duração das suas metas é um importante fator de sucesso.
- ✓ A implementação de uma metodologia comum baseada nas práticas altamente utilizadas de 6 σ . Assim, a aplicação e aprendizagem destas práticas torna-se simples e permite que os conhecimentos adquiridos se reutilizem de forma eficaz noutros projetos, unidades organizacionais e, conforme o caso, na profissão de quem os adquiriu.
- ✓ A gestão de conhecimento e partilha de experiência. Os MBB transferem e disseminam os ensinamentos adquiridos ao longo dos projetos 6 σ . Esta área

tem implicações importantes na gestão de iniciativas de mudanças organizacionais.

- ✓ Uma formação adequada concede aos participantes dos projetos 6 σ compreensão e facilidade na aplicação de ferramentas e técnicas da metodologia 6 σ . Este fator garante que os projetos 6 σ se concluam sem problemas.
- ✓ Uma encorajante aceitação da mudança de cultura, baseada na honestidade e na comunicação sobre os resultados significantes dos projetos 6 σ , incluindo os sucessos, os obstáculos e desafios.

Anbari (2002) conclui que interações entre estes fatores são prováveis, e que são subconjuntos destes mesmos fatores.

2.2.2.4 OBSTÁCULOS E LIMITAÇÕES

Uma das causas mais frequentes para o fracasso de um projeto de melhoria aparece quando vários intervenientes têm diferentes entendimentos sobre o que o projeto promete realizar. Isto pode levar à decepção e à tentativa de culpabilizar alguém no fim do projeto. Uma boa definição do problema permite evitar este tipo de situações (Snee, 2004).

Kwak *et. al* (2006) apontam alguns obstáculos na implementação da metodologia 6 σ , aos níveis de:

- ✓ **Estratégia** – as organizações devem perceber que o 6 σ não é uma resposta universal a todos os problemas de um negócio. Não deve, portanto, ser considerada a estratégia de gestão mais importante quando uma empresa necessita urgentemente de perceber e implementar esta filosofia. Para garantir uma sustentabilidade da metodologia 6 σ no longo prazo, as organizações precisam de analisar e aceitar os seus pontos fortes e fracos e utilizar corretamente os princípios, conceitos e ferramentas 6 σ .
- ✓ **Cultura Organizacional** – é necessário incorporar os conceitos de qualidade ao nível da conceção, e não apenas no controlo da qualidade ao nível da produção. A questão mais importante é a mudança da cultura organizacional que coloca a qualidade no planeamento. Lidar com problemas e questões que são fáceis de corrigir e alegar que o 6 σ é um grande sucesso é, simplesmente, enganador. Organizações que não tenham uma completa noção dos obstáculos reais dos projetos 6 σ , ou um plano abrangente de gestão de mudança, tendem a falhar.
- ✓ **Formação** (Programa *Belt*) – é um fator chave na implementação bem sucedida de um projeto 6 σ , e deve ser parte integrante da sua abordagem. O programa *Belt* deve começar no topo e ser aplicado a toda a

organização, bem como refletir as necessidades e exigências da empresa. A formação deve abordar conhecimentos de medidas e métricas qualitativas e quantitativas, bem como práticas e competências de gestão de projetos. É importante destacar que uma formação formal faz parte do plano de desenvolvimento de competências, o que forma diferentes especialistas para cada nível *belt*. Os participantes devem ficar bem informados acerca das últimas ferramentas e técnicas de 6σ e de conseguir comunicar com base na análise de dados reais. A seleção de indivíduos com menores capacidades para lhes ser atribuído um BB também é considerada como um problema na aplicação de um projeto 6σ .

De seguida são apresentadas as 5 etapas do processo iterativo DMAIC.

2.2.3 DMAIC: DEFINIR - MEDIR - ANALISAR - MELHORAR (*IMPROVE*) - CONTROLAR

O **DMAIC** representa um processo de melhoria 6σ , composto por 5 etapas: (1) determinar a natureza do problema; (2) medir o desempenho existente e começar a recolher dados e factos que oferecem informações sobre as causas do problema; (3) estudar os dados para determinar as causas do problema; (4) melhorar o processo, pondo em prática soluções para o problema; (5) acompanhar o processo até que as soluções se enraízem. DMAIC é o acrónimo para *Define-Measure-Analyse-Improve-Control* (Blackstone, 2008). Este ciclo é representado na Figura 4.

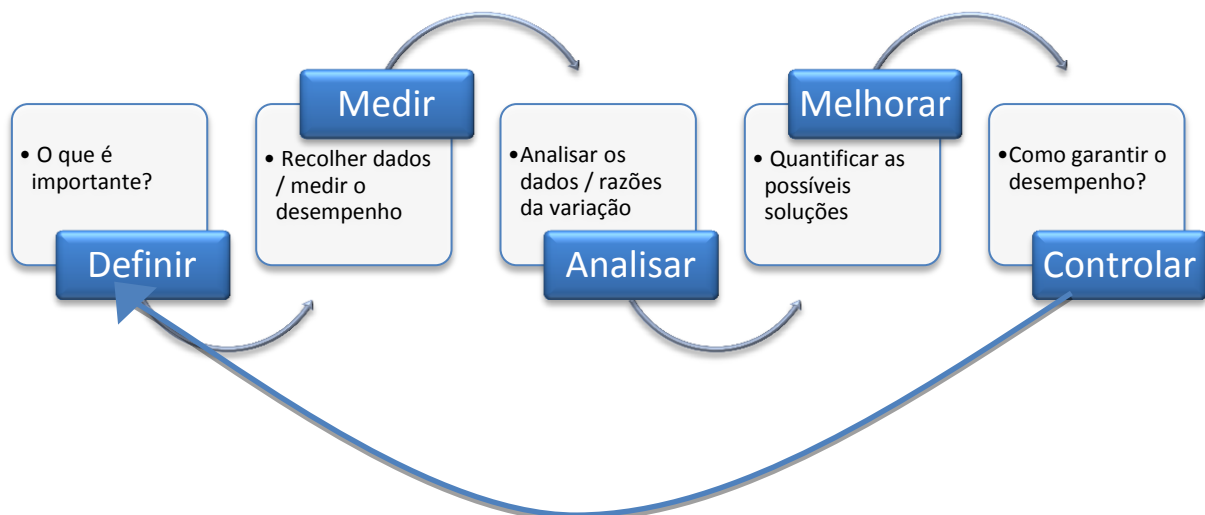


Figura 4 - Etapas do ciclo DMAIC. Adaptado de Coll *et. al* (2013).

2.2.3.1 FASE DEFINIR

Segundo Smith (2005), **Definir** é a primeira fase do modelo DMAIC. A sua finalidade é possibilitar a compreensão do problema pela equipa de projeto, bem como definir o que é necessário para o sucesso de um projeto 6 σ . Nesta primeira etapa do ciclo DMAIC, é identificado o cliente e as suas necessidades, a área, o objetivo, o âmbito, os recursos e a equipa do projeto, bem como as suas responsabilidades. Aqui é estimado o lucro e o custo associado ao projeto (Vinodh *et. al*, 2011). Segundo Snee (2004), para que um BB possa trabalhar sobre o projeto em questão, é fundamental que na carta de projeto esteja definido o trabalho a realizar, o processo envolvido, o problema, as métricas associadas ao problema, o objetivo, o âmbito, o impacto financeiro e a equipa do projeto.

Já para Coll *et al.* (2013), existem 5 etapas nesta primeira fase, sendo elas a definição do(s):

- i. **Objetivos:** etapa onde se define a oportunidade, quais os objetivos e onde se determinam os custos de qualidade⁶;
- ii. **Cliente:** etapa onde se faz um inquérito ao cliente (interno ou externo) e se definem os requisitos críticos da qualidade para o mesmo. Estes requisitos são o que é importante para qualidade de um produto ou serviço, sendo o cliente quem diz o que é importante;
- iii. **Mapa de processo:** etapa onde se cria o mapa do processo, usando ferramentas como fluxogramas ou *Value Stream Mapping*;
- iv. **Projeto:** etapa onde se escreve a carta de projeto (documento em formato A3). Nesta carta de projeto devem estar explícitos os objetivos do projeto, e estes devem ser '*SMART*' (*Specific, Measurable, Achievable, Realistic/Relevant, Timely* – específicos, mensuráveis, alcançáveis, realistas, e oportunos);
- v. **Equipa:** etapa onde se utilizam as competências, onde se define a equipa, se obtém o comprometimento da mesma e se gere o projeto.

2.2.3.2 FASE MEDIR

Segundo Smith (2005), **Medir** é a segunda etapa do ciclo DMAIC onde são estabelecidas as técnicas para a recolha de dados relativos ao atual desempenho do processo identificado na fase anterior. Os dados recolhidos nesta etapa são usados para determinar as fontes de variação e servem de referência para a validação das melhorias. Esta fase visa garantir que se está a trabalhar para melhorar a métrica correcta, uma que realmente necessite de melhoria e que se possa medir. É nesta etapa que se selecionam os *outputs* do processo a serem melhorados, com base nos objetivos do projeto e nas necessidades dos clientes. O desempenho aceitável é determinado e recolhem-se dados

⁶ Custos de prevenção, avaliação, falhas internas/externas e intangíveis (Coll *et. al*, 2013).

iniciais para se avaliar o atual desempenho. Esta tarefa inclui a avaliação do desempenho do sistema de recolha de dados, bem como do desempenho do processo a ser estudado.

As ferramentas usadas nesta etapa incluem o mapeamento do processo, diagramas/matriz de causa-efeito (espinha de peixe), análise do sistema de medição, análise de capacidade, e análise do gráfico de controlo dos dados de referência iniciais sobre os *outputs* do processo. O mapeamento do processo é feito pela equipa toda, e não apenas pelo BB, e fornece uma imagem do processo, permitindo identificar tarefas que não adicionam valor ao produto final, bem como os locais onde há tarefas que são reprocessadas (Snee, 2004).

Segundo Coll *et. al* (2013), o pensamento chave desta etapa é que não se consegue melhorar o que não se consegue medir. Afirmam que é necessário utilizar métricas *standard* de qualidade porque:

- ✓ ajudam a entender melhor o processo em estudo, através de uma análise às causas-raiz do problema;
- ✓ permitem apontar os objetivos, e medir o progresso do estudo em relação a estes;
- ✓ reduzem a barreira comunicacional entre os colaboradores envolvidos;
- ✓ permitem comparar os fabricantes de classe mundial, entre si, e apresentar essa imagem aos clientes.

Os autores destacam, ainda, a existência de três grandes tipos de métricas, direcionadas para o processo (de uma etapa individual), para o produto (várias etapas de um processo), ou para ambos. De seguida são apresentadas algumas dessas métricas.

(a) Métricas para o processo:

✓ First Time/Pass Yield (FTY) – é uma métrica para *outputs* comuns usada para identificar áreas problemáticas e é calculada pela seguinte fórmula:

$$FTY = \frac{P}{U} * 100\%$$

P é o número de unidades que passam no teste e U é o número de unidades analisadas.

Subtraindo o FTY a 100%, obtém-se a percentagem de unidades com defeito.

Através desta métrica podemos saber a nossa percentagem de qualidade e perceber que 99% de qualidade não é suficiente, quando se recolhe uma enorme

quantidade de dados. Considere os exemplos, de estatísticas dos EUA, que comparam as percentagens de qualidade de 99% (3.8σ) com 99,99966% (6σ) apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - 3.8 Sigma vs 6 Sigma. Adaptado de Coll *et. al* (2013).

99% (3.8σ)	99,99966% (6σ)
20.000 chamadas caídas / hora	7 chamadas caídas / hora
5.000 erros cirúrgicos / semana	1,7 erros cirúrgicos / semana
200.000 prescrições de medicamentos incorretas / ano	68 prescrições de medicamentos incorretas / ano
7,2 h de corte de energia / mês	1 h de corte de energia a cada 33 anos!
Aproximadamente 1 milhão de cartões de crédito com informações incorretas sobre o titular do cartão	3,4 cartões de crédito com informações incorretas sobre o titular do cartão

✓ Parts per Million (ppm) – esta métrica apresenta os defeitos em partes por milhão. Por exemplo se a produtividade (*yield*) for de 99%, a percentagem de defeitos é 1% (0,01), o que significa que um em cada 100 tem defeito. Ao multiplicar 0,01 por 1.000.000 obtemos 10.000 ppm. Portanto, 99% *yield* = 10.000 ppm.

(b) Métricas para o produto:

✓ Rolled throughput Yield (RTY %) – é a probabilidade de um processo com mais do que uma etapa produzir uma unidade sem defeitos. Multiplicando todos os FTY de cada uma das etapas, obtém-se o rendimento de todo o processo.

✓ Defects per million opportunities (DPMO) – é uma medida de complexidade que permite comparar produtos/processos com complexidade distintas (Coll *et. al*, 2013). É a quantidade de defeitos por 1 milhão de oportunidades. Uma oportunidade é um potencial problema importante para a satisfação do cliente (Blackstone, 2008). Coll *et. al* (2013) referem que uma oportunidade pode ser: o nº de partes de um produto; o nº de etapas do processo necessárias para criar um produto; ou o nº de diferentes tipos de defeitos críticos que uma etapa de um processo possa ter.

A fórmula para o cálculo desta métrica é a seguinte:

$$\frac{N^{\circ} \text{ total de Defeitos}}{N^{\circ} \text{ total de OFD}} \times 1.000.000$$

*Opportunity For Defects*⁷ (OFD) é um conceito chave do 6σ. O seu total é igual ao OFD de uma unidade multiplicado pelo nº total de unidades produzidas.

O DPMO permite fazer uma comparação válida entre dois produtos diferentes e de complexidade variada. Por exemplo, um rendimento de 95% não transparece nenhuma distinção entre um produto que contenha 100 componentes e outro que tenha 600. O DPMO também permite uma comparação do desempenho de processos com as indústrias *standard* e as de classe mundial.

(c) Métricas para o **produto** e para o **processo**:

✓ Nível Sigma – esta métrica é apresentada no capítulo 2.2.2 - 6 Sigma. Cada nível de sigma corresponde a um determinado nº de unidades com defeito em cada milhão.

✓ Defects per Unit (DPU) – corresponde ao número médio de defeitos. É igual ao quociente entre o nº total de defeitos encontrados e o nº total de produtos produzidos.

2.2.3.3 FASE ANALISAR

Segundo Smith (2005), a etapa **Analisar** permite à equipa de projeto encontrar as oportunidades de melhoria, examinando a informação recolhida na fase Medir. Esta etapa termina quando a equipa é capaz de apontar um conjunto de melhorias potenciais para aplicação na fase Melhorar.

Nesta fase são avaliados os dados de partida, de forma a documentar o desempenho atual e identificar as causas-raiz das variações e defeitos observados. Dados adicionais podem vir a ser recolhidos. Ao avaliar dados sobre erros, a análise de Pareto⁸ é frequentemente utilizada para determinar quais as categorias que estão a causar a maior parte dos erros. O conhecimento das categorias de erros mais importantes poderá sugerir as causas-raiz dos defeitos. A teoria afirma que uma pequena categoria será responsável pela maior parte dos erros (Snee, 2004).

⁷ Possibilidade / Oportunidade para defeitos.

⁸ A lei de Pareto afirma que para muitos fenómenos, a maior fração das consequências advém de uma pequena percentagem das causas. Também conhecido como o princípio 80-20 (Blackstone, 2008).

Segundo Coll *et. al* (2013), existem dois grandes tipos de análises para esta fase: **estatísticas e qualitativas**. De seguida, são apresentadas algumas dessas ferramentas.

(a) **Estatísticas:**

- ✓ **Histogramas** – gráficos de barras que permitem visualizar dados que são difíceis de interpretar. As barras representam a frequência de ocorrência por classes/categorias de dados. Mostram a informação básica relativa aos dados, como o centro dos dados, a variação e a forma.

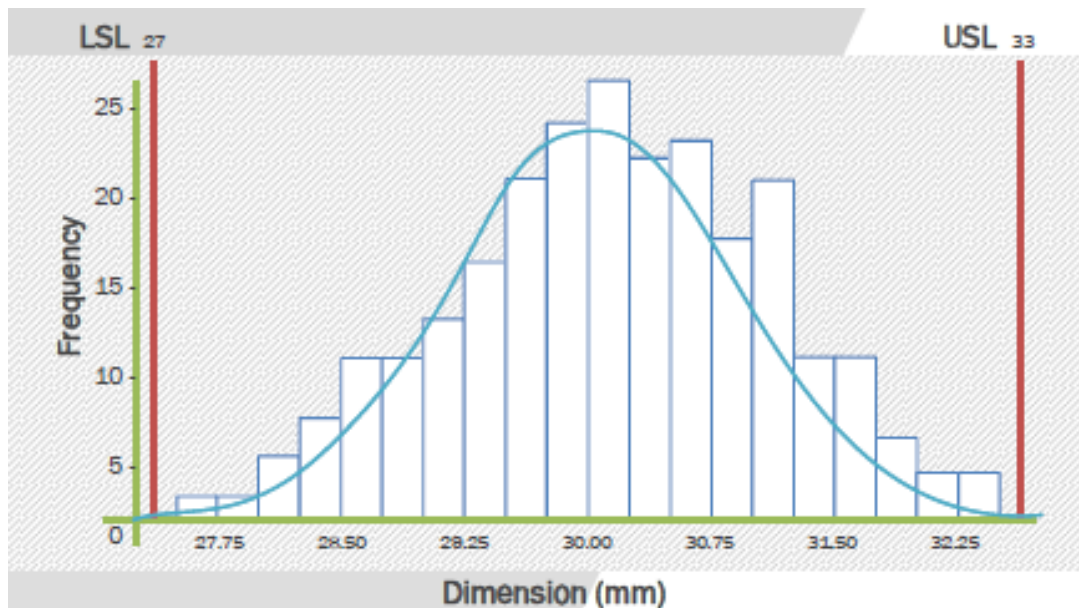


Figura 5 - Exemplo de um histograma. Adaptado de Coll *et. al* (2013).

- ✓ **Diagramas de dispersão** – gráficos que permitem estudar a relação entre duas variáveis sem recorrer a cálculos matemáticos. É, frequentemente, o primeiro passo em muitas análises de dados. A correlação pode ser positiva, negativa ou pode não existir. No exemplo da Figura 6, se for positiva, a variável '*weight (kg)*' – peso, tem tendência a aumentar com o aumento da variável '*height (cm)*' – altura. Caso seja negativa, o peso tem tendência a diminuir com o aumento da altura. A correlação entre duas variáveis será tanto maior quanto maior for a proximidade dos pontos à linha. A relação entre essas variáveis não significa, necessariamente, que uma provoca a outra.

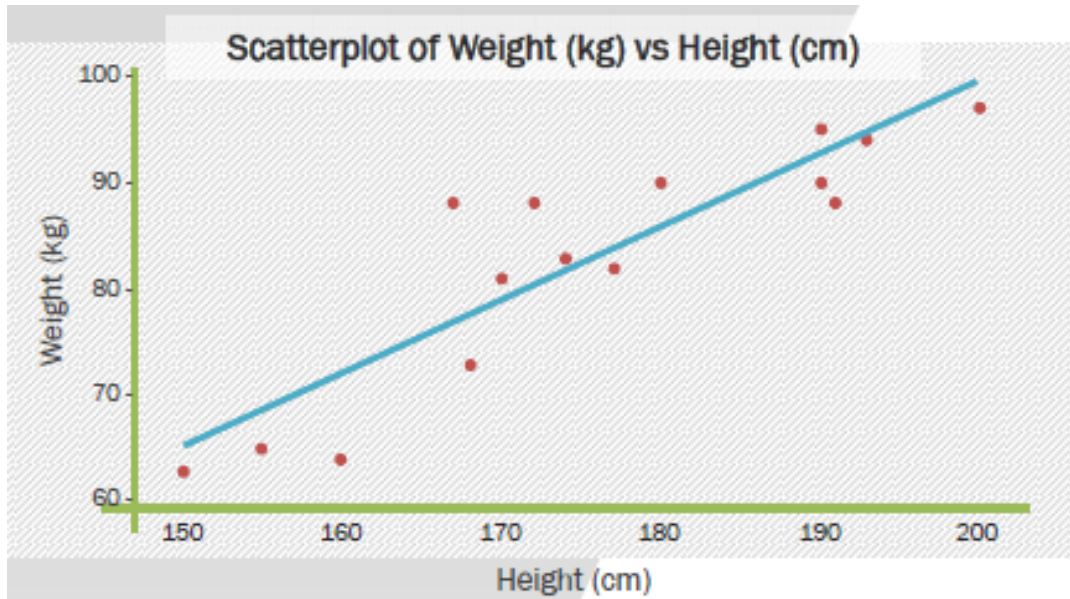


Figura 6 - Exemplo de um diagrama de dispersão. Adaptado de Coll *et. al* (2013).

(b) **Qualitativas:**

- ✓ **Diagramas de causa-efeito/Diagrama de espinha de peixe/Diagrama de Ishikawa** – ferramenta que mostra, em forma de esquema, a relação entre o problema (efeito) em questão e as suas potenciais causas. Organiza as potenciais causas e ajuda a categorizá-las, revelando as suas relações. Para construir um diagrama de causa-efeito podem seguir-se as seguintes etapas:
 - i. Determinar o problema a resolver;
 - ii. Listar as categorias principais dos fatores que influenciam esse defeito (maquinaria, método, material, homem e ambiental);
 - iii. Para cada causa, escrever os fatores detalhados que podem ser sub-causas, usando a ferramenta dos 5 porquês⁹;
 - iv. Identificar os fatores significativos para uma investigação mais aprofundada.
 - v. Categorizar a lista de causas obtidas.

Preparar um diagrama de causa-efeito é educacional. As causas são procuradas pela equipa em sessões de *brainstorming*. Com esta ferramenta dá-se ênfase à resolução do problema, ao invés de à atribuição de responsabilidades.

⁹ Prática comum do TQM em que se pergunta 5 vezes 'porquê' quando se é confrontado com um problema. No momento em que a resposta ao último 'porquê' é encontrada, a causa final do problema é identificada (Blackstone, 2008).

2.2.3.4 FASE MELHORAR

Segundo Smith (2005), o objetivo da fase **Melhorar** é permitir que a equipa de projeto desenvolva, implemente e valide soluções de melhoria que permitam que os níveis de desempenho desejados sejam alcançados.

Nesta fase a equipa deve ser capaz de alterar o processo de maneira a que as causas raiz, identificadas na etapa anterior, sejam corrigidas e, assim, melhorar o desempenho do processo. Cada alteração deve ser testada com um estudo de confirmação para verificar se as melhorias realmente se fazem notar. Várias tentativas de melhoria podem ser necessárias até ser alcançado o nível de desempenho pretendido. Esta é a única etapa do ciclo DMAIC em que realmente se fazem melhorias. As outras fases são destinadas para configurar (fases Definir – Medir – Analisar), adequadamente, e controlar (fase Controlar) as melhorias da fase Melhorar (Snee, 2004).

Wang *et. al* (2012) referem 5 etapas nesta fase, sendo elas:

1. Desenvolver soluções;
2. Implementar o plano de melhoria;
3. Identificar a nova capacidade do processo;
4. Comparar as diferenças antes e depois da implementação do plano de melhoria;
5. Criar um sistema 5S.

Segundo Coll *et. al* (2013), existem dois tipos de ferramentas normalmente utilizadas nesta fase: estatísticas (*Design of Experiments*) e qualitativas (*Poka-Yoke*).

- ✓ ***Design of Experiments*** – é uma técnica de gestão da qualidade que avalia o efeito das mudanças, cuidadosamente, planeadas e controladas, das variáveis de entrada, nas variáveis de saída. O seu objetivo principal é o de melhorar os processos de produção (Blackstone, 2008).

Coll *et. al* (2013) apontam que os objetivos desta ferramenta passam por (1) obter o máximo de informação sobre o processo, (2) determinar quais os fatores que influenciam a resposta média, a variação da resposta ou os que não têm qualquer efeito, (3) encontrar os níveis que otimizam a resposta e minimizam o custo, e (4) construir modelos empíricos do processo.

- ✓ ***Poka Yoke*** – técnicas à prova de erro, aplicadas na produção ou na sua configuração, de forma a impedir que um erro no processo resulte num defeito de um produto. Por exemplo, numa operação de montagem um dispositivo sensorial deteta se uma parte correta não for utilizada e pára a

operação, evitando que a parte incompleta siga para a etapa seguinte, ou que se comece outra operação (Blackstone, 2008).

2.2.3.5 FASE CONTROLAR

Segundo Smith (2005), o objetivo da fase **Controlar** é institucionalizar melhorias no processo/produto e monitorizar o desempenho em curso, a fim de sustentar os ganhos obtidos na fase anterior – Melhorar. Nesta etapa, é instalado um sistema que garante que a melhoria do desempenho do processo em estudo se mantém, após a equipa terminar o seu trabalho. A ferramenta chave para esta fase é o Plano de Controlo (Snee, 2004).

De acordo com Coll *et. al* (2013), esta etapa serve para completar todo o trabalho restante, como apresentar os resultados das métricas dos processos chave (antes e depois da implementação das ideias), quantificar os benefícios financeiros, completar a documentação, processar o Plano de Controlo e listar as oportunidades que não foram aplicadas. Coll *et. al* (2013) apontam duas grandes ferramentas para a fase Controlar: o Plano de Controlo, já referido, anteriormente, e as cartas de controlo.

- ✓ **Plano de Controlo** – assegura que os ganhos adquiridos são mantidos e garante um desempenho consistente do processo. Esta ferramenta inclui: listas de atividades específicas do processo e as variáveis ou riscos que os afetam, bem como as suas especificações; um documento centralizado que mantém o controlo de todas as características significativas dos processos; as especificações do projeto; o método de medição; o tamanho da amostra e sua frequência; as ações necessárias para manter o estado desejado e as responsabilidades de cada interveniente. É o último passo para uma conclusão bem sucedida de qualquer projeto 6σ .
- ✓ **Cartas de Controlo** – permitem comparações gráficas dos resultados do desempenho de um processo com limites de controlo calculados previamente. A principal utilização das Cartas de Controlo é detetar causas a que se possam atribuir variações especiais no processo em contraste com as variações aleatórias que, normalmente, os afetam. Segundo Coll *et. al* (2013), esta ferramenta permite: monitorizar em tempo real um processo, de maneira a detetar mudanças na qualidade do mesmo; construir limites de controlo que captam a variação natural do processo¹⁰; recolher e traçar novas medidas contra os limites de controlo estabelecidos; e observar as tendências e padrões incomuns, isto é, determinar se a variação observada é consistente com a causa comum.

¹⁰ As causas comuns.

O próximo tópico aborda a conjugação das duas ferramentas previamente apresentadas – o *Lean* e o 6σ , que juntos dão origem ao *Lean 6 Sigma*. O *Lean* não consegue controlar estatisticamente um processo e o 6σ , por si só, não consegue melhorar o fluxo do processo e reduzir os seus desperdícios. Enquanto o 6σ reduz a variação, o *Lean* foca-se na eliminação desses *mudas*.

2.2.4 LEAN 6 SIGMA

A primeira implementação do **Lean 6 Sigma** teve início em 1997, na Índia, pela *BAE Systems Controls* (Atmaca *et. al*, 2013).

Segundo Cheng *et. al* (2012), o *Lean 6 Sigma* é a combinação de duas poderosas metodologias (*Lean Production* e 6σ) com o objetivo de melhorar a qualidade, reduzir a variabilidade, eliminar o desperdício e, conseqüentemente, aumentar a satisfação do cliente.

Para Dumitrescu *et. al* (2010), o *Lean 6 Sigma* é uma metodologia que maximiza o valor para o *shareholder* ao alcançar a mais rápida taxa de progresso e melhoria em termos de satisfação do cliente, custo, qualidade, velocidade do processo e capital investido.

Num ambiente cada vez mais competitivo, é difícil para as empresas que não tenham como objetivo principal o aumento da produtividade, sobreviver e competir a longo prazo. Logo, a produtividade deve ser avaliada como um dos indicadores mais importantes do desempenho de um negócio. Atmaca *et. al* (2013) referem que todo o sistema deve ser criado, desde a fase de concepção/*design*, de maneira a que se possa produzir bem à primeira iteração. A metodologia 6σ , nos últimos anos implementada por organizações de todo o mundo, ajudou as empresas a aumentar a sua rentabilidade e o seu crescimento, ao tornar os seus processos mais eficientes.

No entanto, o 6σ foca-se na qualidade e não na velocidade. Esta falha de foco na velocidade é resolvida com o conceito de *Lean*, que é mais adequado à melhoria da velocidade e do fluxo dos processos. Portanto, as duas metodologias juntas geram uma elevada eficácia operacional. Esta sinergia significa aplicar mudanças que acrescentem valor, processem certo à primeira, e ajam rápido e de forma eficiente.

Atmaca *et. al* (2013) afirmam que o *Lean Manufacturing* (LM) se foca em eliminar perdas nos processos e em reduzir a sua complexidade, enquanto procura desenvolver soluções que utilizem a mínima quantidade de recursos (humanos, materiais e capitais) e que permitam que os produtos cheguem ao consumidor no tempo previsto. O 6σ fornece uma filosofia centrada na qualidade e um conjunto de ferramentas estatísticas que permitem a monitorização do desempenho. A metodologia 6σ procura reduzir a variabilidade nos processos, bem como reduzir os seus erros. Combinando as ferramentas

Lean e 6σ , as empresas podem alcançar, simultaneamente, três grandes objetivos: satisfazer, rapidamente, a procura dos seus clientes, produzir a um nível 6σ , e a custos competitivos.

Apontam, ainda, para o facto de que se apenas o 6σ for aplicado, as empresas serão privadas de 3 importantes características do LM:

- ✓ Não estarão diretamente focadas na rapidez do processo;
- ✓ Não darão importância à redução dos custos de armazenamento;
- ✓ Não serão capazes de obter um rápido retorno financeiro, devido ao facto de a aprendizagem e aplicação dos métodos de recolha de dados ser um processo moroso.

Pelo contrário, se apenas a metodologia *Lean* for aplicada:

- ✓ Os processos não estarão sobre um controlo estatístico;
- ✓ Não se atribuirá uma importância ao cálculo da variação nos sistemas de medição, o que é crucial para tomadas de decisões;
- ✓ Poderão ocorrer melhorias de processos que serão irrelevantes tanto para a qualidade, como para as ferramentas matemáticas que tentarão encontrar os problemas dos processos.

Segundo Atmaca *et. al* (2013), se as duas abordagens forem utilizadas em simultâneo, estas falhas serão corrigidas.

Na Figura 7 é possível observar a interligação entre as ferramentas e as técnicas das metodologias *Lean* e 6 Sigma.

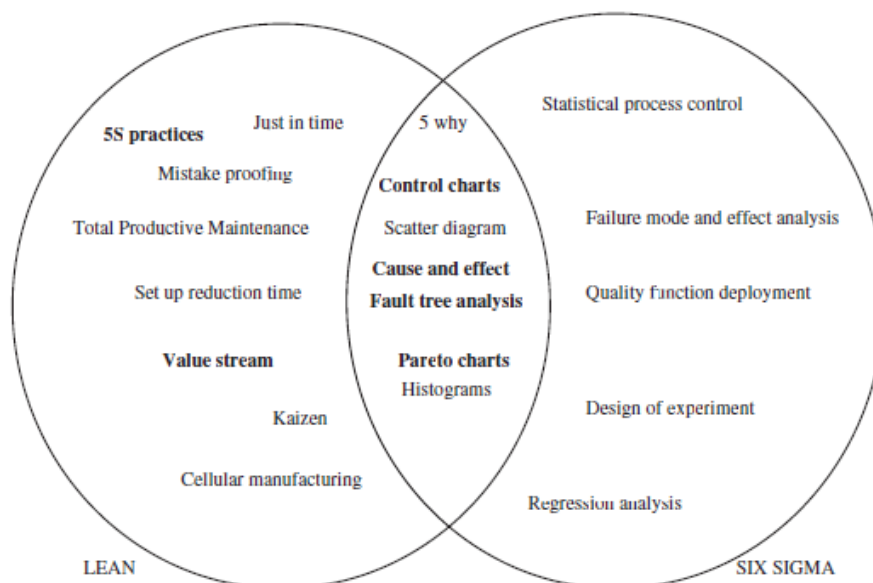


Figura 7 - Ferramentas e técnicas do *Lean* e 6 Sigma. Adaptado de Vinodh *et. al* (2012).

A revisão de literatura sobre os temas a serem abordados no caso de estudo, nomeadamente, o 6 Sigma e o processo de melhoria DMAIC, termina aqui. O relatório segue com a aplicação de um ciclo de etapas bem estruturadas do processo de melhoria DMAIC, numa linha de produção de placas de MDF, com o objetivo de reduzir a percentagem de desclassificação provocada por um defeito específico – Bordos Partidos.

CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA SONAE INDÚSTRIA – P.C.D.M., SA

Neste capítulo é apresentada a *Sonae Indústria – Produção e Comercialização de Produtos Derivados de Madeira (P.C.D.M.), SA*, unidade fabril onde foi realizado o projeto descrito neste relatório. De seguida, descreve-se o seu processo produtivo de MDF e introduz-se o caso de estudo, cujo objetivo prendeu-se com a eliminação da percentagem de placas de MDF desclassificadas e enviadas para um segundo momento de inspeção visual (2ª Escolha), devido à ocorrência de um determinado defeito – ‘Bordos Partidos’. O material com este defeito segue para o armazém de 2ª Escolha provocando uma série de desperdícios, como por exemplo: tempo de espera, movimentação, transporte¹¹, *stock* e sobreprocessamento de material. Para combater este problema é utilizada uma abordagem 6 Sigma, mais concretamente a metodologia DMAIC.

3.1 A SONAE INDÚSTRIA

A *Sonae Indústria* é uma *sub-holding* do grupo *Sonae*, e é uma das maiores empresas industriais do setor dos derivados de madeira, do mundo. A sua gama de produtos abrange, nomeadamente:

- ✓ aglomerados de partículas de madeira (*particleboard*);
- ✓ *Medium Density Fibreboard* (MDF);
- ✓ aglomerados de fibras duros (*Hardboard*);
- ✓ *Oriented Strand Board* (OSB);
- ✓ produtos e serviços de valor acrescentado (componentes, soluções e sistemas) para as indústrias de mobiliário, construção, decoração e do sector de *bricolage*;
- ✓ laminados decorativos de alta pressão;
- ✓ produtos químicos (formaldeído, resina à base de formaldeído e papel impregnados).

A 31 de Dezembro de 2012, a *Sonae Indústria* empregava cerca de 4.400 colaboradores, espalhados por 25 unidades de produção em 6 países, e com escritórios comerciais em Portugal, Espanha, França, Alemanha, Reino Unido, Canadá, Holanda, Suíça e África do Sul (Sonae Indústria, 2014).



Figura 8 - Localização da unidade fabril.

¹¹ Os painéis são transferidos das linhas de acabamento para o armazém de 2ª Escolha, por um empilhador.

3.1.1 INFORMAÇÕES GERAIS

A unidade de referência para este projeto está situada em Água Levada, no concelho de Mangualde, do distrito de Viseu (Portugal) (Figura 8). Foi construída no ano de 1988 num terreno de 27 hectares (9 de área industrial e 3,6 de área coberta) (Figura 9). Atualmente trabalham nesta unidade cerca de 180 colaboradores, sendo que os produtos fabricados são:

- ✓ **MDF** (aglomerado de fibras de madeira de média densidade), com uma capacidade instalada de 295.000 m³/ano;
- ✓ Painéis (aglomerado de partículas ou MDF) folheados, com uma capacidade instalada de 6.000.000 m²/ano;
- ✓ Emulsão de parafina com uma capacidade instalada de 10.000 toneladas/ano;
- ✓ Energia – 10 MWh



Figura 9 - Vista aérea da fábrica.

Esta unidade fabrica essencialmente dois grandes tipos de produtos. Para além de produzir placas de MDF também reveste placas de aglomerado, ou de MDF, com folha de madeira:

- ✓ **Sonaepan** – MDF.

Gama de espessuras: 2,5 a 36 mm

Dimensões de prensa (mm):

Linha I: Comprimento (7.320 a 8.250); Largura (1.830 a 2.500)

Linha II: Comprimento (28.500); Largura (1.830 a 2.500)

- ✓ **Lamipan** – Aglomerado ou MDF revestido a folha de madeira.

Gama de espessuras (*mm*):

Aglomerado: 8-10-12-15-16-18-19-22-25-28-30

MDF: 2,5-3-4-5-6-8-10-12-15-16-18-19-22-25-28-30

3.1.2 PROCESSO PRODUTIVO DE MDF

O estudo de todo o processo produtivo foi fundamental para um bom envolvimento nas equipas e para uma boa compreensão dos demais processos desta unidade.

A obtenção de um lote de painéis *Sonaepan* é o resultado de um complexo processo produtivo, que transforma diferentes formas de madeira (rolaria, costaneiro, estilha) em placas rígidas, dimensionalmente muito estáveis e que podem ser cortadas, fresadas, lixadas, pintadas e revestidas com folha de madeira, PVC, papel ou com qualquer outro tipo de acabamento superficial.

As principais etapas do processo produtivo são:

- ✓ **Produção de estilha** – processo em que a estilha (pequenas partículas de madeira) é produzida por um destroçador de lâminas, alimentado por falheiros ou por rolaria de pinho ou eucalipto, previamente, descascada;
- ✓ **Crivagem** – processo em que se dá a separação mecânica das partículas de pequena dimensão (finos) e de grande dimensão (grossos);
- ✓ **Lavagem de estilha** – etapa em que a lavagem da estilha, com água, permite separar os resíduos sólidos (areias e outros) aderentes às partículas de madeira. A água de lavagem é tratada na ETAR e reutilizada neste processo;
- ✓ **Cozimento da estilha** – operação na qual as partículas de madeira são ‘cozidas’ num digestor pressurizado com vapor de água produzido pela central de energia, e que prepara a estilha para a operação de desfibramento;
- ✓ **Desfibramento** – processo em que se dá a separação mecânica das fibras lenhosas no desfibrador, pela passagem das partículas de madeira entre dois discos, um dos quais rotativo, separados por décimas de milímetros;
- ✓ **Encolagem** – etapa onde se injeta cola na fibra. A cola é constituída por produtos químicos devidamente misturados que atuarão, posteriormente, como agentes ligantes da fibra;
- ✓ **Secagem** – processo onde o excesso de humidade na fibra é extraído termicamente através dos gases quentes produzidos na central de energia, com libertação da humidade sob a forma de vapor de água;

- ✓ **Formação** – etapa onde se dá uma distribuição uniforme da fibra sobre uma cinta transportadora por efeito de vácuo (linha 1) ou, mecanicamente, por rolos (linha 2). À camada de fibra depositada chama-se manta ou colchão;
- ✓ **Prensagem** – processo de compactação do colchão de fibra em prensa de multipratos (linha 1) ou contínua (linha 2), por efeito de pressão e temperatura. Uma vez atingida a sua temperatura de polimerização, a reação da cola permite formar a placa;
- ✓ **Lixagem** – operação onde se dá um acabamento superficial às placas, através da sua passagem por várias lixas. Estas lixas, com tipos de grão sucessivamente mais finos, eliminam, por desgaste, a camada externa menos densa (sobreespesura);
- ✓ **Corte** – processo onde as placas são cortadas, para obtenção das dimensões dos painéis requeridas pelo mercado;
- ✓ **Embalagem** – Paletização dos painéis e colocação dos elementos que os protegem e identificam o lote até à sua chegada ao cliente.

No Anexo 1 encontra-se o manual de acolhimento, 1ª tarefa/documento realizada(o) no decorrer do estágio, onde o processo produtivo de MDF se encontra descrito com mais detalhe. Na Figura 10, encontra-se um esquema de todo o processo produtivo acima descrito.

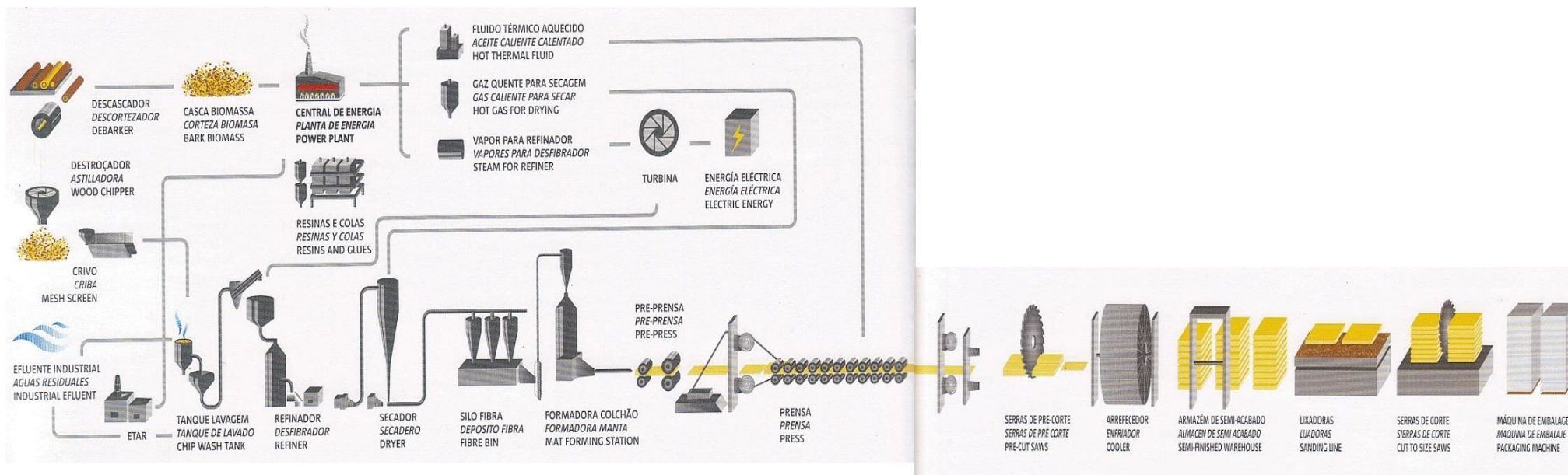


Figura 10 - Processo produtivo de MDF da Sonae Indústria – P.C.D.M., SA.

3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC

Neste subcapítulo descreve-se a aplicação da metodologia DMAIC a um problema específico existente ao nível da produção de placas de MDF. O projeto decorreu na área da Melhoria Contínua, no Departamento da Qualidade, com principal enfoque na secção de Acabamento. A metodologia DMAIC, como foi referido, baseia-se num ciclo de etapas bem estruturado que tem como objetivo principal a redução, e eventual eliminação, de defeitos. O defeito seleccionado como objeto de estudo foi o designado ‘Bordos Partidos’ (BP), o qual ocorre quando as placas de MDF, produto intermediário da empresa em análise, sofrem uma fragmentação durante o processo de fabrico.

Na primeira reunião com o diretor industrial da empresa foi indicado que o foco do projeto seria a redução da percentagem de defeitos provocados no Acabamento. Esta secção inclui as etapas de Lixagem, Corte e Embalagem do processo produtivo de MDF. Nesta secção os defeitos que podem ocorrer são: Bordos Partidos, Controlo de Lixagem, Deficiente Lixagem, Erro de Corte, Marcas de Empilhador e Paragem de Lixadeira. Os diagramas de Pareto apresentados nas Figuras 11 e 12 mostram o nº de placas e percentagem acumulada de todo o material enviado para 2ª Escolha, em função do tipo de defeitos encontrados, no ano de 2013. O diagrama de Pareto da Figura 11 corresponde ao material produzido na linha 1, enquanto o da Figura 12 corresponde ao produzido na linha 2.

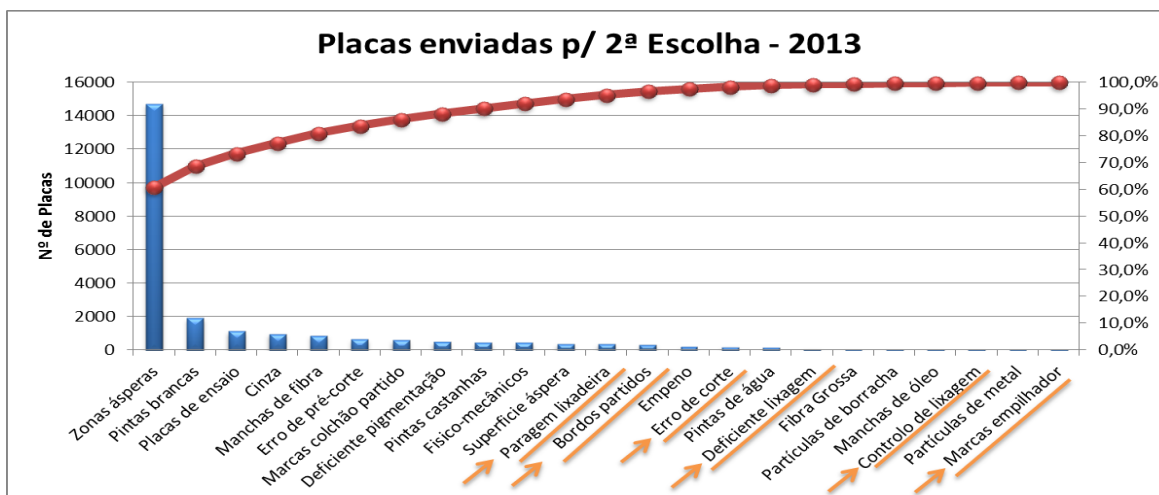


Figura 11 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha, por defeito, em 2013 (linha de prensa 1).

No gráfico da Figura 11 os únicos defeitos que podem ocorrer no Acabamento perfazem um total de, aproximadamente, **4,23%** do material enviado para 2ª Escolha: Paragem de Lixadeira com 1,57%, Bordos Partidos com 1,38%, Erro de Corte com 0,79%, Deficiente Lixagem com 0,33%, Controlo de Lixagem com 0,14%, e Marcas de Empilhador com 0,01%. Estes defeitos estão assinalados, no gráfico, a laranja. Qualquer melhoria

incurtida no processo que reduzisse estes defeitos seria pouco significativa, tendo um impacto mínimo nas percentagens finais de material enviado para 2ª Escolha.

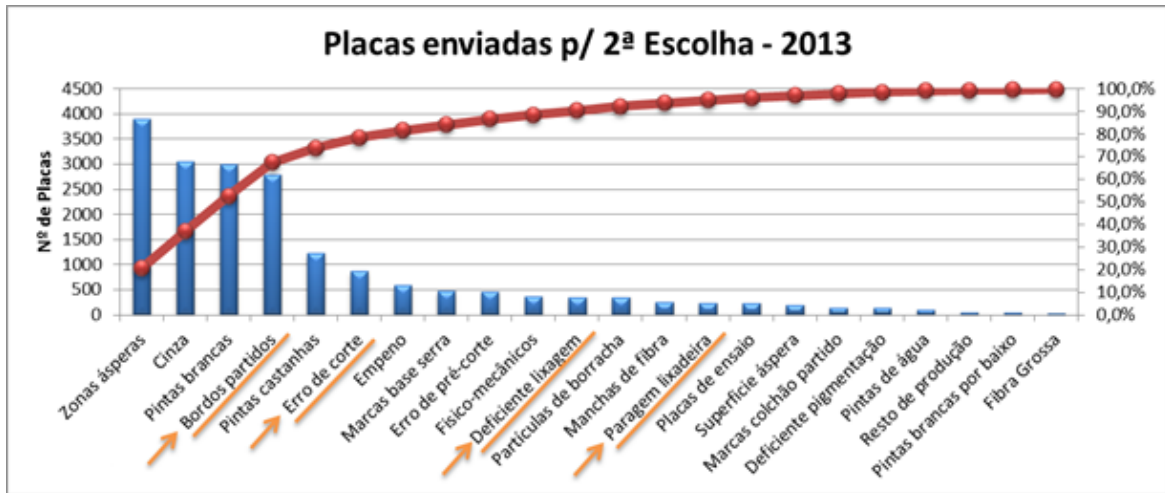


Figura 12 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha, por defeito, em 2013 (linha de prensa 2).

Já no gráfico da Figura 12 os únicos defeitos que podem ser provocados no Acabamento perfazem um total de **22,51%**: Bordos Partidos com 14,80%, Erro de Corte com 4,60%, Deficiente Lixagem com 1,85%, e Paragem de Lixadeira com 1,26%. Foram ocultados os defeitos Manchas de Óleo e Controlo de Lixagem por perfazerem menos de 1% da percentagem de material enviado para 2ª Escolha.

A partir dos dados apresentados é possível observar que, no caso da linha 2, ocorre uma maior percentagem de defeitos no acabamento. Destes defeitos, o relativo a **Bordos Partidos** é o que mais se destaca, constituindo cerca de 15% do material enviado para 2ª Escolha. Este foi, portanto, o tipo de defeito selecionado como prioritário para ser alvo de melhoria no âmbito deste projeto. Apesar de na linha 1 não ser muito significativo o efeito deste defeito (cerca de 2% do material enviado para 2ª Escolha), a sua análise e procura de melhorias concentrou-se nas duas linhas de acabamento, devido à semelhança nos processos.

Nos gráficos das Figuras 13 e 14 é possível observar o nº de placas enviadas para 2ª Escolha no ano de 2013 e 2014, correspondentes à linha onde as placas foram prensadas (linha de prensa 1 ou 2). A evolução da percentagem mensal de placas enviadas para 2ª Escolha por terem BP é, também, apresentada nas figuras, sendo calculada da seguinte forma:

$$\% = \frac{n^{\circ} \text{ de placas enviadas para } 2^{\text{a}} \text{ Escolha por Bordos Partidos}}{n^{\circ} \text{ de placas totais enviadas para } 2^{\text{a}} \text{ Escolha}}$$

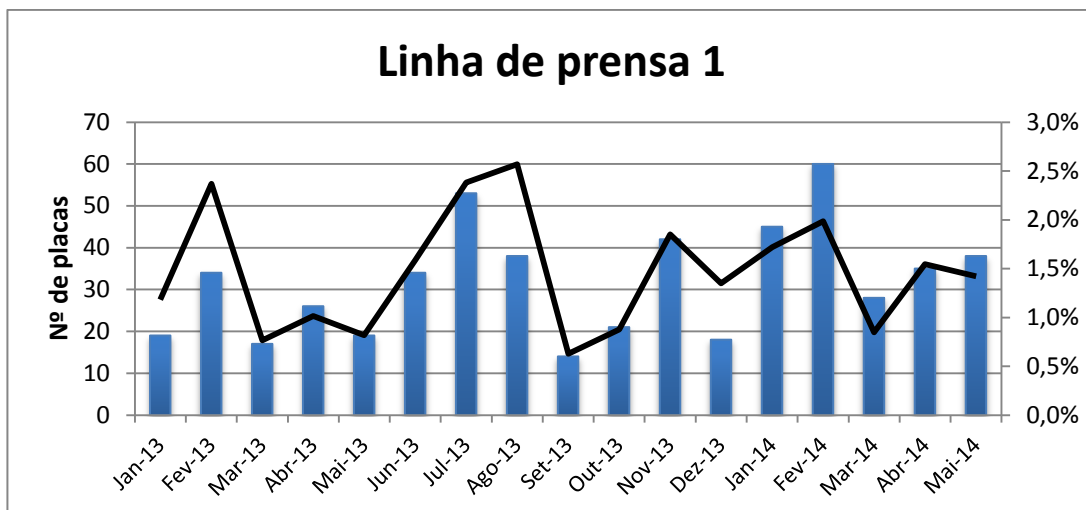


Figura 13 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha e % destas que foram enviadas devido ao defeito BP.

O maior nº de placas, produzidas na linha 1, que foi enviado para 2ª Escolha por Bordos Partidos ocorreu no mês de Fevereiro de 2014, com cerca de 60 placas, e no mês de Julho de 2013, com cerca de 55 placas. A maior percentagem observada é nos meses de Fevereiro e Agosto de 2013, em que cerca de 2,5% do material enviado para 2ª Escolha foi provocado por Bordos Partidos.

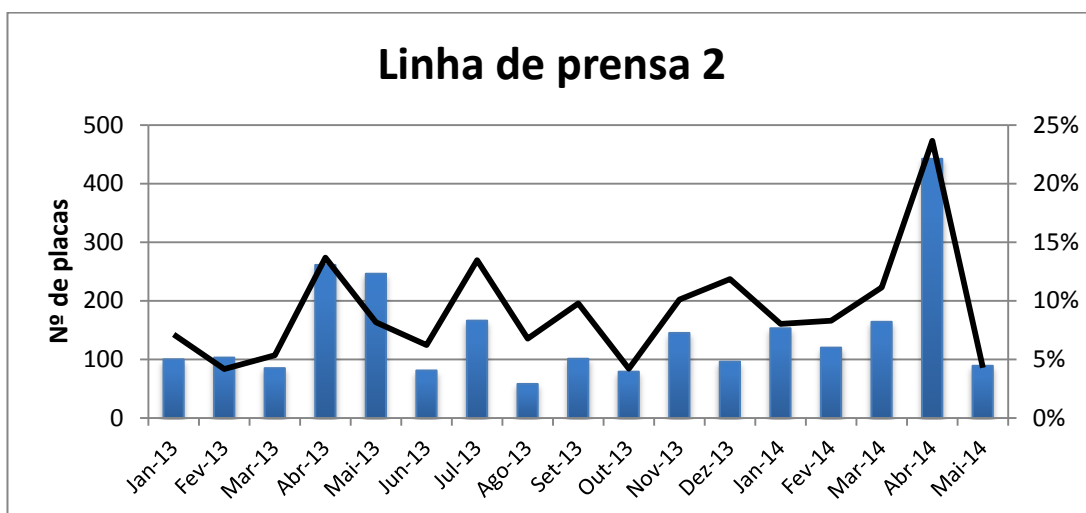


Figura 14 - Nº de placas enviadas para 2ª escolha e % destas que foram enviadas devido ao defeito BP.

Já na linha 2, o maior nº de placas enviado para 2ª Escolha por Bordos Partidos ocorreu no mês de Abril de 2014, com quase 450 placas. A maior percentagem observada ocorre no mesmo mês em que quase 25% do material enviado para 2ª Escolha foi provocado por Bordos Partidos.

Comparando os 5 primeiros meses, conclui-se que, de maneira geral, no ano de 2014 enviaram-se mais placas para 2ª Escolha por Bordos Partidos, do que no ano de 2013.

De seguida, é apresentada a aplicação da metodologia DMAIC, um ciclo de etapas bem estruturadas que fazem parte do processo de melhoria utilizado para colmatar o facto de as placas de MDF se partirem no curso do seu fluxo produtivo. Os subcapítulos 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, e 3.2.4 correspondem às etapas Definir, Medir, Analisar e Melhorar, respetivamente, da metodologia de melhoria DMAIC.

3.2.1 FASE 1 – DEFINIR

Definir é a primeira etapa do ciclo DMAIC. Nesta fase é apresentado o objetivo do projeto, as métricas utilizadas, o mapeamento do processo, o fluxo das placas de MDF e, por último, é identificado o cliente do processo.

O objetivo principal do projeto prende-se com a eliminação da percentagem de placas enviadas para 2ª Escolha devido a Bordos Partidos. Apesar de ser possível aproveitar parte dessas placas, este defeito provoca tempo de espera, movimentação, transporte, *stock* e sobreprocessamento de material. Ao reduzirmos este defeito, também reduzimos estas *mudas*.

Deve entender-se por **Bordos Partidos** a existência de uma fragmentação parcial ou mesmo total numa placa de MDF produzida, que tanto pode ocorrer nos seus cantos, como nas suas extremidades longitudinais e/ou transversais. Bordos esmilhados¹² e bordos lascados¹³ também são considerados BP.

A análise deste defeito será concentrada na secção de acabamento, por ser a secção de estudo decidida pela empresa para o desenvolvimento do presente projeto de melhoria. No entanto, e uma vez que este defeito pode ocorrer após a dita placa ser prensada e formada¹⁴, a evolução do defeito em estudo também foi acompanhada a montante do acabamento. De facto, a ocorrência deste problema pode surgir depois da prensagem e estender-se até à embalagem.

Portanto, a análise deste defeito vai ser feita em 4 situações distintas: linhas de prensa 1 e 2¹⁵, e, com maior enfoque, linhas de acabamento 1 e 2.

Para avaliar o desempenho destas 4 linhas foram utilizadas as métricas DPMO e nível sigma (σ). A primeira é direcionada para o produto, e a segunda tanto para o produto como para o processo. Foi feito um acompanhamento semanal da *performance* destas linhas, em relação a este defeito.

¹² Um bordo esmilhado ocorre quando os discos das serras de corte estão gastos e o corte não sai perfeito, provocando um esmilhamento da placa (na zona do corte).

¹³ Um bordo lascado dá-se quando uma lasca (fragmento superficial da placa de espessura fina) sai da placa, por embate com a estrutura da linha ou a demais maquinaria.

¹⁴ As placas de MDF antes de serem prensadas são meros colchões de fibra, e só na prensa é que adquirem a consistência física para se designarem, realmente, de placas.

¹⁵ Têm processos de produção semelhantes.

O DPMO é utilizado para calcular o desempenho das 4 linhas e é obtido através da seguinte fórmula:

$$\frac{N^{\circ} \text{ total de Defeitos}}{N^{\circ} \text{ total de OFD}} \times 1.000.000$$

Como referido no capítulo 2, o nº total de OFD é igual ao OFD de uma unidade multiplicado pelo nº total de unidades produzidas. No caso em estudo, o OFD de uma unidade foi considerado igual a 1, por se tratar de um produto muito simples, que não é constituído por partes.

Os resultados destas métricas foram calculados com os dados recolhidos nos meses de Março, Abril e Maio de 2014.

3.2.1.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO

O processo em análise inclui dois subprocessos, correspondentes às linhas de prensa e de acabamento, com 2 linhas cada um. Na Figura 15 encontra-se o *layout* da nave principal da *Sonae Indústria – P.C.D.M, SA*, onde é possível observar o fluxo das placas de MDF na linha de prensa 1 e 2 e na linha de acabamento 1 e 2, bem como o local do semi-acabado e da 2ª Escolha.

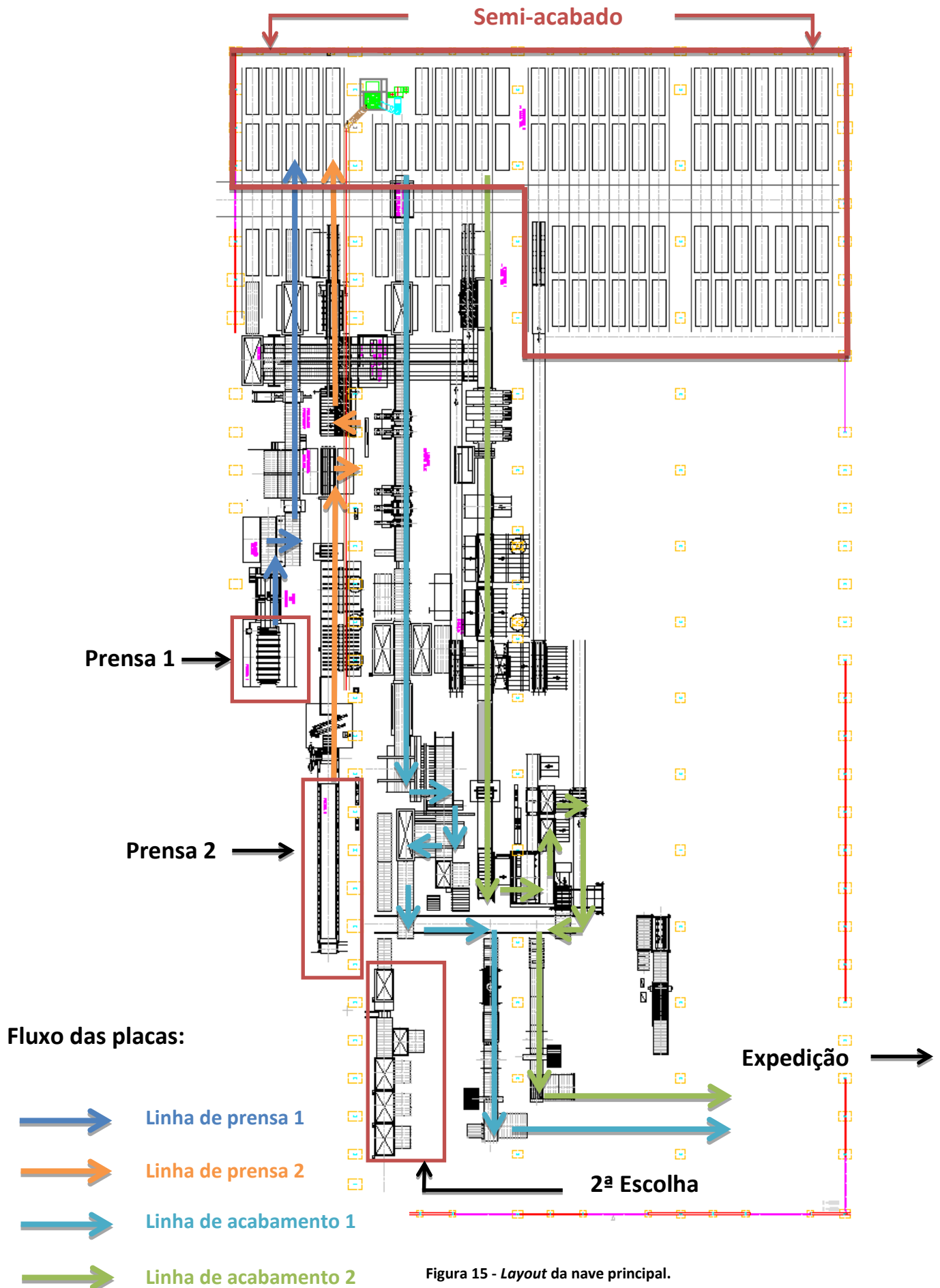


Figura 15 - Layout da nave principal.

As placas, depois de prensadas e paletizadas são transportadas para o armazém de semi-acabado por um transportador (*Luki*), onde permanecem no mínimo 24h, para se realizarem testes de qualidade, caso sejam necessários, e, principalmente, para as propriedades do material atingirem as condições pretendidas. Este armazém é, portanto, uma secção intermediária entre as linhas de prensa e acabamento. De seguida, são apresentados os mapas dos processos existentes nestas linhas, e os respetivos *layouts*.

(1) Linha 1 (prensa e acabamento)

Após prensadas, as placas na linha 1 passam pelo pré-corte transversal e longitudinal, por um arrefecedor de 360°, por uma pré-calibradora, e, no final, pela paletização. São depois transportadas pelo *Luki* até ao armazém de semi-acabado. De seguida, nas Figuras 16 e 17 é possível observar as vistas de cima e lateral desta secção.

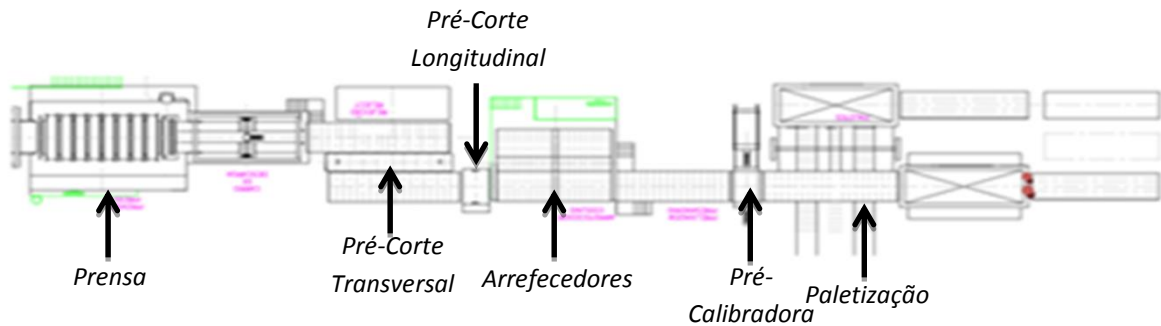


Figura 16 - Vista de cima da linha de prensa 1.

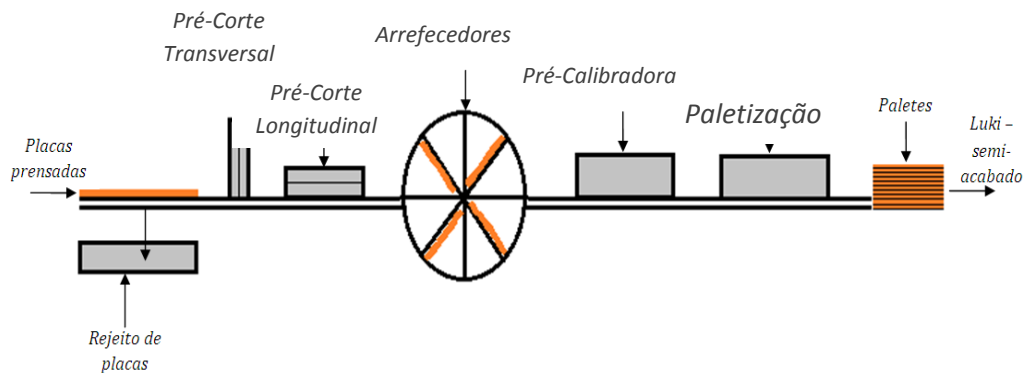


Figura 17 - Vista lateral da linha de prensa 1.

No acabamento 1, as placas são despaletizadas e, de seguida, passam por um conjunto de lixas calibradoras e lixadoras, pela sala de inspeção visual, e pela

formação de *books*¹⁶ que alimentam o corte longitudinal e transversal. Por fim, os painéis¹⁷ são paletizados e enviados para a embalagem. O *layout* desta secção é evidenciado na Figura 18.

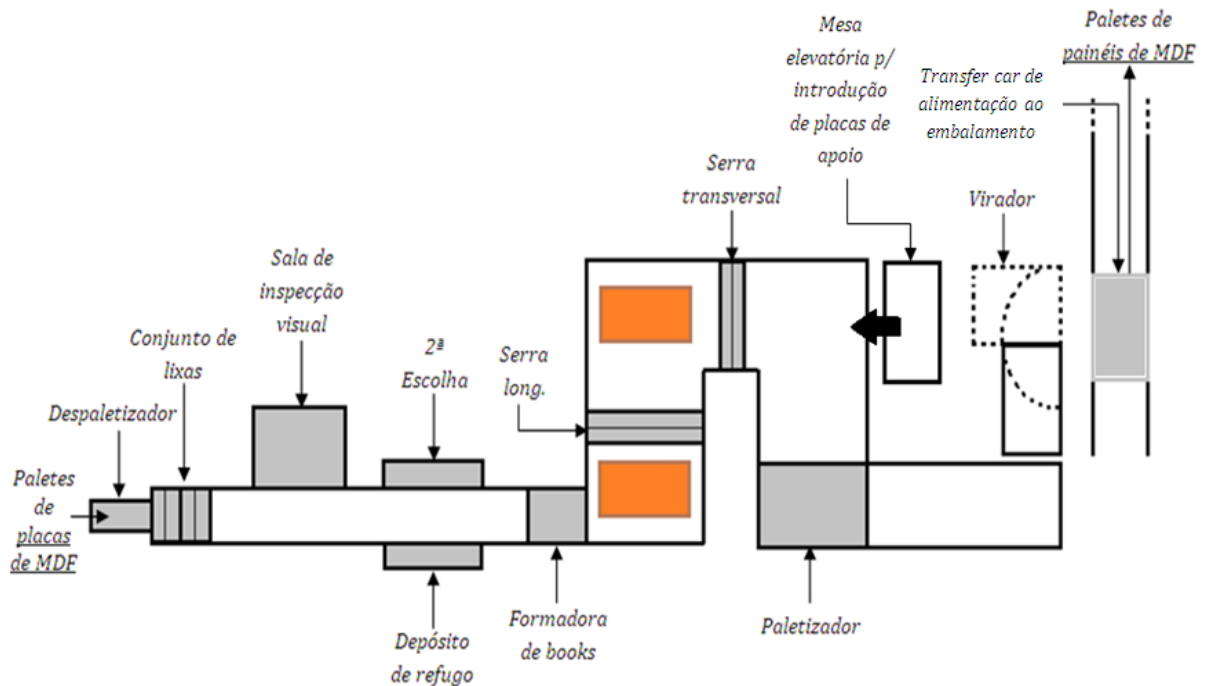


Figura 18 - Vista de cima da linha de acabamento 1.

O fluxo da linha 1 (prensa e acabamento) pode ser sumarizado da seguinte maneira:

Prensa → Pré-Corte Transversal e Longitudinal → Pré-Calibradora → Paletização → *Luki* → **Semi-Acabado** → *Luki* → **Acabamento** → Despaletização → Calibradora e Lixadora → Sala de 1ª Escolha → Formação de *books* → Corte Longitudinal → Corte Transversal → Paletização → Embalagem

(2) Linha 2 (prensa e acabamento)

Já na linha 2, a seguir à prensa, as placas passam pelo pré-corte transversal, por dois arrefecedores de 180°, pelo pré-corte longitudinal, pela formação de *books*, pela

¹⁶ Conjunto de placas paletizadas mais pequeno do que uma paleta.

¹⁷ Placas depois de cortadas.

paletização e são depois transportadas pelo *Luki* até ao armazém de semi-acabado. É possível observar as vistas de cima e lateral desta linha nas Figuras 19 e 20.

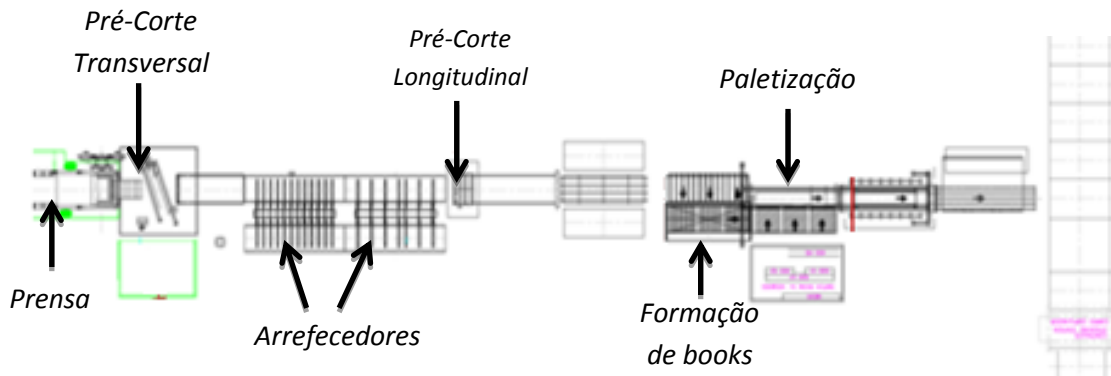


Figura 19 - Vista de cima da linha de prensa 2.

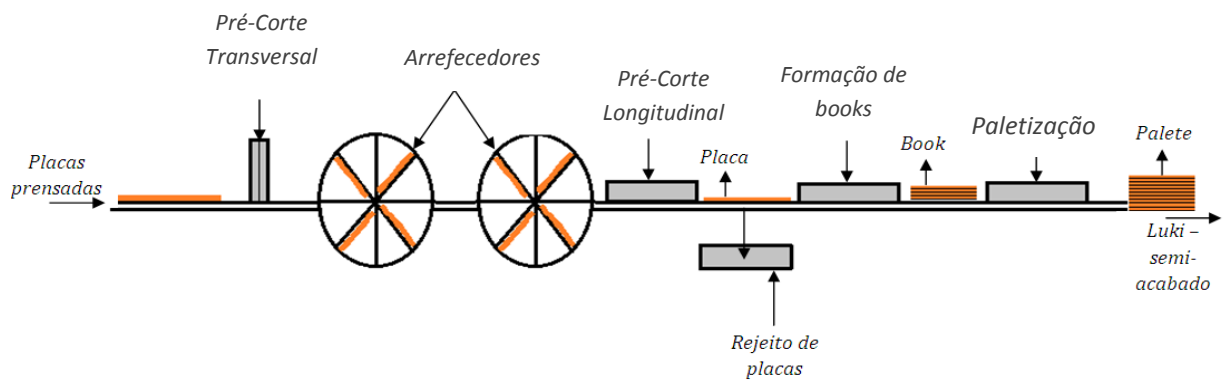


Figura 20 - Vista lateral da linha de prensa 2.

No acabamento 2, as placas, depois de despaletizadas e introduzidas na linha, seguem um fluxo semelhante ao do acabamento 1. Na Figura 21 encontra-se a vista de cima desta secção.

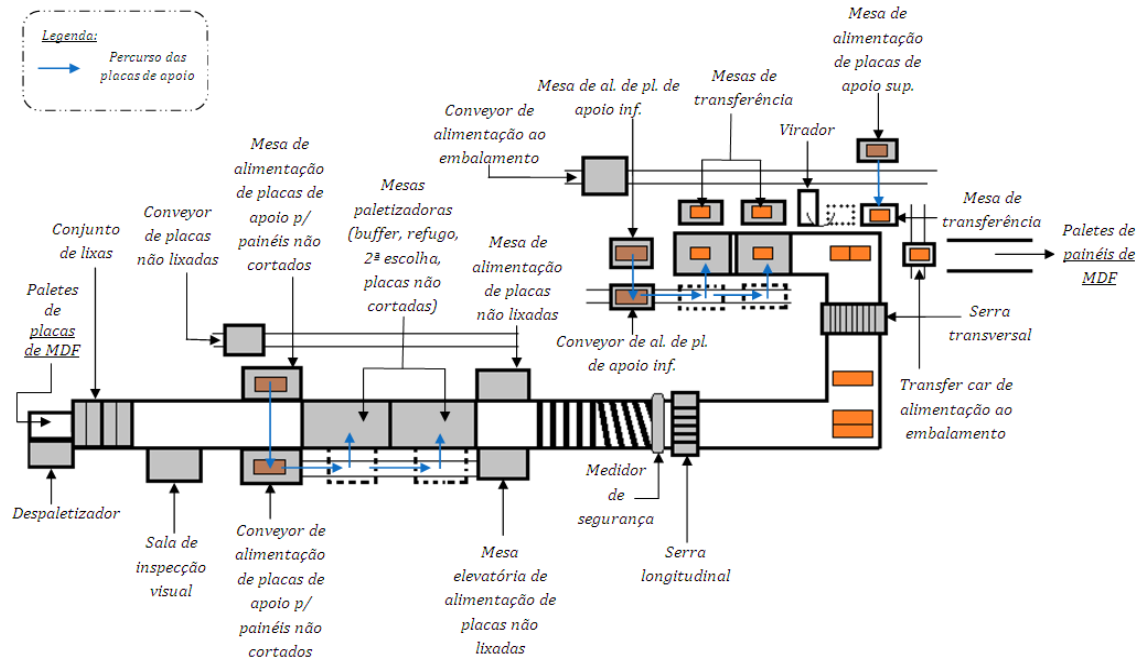


Figura 21 - Vista de cima da linha de acabamento 2.

Para a linha 2 (prensa e acabamento), o fluxo das placas pode ser sintetizado da seguinte maneira:

Prensa → Pré-Corte Transversal → Arrefecedores → Pré-Corte Longitudinal → Formação de *books* → Paletização → *Luki* → **Semi-Acabado** → *Luki* → **Acabamento** → Despaletização → Calibradora e Lixadora → Sala de 1ª Escolha → Corte Longitudinal → Formação de *books* → Corte Transversal → Paletização → Embalagem

Na Figura 22 é apresentado o fluxograma correspondente ao fluxo das placas de MDF ao longo de todo o processo de produção.

3.2.1.2 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

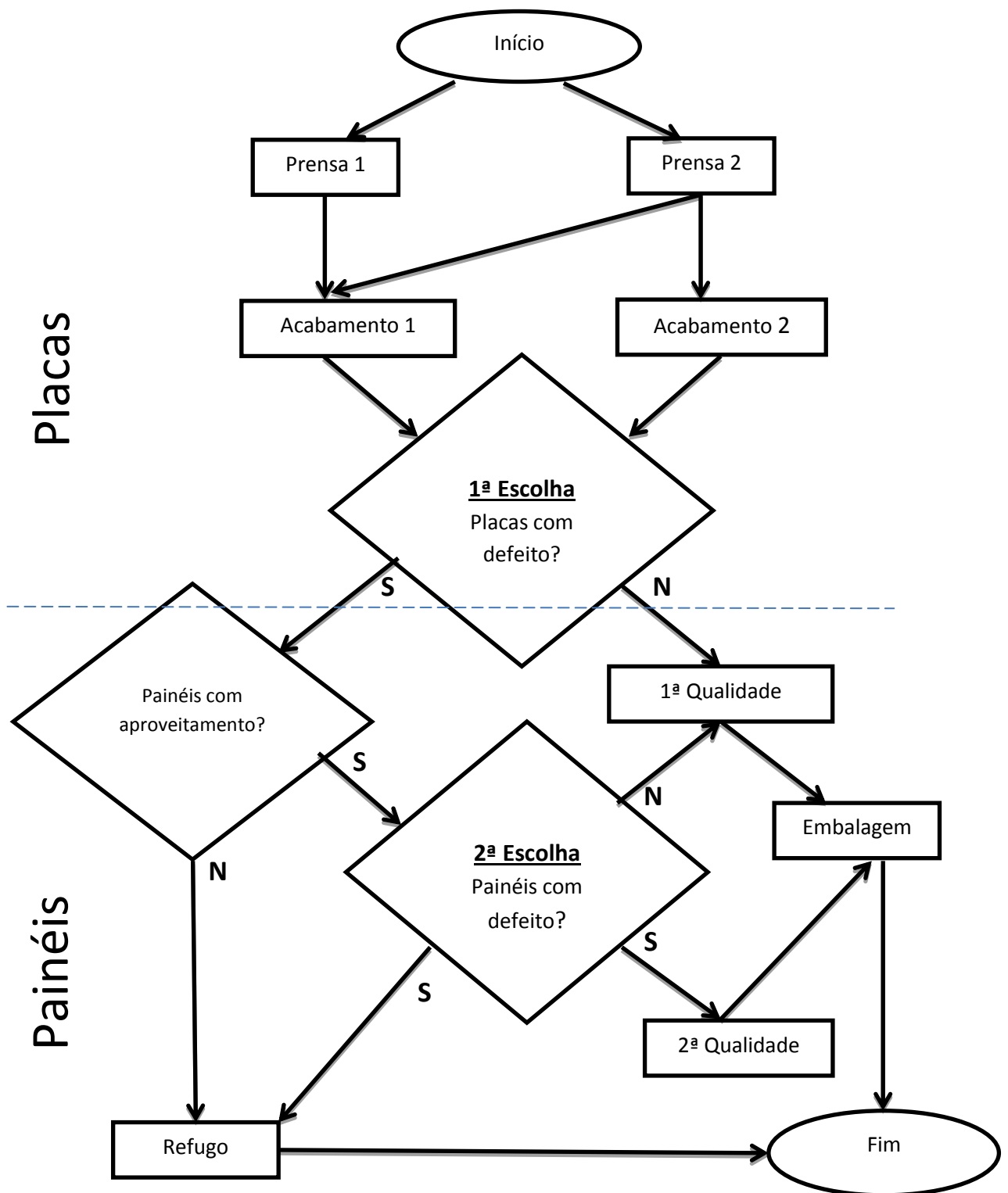


Figura 22 - Fluxo das placas de MDF.

É de salientar que o processo tem 2 momentos de análise da conformidade do material. No 1º momento (1ª Escolha) decide-se se o material é de 1ª qualidade (segue para a embalagem), se tem de ser novamente analisado num 2º momento (2ª escolha), ou se não tem aproveitamento algum (refugo). Na 1ª Escolha as placas estão inteiras, e o facto de terem um canto partido, por exemplo, não implica que ao fim de cortada, parte da placa não tenha aproveitamento. Na 2ª Escolha as placas já estão cortadas e designam-se painéis.

Depois de compreendido o fluxo que as placas de MDF percorrem, pode indicar-se o Acabamento, ou mais concretamente o operador da 1ª Escolha, como o cliente do nosso projeto (um para cada linha). Este operador é o responsável por enviar as placas com Bordos Partidos para a 2ª Escolha, assinalando a não conformidade observada nos *templates* que serão apresentados mais à frente neste relatório.

3.2.2 FASE 2 – MEDIR

Medir é a segunda etapa do processo de melhoria DMAIC. De seguida, é apresentado o desenvolvimento do formulário, de recolha de dados, utilizado como suporte à implementação desta etapa. Através da utilização de métricas viradas para o produto (DPMO), e para o produto e para o processo (nível Sigma) é evidenciado o desempenho semanal das linhas de prensa e acabamento (1 e 2), calculado com base nos locais onde ocorreram BP. Estes locais foram identificados pelos operadores de 1ª Escolha, no *template* apresentado no subcapítulo 3.2.2.1.

3.2.2.1 DESENVOLVIMENTO DO FORMULÁRIO DE RECOLHA DE DADOS

Cada palete à saída da linha de prensa é acompanhada pela 'Folha de Palete' (folha A4 com as especificações do produto). Esta folha é colocada na lateral da palete correspondente e acompanha-a durante o período em que esta permanece em semi-acabado. Mais tarde, o operador do *Luki* alimenta os despaletizadores das linhas de acabamento e entrega estas folhas de palete ao operador da sala de 1ª Escolha.

Numa primeira fase, a partir de Janeiro de 2014, foi pedido aos operadores da sala de 1ª Escolha que anotassem nestas folhas o local e a causa dos BP identificados. Dados relativos aos locais e respetivas causas deste

The image shows a 'Folha de Palete' (pallet sheet) with handwritten notes and printed data. The handwritten notes include 'Paleta mal despaletizada na A' and 'Bordos Partidos' circled in blue. The printed data includes:

137 - Prensa I	MANGUALDE
Job Nr: 292381104	
Data: 25/01/2014 04:45	OPP: 58100026139
Turno: 3 Equipa: C	ID Lote: 5801504036
Artigo: ABOB120666	Mesa: 1 Qte: 38 (UN)
SONAEPAN PLC OVE NLX 7400X2500X18.0	
7400 X 2500 X 18	
57	ST - / - 00 - NLX/ Conforme 40 - *
 5801504036	

Figura 23 - Folha de palete.

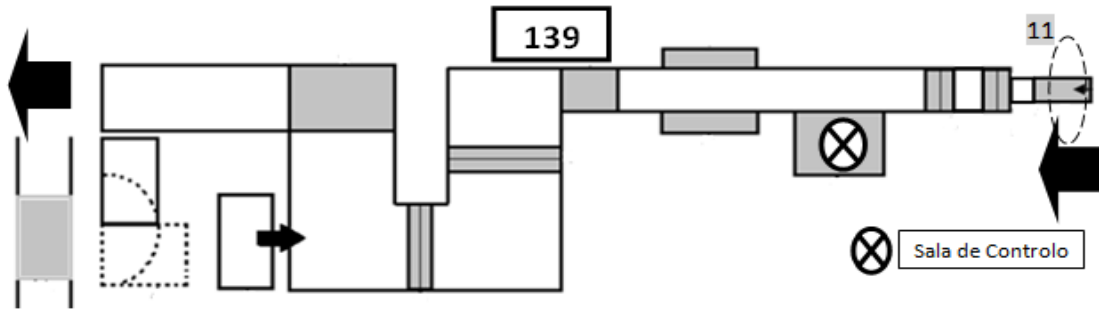
defeito não existiam até à data. Estava, assim, criada a primeira situação para a recolha de dados, que mais tarde foi objeto de melhoria. A situação inicial é apresentada na Figura 23. Estes dados alimentaram a base de dados¹⁸ do material enviado para 2ª Escolha com defeito, o que foi permitindo uma análise e interpretação dos locais e causas críticos(as).

Nos meses de Janeiro e Fevereiro, para cerca de 50% dos Bordos Partidos, na linha de acabamento 1, e cerca de 25%, na linha de acabamento 2, não foram identificados os locais (ver Anexo 3). A dificuldade encontrada em analisar os dados recolhidos, nomeadamente quanto à precisão dos mesmos¹⁹, ao longo do mês de Janeiro e parte do mês de Fevereiro, levou a pensar numa forma mais fácil de recolha de dados, tanto do ponto de vista do operador, que tem que os anotar, como do ponto de vista da análise dos mesmos. A nova solução para anotar os locais e as causas passou por se alimentar a impressora do Semi-Acabado (impressora à saída da linha de prensa que imprime as folhas de palete), com o formulário, de recolha de dados, já impresso. As folhas de palete passaram, então, e a partir do dia 25 de Fevereiro de 2014, a ter no seu verso o *template* apresentado na Figura 24.

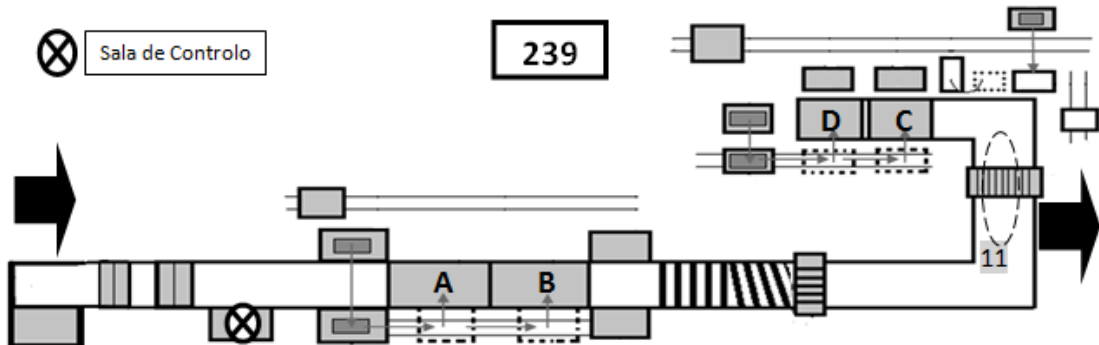
¹⁸ No Anexo 2 encontram-se, para efeito ilustrativo, um excerto da base de dados.

¹⁹ É difícil para o operador da sala de 1ª Escolha indicar, por escrito, onde as placas se partiram exatamente e porquê.

Melhoria Contínua – Recolha de dados



	Bordos Partidos	Paragem Lixadeira	Deficiente Lixagem	Erro Corte	Nº PLACAS	CAUSA – PORQUÊ QUE ESTE DEFEITO ACONTECEU?
11 Ex.	X				III	!EXEMPLO! Palete mal posicionada !EXEMPLO!
1						
2						
3						
4						



	Bordos Partidos	Paragem Lixadeira	Deficiente Lixagem	Erro Corte	Nº PLACAS	CAUSA – PORQUÊ QUE ESTE DEFEITO ACONTECEU?
11 Ex.				X	III	!EXEMPLO! Parou Serra 3 !EXEMPLO!
1						
2						
3						
4						

Figura 24 - Template utilizado para a recolha de dados.

Cada *template* contém o *layout* correspondente à linha de Acabamento, e o operador só necessita de anotar, nesse *layout*, o local onde o defeito ocorreu, o nº de placas com BP e a causa respetiva, caso a consiga identificar. Quando as placas já chegavam ao despaletizador partidas e não se conseguia identificar nem o local nem a causa, os operadores anotavam ‘Antes do Acabamento’. É de notar que este projeto é focado nos Bordos Partidos, mas foi feito ao mesmo tempo que se tentavam eliminar os defeitos de Paragem de Lixadeira, de Deficiente Lixagem e de Erro de Corte, uma vez que estes defeitos ocorrem, maioritariamente, na secção de Acabamento. Esta é a razão pela qual estes defeitos aparecem no *template* apresentado na Figura 24.

Com este novo método de recolha de dados, nas folhas de palete, era crucial para este projeto que se eliminasse a maior perda de informação possível, de maneira a aumentar a quantidade de dados.

Esta recolha de informação sofria, no entanto, de algumas limitações:

1. Perda de informação:

1.1 Folhas que, eventualmente, se perdiam, por não estarem fixadas na palete correspondente, ou que podiam cair ao chão. Exemplos desta situação são evidenciados na Figura 25;



Figura 25 - Folhas mal colocadas na palete.

1.2 Folhas rasgadas – o operador do *Luki*, simplesmente, arrancava a folha da palete, rasgando-a. É possível observar exemplos desta situação nos exemplos da Figura 26;



Figura 26 - Folhas rasgadas.

- Sobreesforço dos operadores** – o operador era obrigado a levantar várias placas para poder colocar a folha na palete correspondente. No exemplo da Figura 27, o operador para colocar a folha teve de levantar 3 placas, com 19mm de espessura, 6,5 metros de comprimento, e 2,44 metros de largura.



Figura 27 - Sobreesforço dos operadores.

Para ultrapassar estas limitações, foi pensada uma maneira mais simples e que exigisse menos esforço para o operador, procurando também que a mesma evitasse a eliminação de grande parte da perda de informação existente. Essa solução passou por recorrer ao uso de pioneses para fixar a folha de palete na lateral da palete²⁰, como ilustrado na Figura 28. Nas placas de espessura baixa, o pionés é colocado entre placas, enquanto, nas de espessura alta, é colocado no meio da lateral da placa.



Figura 28 - Uso de pioneses para fixar a folha de palete.

Desta maneira, também foi possível uniformizar o armazém do Semi-Acabado, como ilustrado na Figura 29.

²⁰ Solução implementada a partir do dia 7 de Março de 2014.



Figura 29 - Uniformização do semi-acabado.

A utilização deste novo *template* para a recolha de dados permitiu que os locais não identificados diminuíssem cerca de 80% e 50% no acabamento 1 e 2, respetivamente, de Fevereiro para Março. As causas não identificadas diminuíram cerca de 7,3% no acabamento 1 e aumentaram cerca de 6,0% no acabamento 2, respetivamente, de Fevereiro para Março. Concluiu-se, portanto, que este novo método de recolha de dados é, globalmente, melhor e mais eficaz. Os gráficos correspondentes a estes dados encontram-se no Anexo 4.

Através deste *template*, a recolha de dados relativos aos locais onde as placas se partiram e porquê, alimentou a base de dados com informação mais útil e crucial para o desenvolvimento do projeto.

3.2.2.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO (DPMO E NÍVEL SIGMA)

De seguida, são apresentados os gráficos com o DPMO e o Nível Sigma semanais, referentes às quatro secções analisadas: linha de prensa 1 e 2, linha de acabamento 1 e 2.

Estes dados são baseados nos locais e causas identificados pelos operadores da sala de 1ª Escolha, entre o dia 01/03/2014 e o dia 30/05/2014²¹. Nos gráficos das Figuras 30 e 31 estão representados os valores semanais de DPMO e Nível Sigma calculados durante este período.

²¹ 13 semanas.

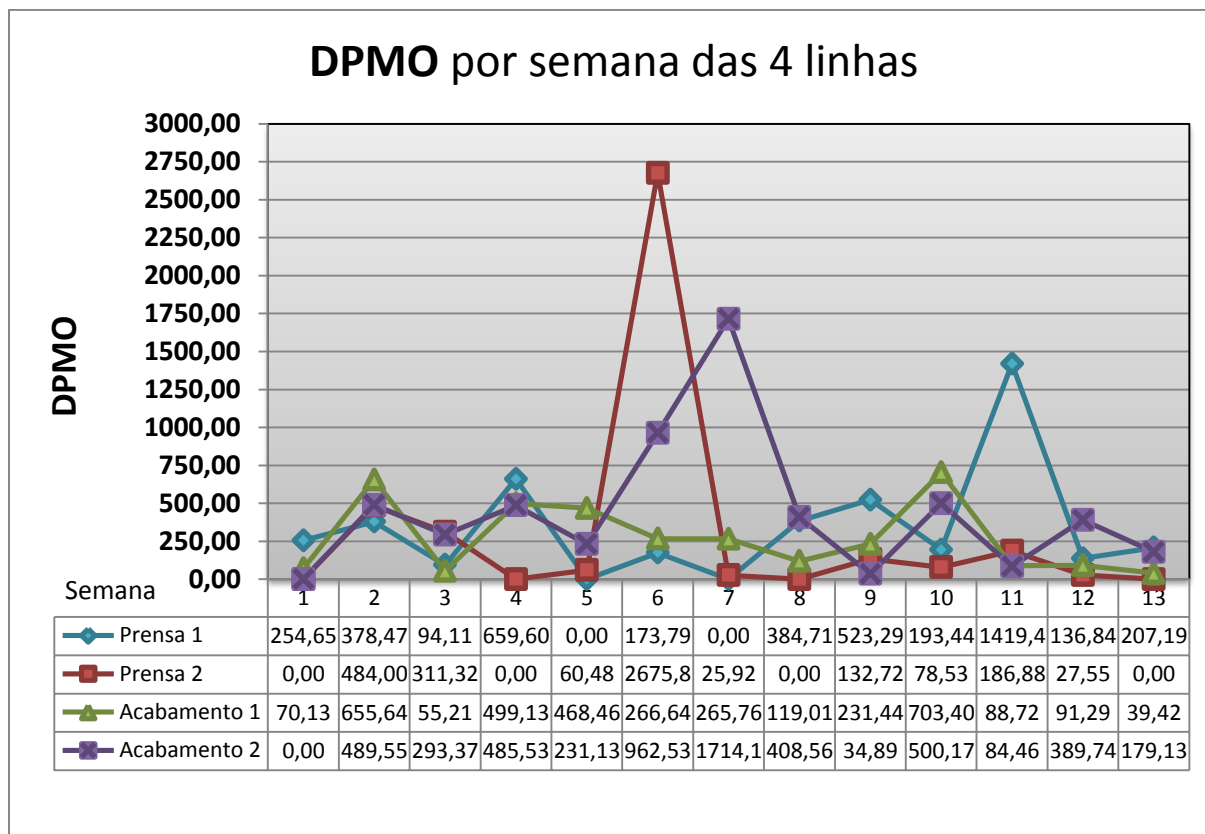


Figura 30 - DPMO semanal das 4 linhas.

O valor médio de DPMO encontrado foi de 340,43 para a linha de prensa 1; 306,41 para a linha de prensa 2; 273,40 para a linha de acabamento 1; e 444,10 para a linha de acabamento 2.

O valor médio de DPMO para as 4 linhas foi de 341,09. O limite superior e inferior foi de 2675,85 e 0,00, respetivamente.

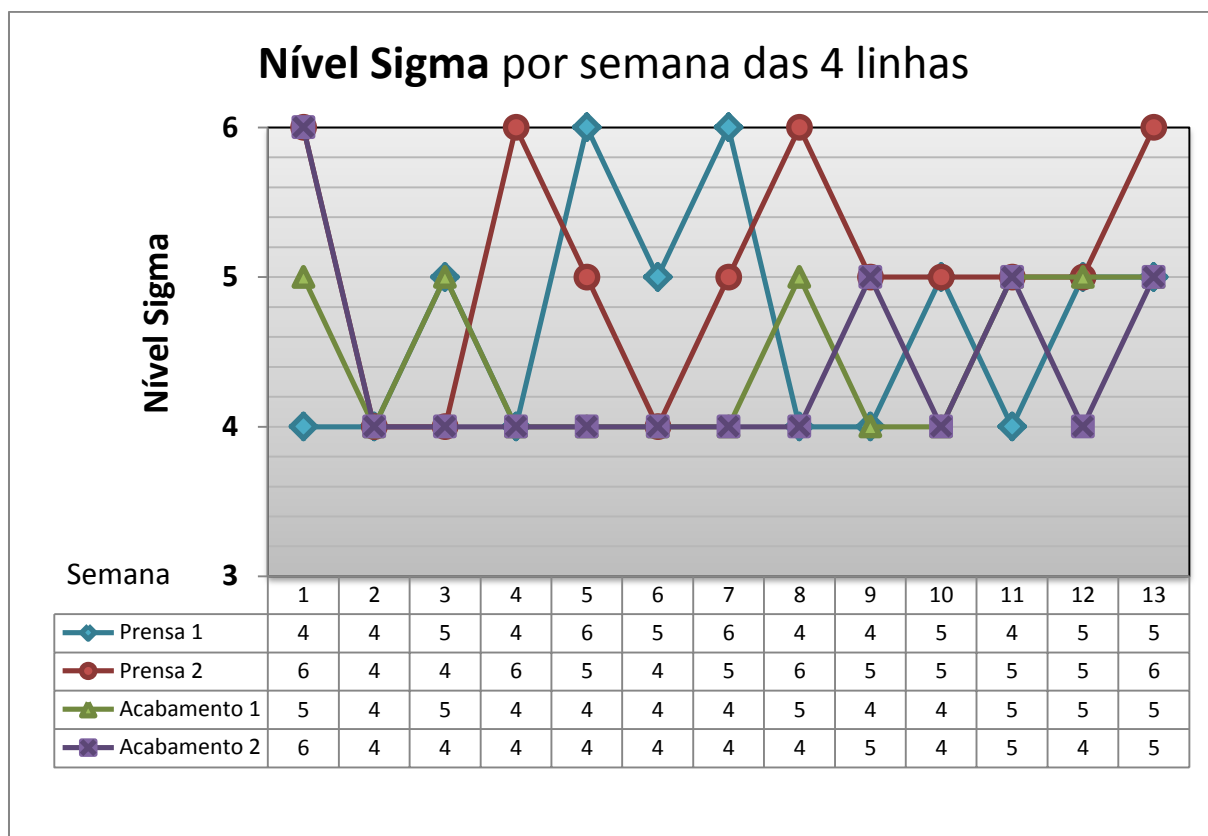


Figura 31 - Nível Sigma semanal das 4 linhas.

Por sua vez, o valor médio encontrado do nível Sigma foi de 4,7 para a linha de prensa 1; 5,1 para a linha de prensa 2; 4,5 para a linha de acabamento 1; e 4,4 para a linha de acabamento 2.

O valor médio do nível Sigma nas 4 linhas foi de 4,7. O limite superior e inferior foi de 6,0 e 4,0, respetivamente.

Os valores encontrados ao longo da recolha de dados devem ser utilizados para comparar o desempenho das 4 linhas, após implementadas as melhorias, apresentadas em 3.2.4, encontram-se, ainda, no Anexo 5 os gráficos com o DPMO e o nível Sigma, correspondentes a cada linha.

3.2.3 FASE 3 – ANALISAR

Na fase **Analisar**, em primeiro lugar, foi avaliada a influência que as dimensões de uma placa (comprimento, largura e espessura) podem ter na frequência com que o defeito Bordos Partidos pode ocorrer.

Em segundo lugar, foram analisados os dados sobre os locais que os operadores de 1ª Escolha identificaram como tendo sido aqueles em que ocorreram BP, tendo-se procurado perceber o porquê da sua ocorrência.

3.2.3.1 DIMENSÃO DA PLACA VS. OCORRÊNCIA DE BORDOS PARTIDOS

Foi feito um estudo para avaliar a influência da dimensão das placas de MDF (comprimento, largura e espessura) na ocorrência do defeito Bordos Partidos, que os operadores de 1ª Escolha identificaram²² e enviaram para 2ª Escolha. Para esta análise recorreu-se à construção de diagramas de dispersão para as 4 linhas, com os dados recolhidos nos meses de Março, Abril e Maio, de 2014, excluindo aqueles para os quais não tinha sido identificado o local de ocorrência do defeito. Foi, também, feita uma análise de regressão simples para cada situação particular: Bordos Partidos em função do comprimento, largura e espessura das placas, para cada uma das quatro linhas em análise. Os resultados obtidos com este estudo são apresentados no Anexo 6.

De maneira geral, apesar da correlação fraca, quanto maior o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP, excetuando o caso da linha de prensa 1. Nesta linha, quanto menor for o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP (correlação forte). Nas 4 linhas, apesar da correlação fraca, quanto maior a largura e menor a espessura, maior a tendência para ocorrer BP. Pode, portanto, concluir-se que a dimensão das placas tem alguma influência na ocorrência do defeito em estudo.

3.2.3.2 LOCAIS E CAUSAS IDENTIFICADOS(AS)

De seguida, são apresentados os resultados obtidos, através da recolha de dados, relativamente aos locais de ocorrência de BP, bem como às possíveis causas para este defeito. Estes dados foram recolhidos pelos operadores de 1ª Escolha, nos meses de Março, Abril e Maio, de 2014. A análise dos dados recolhidos é apresentada em dois gráficos de barras, um por cada linha de Acabamento.

²² No *template* de recolha de dados apresentado em 3.2.2.1.

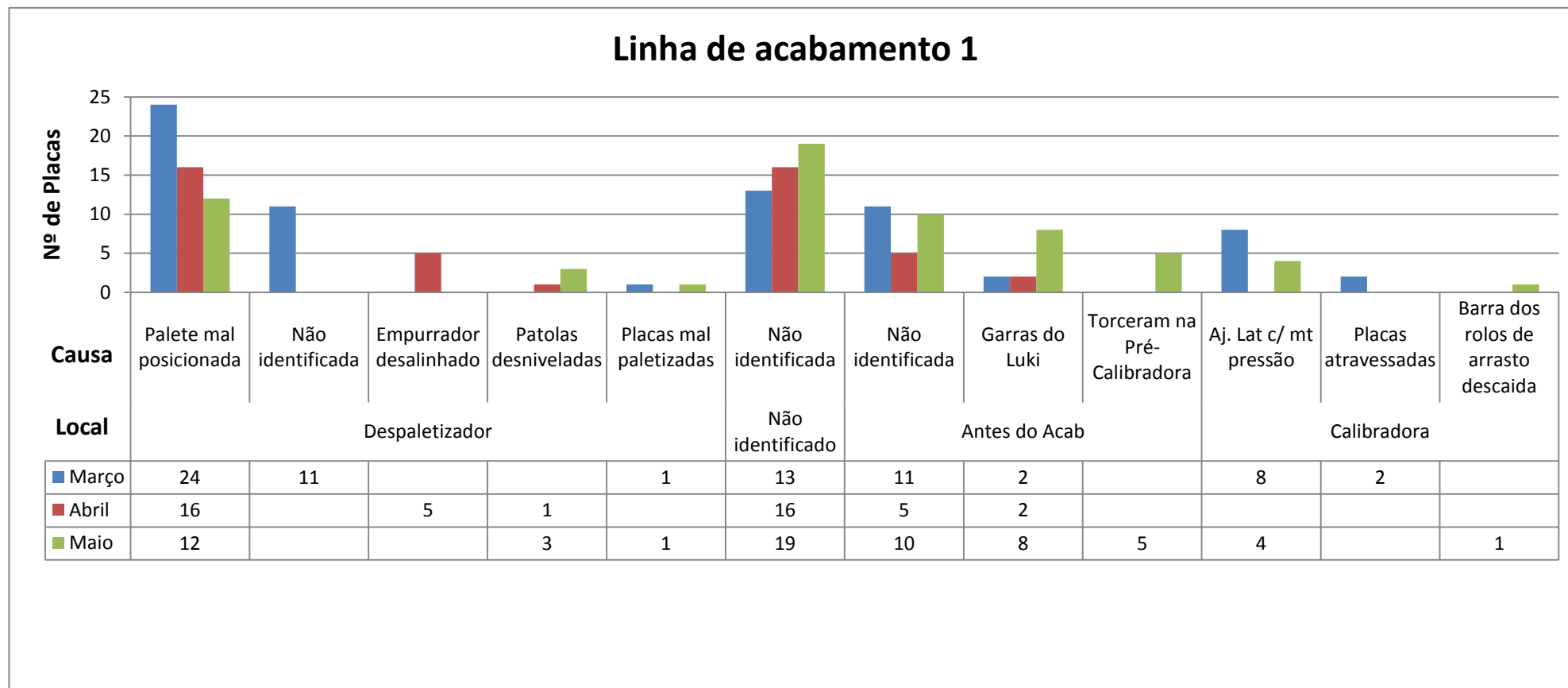


Figura 32 - Linha de acabamento 1 (local e causa).

No gráfico da Figura 32 estão ilustrados os locais onde ocorreram Bordos Partidos e respetivas causas, que os operadores da 1ª Escolha, do acabamento 1, identificaram nos meses de Março, Abril e Maio de 2014. Nestes 3 meses partiram-se 197 placas, das quais: 74 partiram no Despaletizador (37,6%); 48 não se identificou o local onde partiram (24,4%); 43 já chegaram partidas ao acabamento (21,8%); e 15 partiram na Calibradora (7,6%). Foram ocultados os dados relativos aos seguintes locais: Lixadora, Corte Transversal, Formação de *Books* e Embalagem, uma vez que no conjunto de todos estes locais apenas se partiram 17 placas no total (8,6%).

Dos locais identificados, podemos constatar que os mais críticos desta linha são, indiscutivelmente, o despaletizador e antes do acabamento (122 placas com BP, no total).

Cerca de 70% do material que foi enviado para 2ª Escolha pelo motivo dos BP no despaletizador, deveu-se a um mau posicionamento da paleta (52 placas). A despaletização dá-se com a ajuda de um empurrador que contém duas patolas, que empurra cada placa, longitudinalmente, para a linha, enquanto a mesa elevatória vai subindo. Antes de as placas entrarem completamente na estrutura da linha, são puxadas por uns *pinch-rolls*, 4 rolos que baixam (para prender a placa) e sobem através de ar comprimido. Portanto, se a paleta estiver desalinhada com a estrutura, a placa vai entrar torcida na linha, e os *pinch-rolls*, ao baixarem, prendem a placa, e esta segue a direção que já tinha na paleta, embatendo com a estrutura, sem se poder alinhar com a mesma, uma vez que está presa pelos *pinch-rolls*.

No despaletizador, a segunda causa com repetibilidade, correspondente a cerca de 5,4% do material enviado para 2ª Escolha por Bordos Partidos, tem a ver com o facto de as patolas estarem desniveladas (4 placas). Cada patola tem um batente²³ com duas posições (reguladas pelo operador de 1ª Escolha): uma para placas de espessura baixa e outra de espessura alta. Se a altura desse batente estiver regulada para espessuras baixas e estiver a empurrar placas com espessura alta, pode lascar a face superior da placa, no bordo transversal anterior. Caso esteja nivelada para espessuras altas, e estiver a despaletizar placas com espessura baixa, pode lascar as placas inferiores, no mesmo sítio que no caso anterior, ou até mesmo despaletizar mais do que uma placa.

Já nas placas com BP ocorridos antes do acabamento, para cerca de 60% não se identificaram as causas (26 placas), enquanto que para cerca de 30%, estes foram causados pelas garras do *Luki*. Estas garras podem, eventualmente, desalinhar-se e como resultado partir ou lascar as placas.

No Anexo 6 é apresentada uma tabela com os dados referidos anteriormente: número e percentagem de placas.

²³ Peça que encosta na placa para o empurrador a despaletizar.

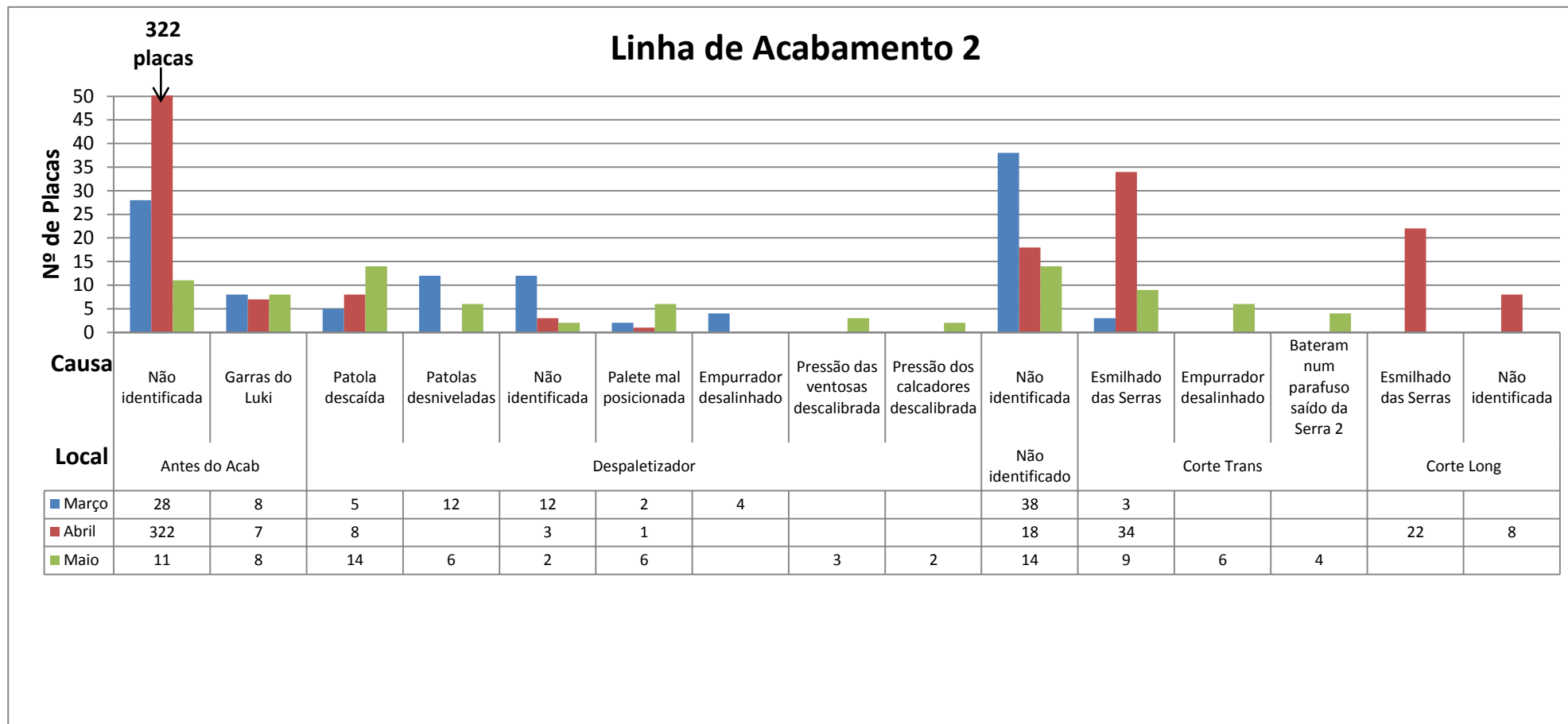


Figura 33 - Linha de acabamento 2 (local e causa).

Já no gráfico da Figura 33 estão representados os locais onde ocorreram Bordos Partidos e respetivas causas, que os operadores da 1ª Escolha, do acabamento 2, identificaram nos meses de Março, Abril e Maio, de 2014. Nestes 3 meses partiram-se 693 placas, das quais: 384 partiram antes do acabamento (55,4%); 80 no despaletizador (11,5%); 70 não se identificou o local (10,1%); 56 no Corte Transversal (8,1%); e 30 no Corte Longitudinal (4,3%). Foram ocultados os dados relativos aos seguintes locais: Mesa D, Lixadora, Mesa A, Mesa C, Formação de *books*, Despaletizador B e Embalagem, uma vez que na totalidade destes locais apenas se partiram 73 placas (10,6%).

Dos locais identificados, podemos constatar que os mais críticos desta linha são, indiscutivelmente, antes do acabamento e o despaletizador (464 placas com BP, no total).

Das placas com Bordos Partidos identificados antes do acabamento, para cerca de 94% não se identificou a causa, e para 6% a causa identificada foram as garras do *Luki* (361 e 23 placas). Tal como referido, anteriormente, se estas garras se desalinharem podem levar a que as placas partam ou lasquem.

Na linha 2 de acabamento, as placas são despaletizadas à semelhança da linha 1, à exceção das placas com espessura igual ou inferior a 6mm que são despaletizadas com ventosas. Nesta linha, ao contrário da linha 1 a despaletização é feita transversalmente.

No despaletizador, o segundo local crítico identificado, cerca de 34% e 23% das placas com BP ocorreram por causa de patolas descaídas ou desniveladas, respetivamente (27 e 18 placas). As patolas têm dois parafusos para nivelar a altura do batente. Algumas dessas patolas estavam desniveladas verticalmente, enquanto outras não tinham um dos parafusos reguladores da altura do batente. Devido a este problema as patolas podem torcer a placa aquando a sua despaletização e, eventualmente, partir um canto das mesmas, ao colidirem com a estrutura.

Por último, foi identificada uma causa comum aos dois Cortes (longitudinal e transversal): 68 placas identificadas com bordos esmilhados das serras. As serras vão-se desgastando ao longo do tempo, e um corte imperfeito pode levar a que os bordos das placas se esmilhem.

No Anexo 6 é apresentada uma tabela com os dados referidos anteriormente: número e percentagem de placas.

3.2.4 FASE 4 – MELHORAR

Na fase **Melhorar** começou por se pensar num conjunto de ações de melhoria tendo em vista a análise feita na etapa anterior. De seguida, é apresentado um novo *template* para recolha de dados e algumas ideias de melhoria que foram discutidas com os operadores do acabamento. Estas ideias estão divididas em 3 secções: antes do acabamento (linha de

prensas 1 e 2), linha de acabamento 1 e linha de acabamento 2, e correspondem a uma tentativa de correção dos problemas encontrados através da análise realizada no capítulo 3.2.3.

3.2.4.1 IDEIAS DE MELHORIA PARA ANTES DO ACABAMENTO

NOVO TEMPLATE PARA RECOLHA DE DADOS

Após a análise dos dados dos meses de Março, Abril e Maio, verificou-se que para cerca de 13% e 52% das placas com BP antes do acabamento que passaram, respetivamente, na linha de acabamento 1 e 2, não se identificaram as causas para a ocorrência deste defeito (26 e 361 placas). Esta constatação levou a uma nova alteração no método de recolha de dados. Uma vez que nos quatro primeiros meses de 2014 não houve um único caso em que os operadores identificassem mais do que dois defeitos por palete, reduziram-se as tabelas para duas linhas²⁴, ganhando espaço para recolher dados relativos aos BP provocados antes do acabamento. O **novο template** é apresentado na Figura 34.

²⁴ Antes com 5 linhas cada.

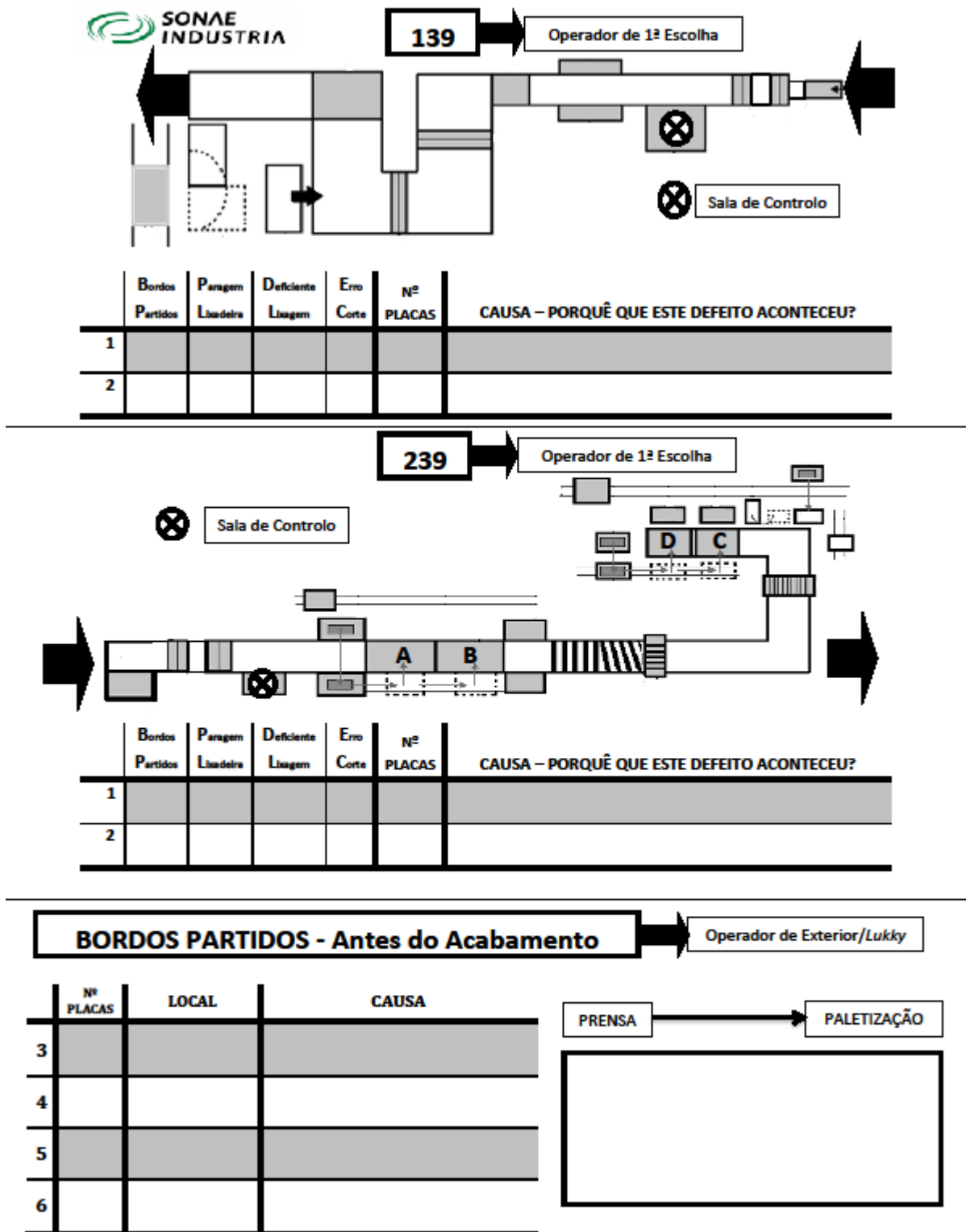


Figura 34 - Novo template para recolha de dados.

Este novo *template* permite aos operadores de exterior (da linha de prensa) e/ou ao operador do *Luki*, identificar, caso verifiquem a existência de Bordos Partidos, o número de placas, o local, a causa, e o sítio que partiu na própria placa (retângulo no canto inferior direito do *template*).

LUKI

Em ambas as linhas de acabamento os operadores identificaram as garras do *Luki* como uma causa responsável pela ocorrência de BP²⁵. Este problema pode acontecer devido ao desalinhamento das garras deste transportador. Se estiverem desalinhadas transversalmente as garras deste *conveyor* podem lascrar a parte inferior da última placa da palete, como ilustrado na Figura 35. Se estiverem desalinhadas vertical e transversalmente, como ilustrado na Figura 36, podem não agarrar bem na palete e, conseqüentemente, partir alguma placa.



Figura 35 - Exemplo de placa lascada das garras do *Luki*.



Figura 36 - Desalinhamento das garras do *Luki*.

²⁵ 27,9% e 6,0% das placas identificadas com BP antes do acabamento, na linha 1 e 2, respetivamente, deuse devido às garras do *Luki*.

Para este problema a ideia de melhoria passa por criar um **plano de manutenção para regular, sistematicamente, as garras do Luki**.

3.2.4.2 IDEIAS DE MELHORIA PARA A LINHA DE ACABAMENTO 1

DESPALETIZADOR - PALETE MAL POSICIONADA

O local mais crítico identificado nesta linha foi o despaletizador²⁶, principalmente, pelo facto de a paleta estar mal posicionada²⁷. Como referido, anteriormente, por causa deste facto a placa entra torcida na linha e pode, eventualmente, embater contra a estrutura da mesma. A pressão dos *pinch-rolls* dificulta o alinhamento da placa com a estrutura, provocando BP. A melhor solução passava por garantir que a placa já estivesse alinhada com a estrutura antes de ser despaletizada. Portanto, uma das ideias de melhoria mais viável seria **umentar a guia**, assinalada a contorno azul na Figura 37, tanto em comprimento como em altura (tracejado a amarelo na Figura 37), retirar-lhe a inclinação longitudinal, evidenciada a laranja na Figura 38, de maneira a ter o mesmo alinhamento que a linha (assinalado a vermelho na Figura 38), e por último conceber-lhe uma inclinação na parte inferior como as guias do despaletizador da linha de acabamento 2 (Figura 39). Esta nova guia garantia que a placa já estivesse alinhada com a estrutura antes de os *pinch-rolls* a prenderem, evitando que colida com a estrutura.

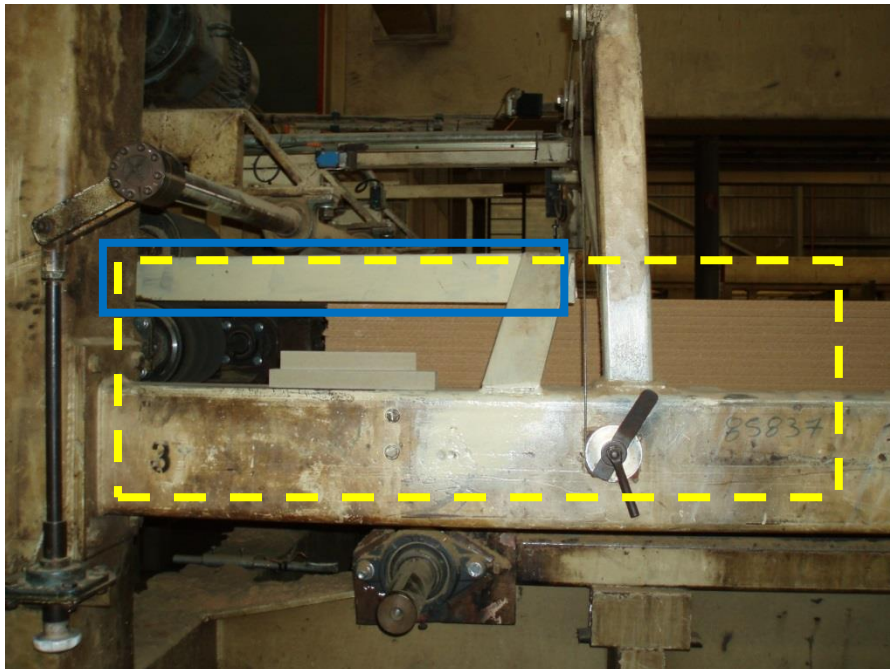


Figura 37 - Despaletizador, vista lateral.

²⁶ Cerca de 38% das placas enviadas para 2ª Escolha por BP, na linha 1, partiram no despaletizador.

²⁷ À volta de 70% das placas identificadas no despaletizador foi por a paleta estar mal posicionada.

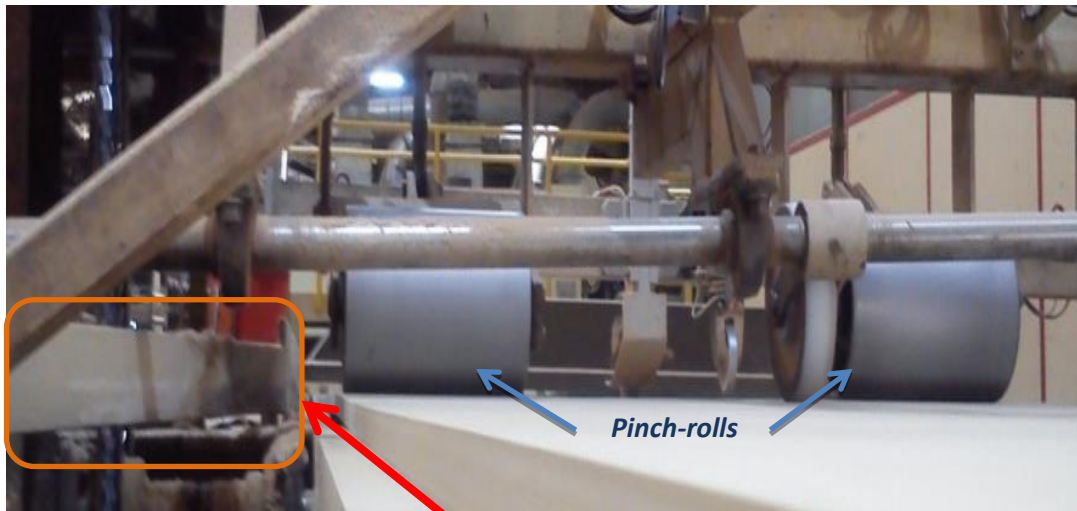


Figura 38 - Despaletizador, vista interior.



Figura 39 - Exemplo da inclinação da guia do despaletizador da linha de acabamento 2.

DESPALETIZADOR – PATOLAS DESNIVELADAS

Com menor influência, mas com repetibilidade, o facto de as patolas estarem desniveladas provocou BP em 4 placas, no despaletizador da linha 1 de acabamento²⁸. As patolas têm duas posições, para placas com espessura baixa e alta, e são ajustadas manualmente pelo operador de 1ª Escolha (ajuste ilustrado na Figura 40). Se estas estiverem mal ajustadas podem lascar as placas aquando a sua despaletização.

²⁸ Cerca de 5,4% das placas identificadas com BP neste local.

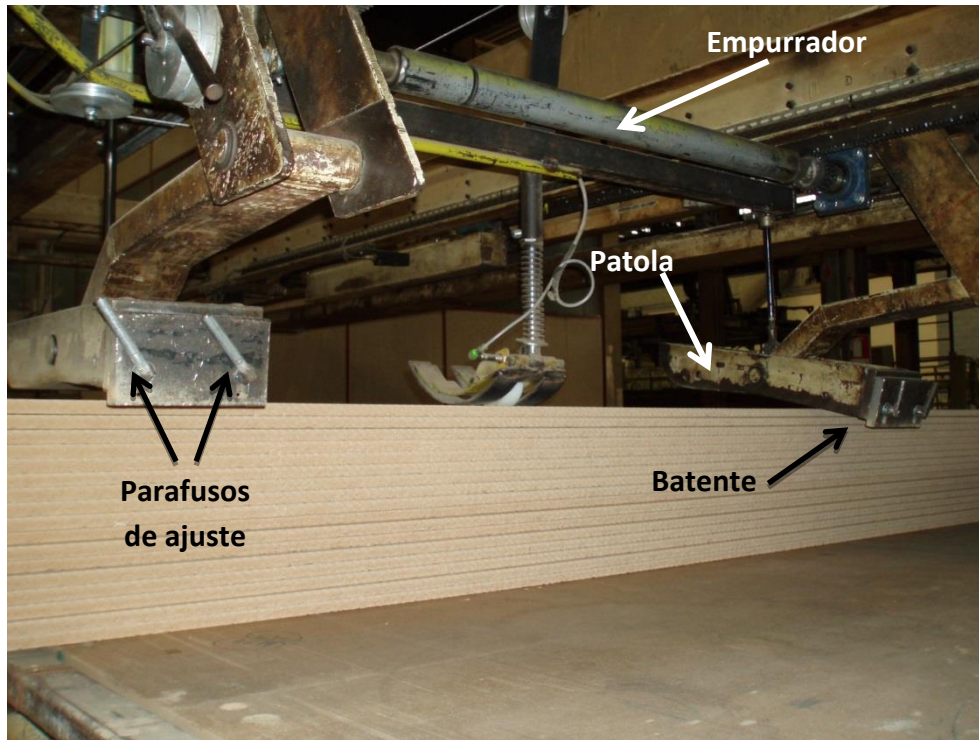


Figura 40 - Patolas do despaletizador da linha de acabamento 1.

A ideia de melhoria para este problema passa por criar um **plano de monitorização do ajuste das patolas**, e por sensibilizar os operadores para uma maior atenção quando se muda a produção de placas com espessura baixa para espessura alta, e vice-versa.

3.2.4.3 IDEIAS DE MELHORIA PARA A LINHA DE ACABAMENTO 2

DESPALETIZADOR – PATOLAS DESCAÍDAS E DESNIVELADAS

Na linha de acabamento 2, o despaletizador foi assinalado como um dos locais mais críticos que provocaram BP. Neste local as causas mais comuns foram as patolas descaídas e desniveladas.

À semelhança das patolas da linha de acabamento 1, estas também têm 2 parafusos para regular a altura dos batentes. Algumas delas não tinham um dos parafusos, como ilustrado na Figura 41, o que pode levar a que a patola descaia e lasque as placas ao empurrá-las.

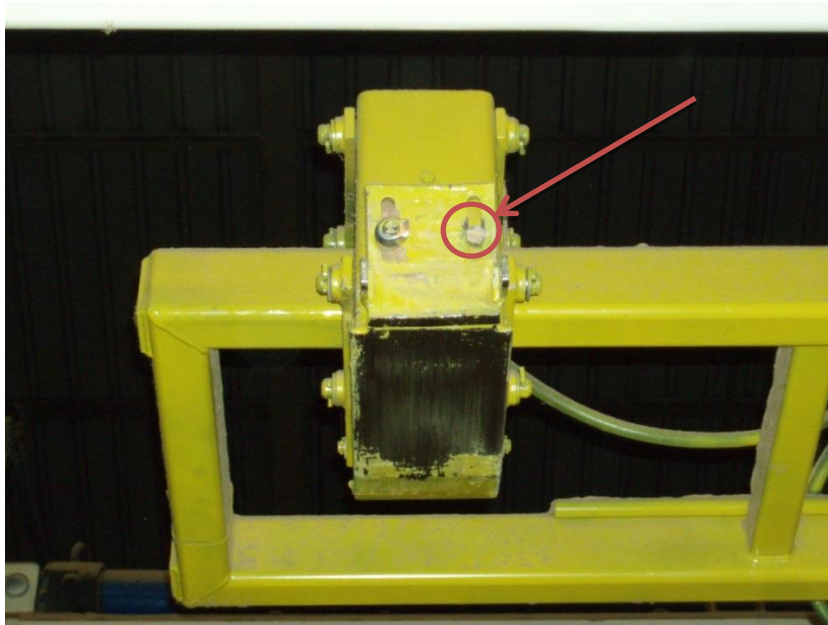


Figura 39 - Patolas do despaletizador da linha de acabamento 2.

No exemplo da Figura 41 o operador teria de utilizar, por exemplo, um alicate para apertar/desapertar os parafusos. Já o parafuso da patola, assinalado na Figura 42, é apertado e desapertado à mão, sem necessitar de qualquer ferramenta.

Outra causa identificada neste local é o facto de as patolas estarem verticalmente desniveladas, como se pode observar na Figura 42. Esta causa pode torcer a placa aquando a sua despaletização e parti-la ao colidir, com um canto, contra a estrutura.

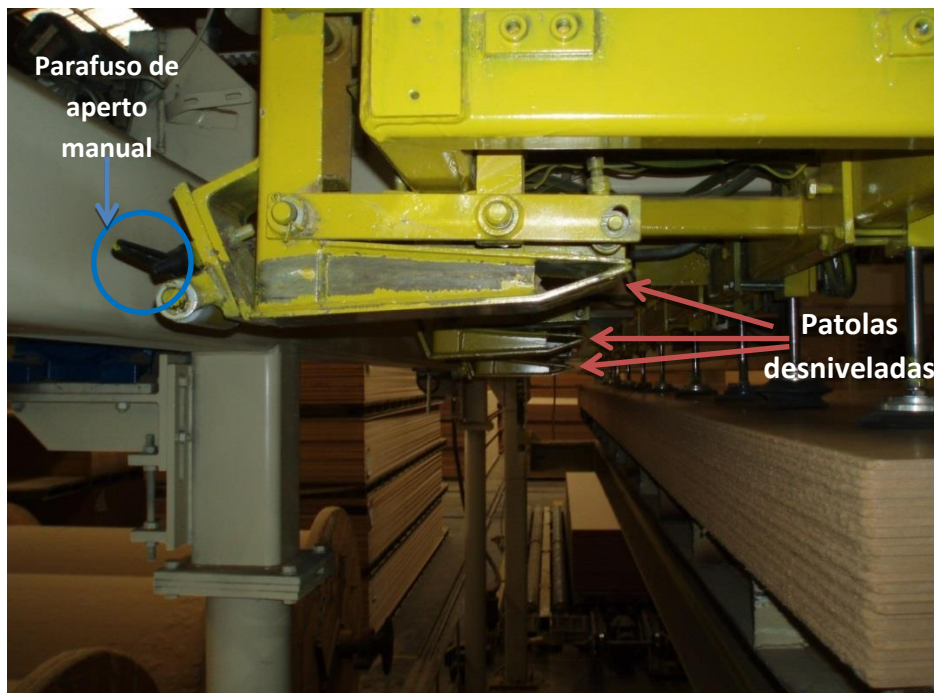


Figura 40 - Desnivelamento das patolas do despaletizador da linha de acabamento 2.

A ideia de solução para estes problemas passa por criar um **plano de manutenção das patolas**, garantindo que todas tivessem dois parafusos e que estivessem niveladas. Eventualmente, poderá ser considerada a substituição de todos os parafusos por uns de aperto manual, reduzindo o tempo de ajuste dos mesmos.

CORTE – ESMILHADO DAS SERRAS

Os últimos locais críticos identificados foram o Corte Longitudinal e Transversal, pelo facto de os discos das serras esmilharem as placas, devido ao desgaste dos mesmos. Para resolver este problema, a ideia de melhoria passa por considerar a **substituição dos atuais discos**, em que os dentes são de carboneto de tungsténio e duram em média 1 semana, por uns de maior durabilidade e melhor corte, como por exemplo discos com dentes de **diamante policristalino**, que duram em média 3 meses.

O projeto termina na fase Melhorar, e apenas na etapa de desenvolvimento de soluções de melhoria. As ideias seguiram para a etapa de validação para, mais tarde, serem implementadas.

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO

FUTURO

Numa tentativa de eliminar o defeito Bordos Partidos foi utilizada a metodologia DMAIC, a qual tem subjacentes princípios e conceitos de 6 Sigma e *Lean*, nomeadamente a identificação e eliminação de defeitos, que são um tipo de desperdício muito significativo. Este defeito foi o maior responsável pelo envio de material para 2ª Escolha, dos defeitos que podem ocorrer na secção de acabamento, no ano de 2013. Através da metodologia DMAIC foi possível identificar alguns dos locais críticos onde estes defeitos ocorreram, bem como as respetivas causas para os mesmos, informação que era inexistente antes do início do projecto, até ser implementado um método de recolha de dados. Estes dados, cruciais para o desenvolvimento do projeto, foram identificados pelos operadores de 1ª Escolha, nos meses de Março, Abril e Maio de 2014.

Os níveis de Sigma encontrados para as linhas de prensa 1 e 2 foram de 4,7 e 5,1, respetivamente, e para as linhas de acabamento 1 e 2 foram de 4,5 e 4,4, respetivamente. Estes valores devem ser utilizados para comparar com os níveis de sigma após implementadas as ideias de melhoria.

Da análise feita às placas enviadas para 2ª Escolha, devido à ocorrência de Bordos Partidos, no período em análise, concluiu-se que, de maneira geral, quanto maior o comprimento e a largura das placas, maior a tendência para ocorrer este defeito. Esta tendência será, também, tanto maior, quanto menor for a espessura das placas. A dimensão das placas tem, portanto, alguma influência na ocorrência de BP.

21,8% e 55,4% das placas enviadas para 2ª Escolha por BP, pelos operadores de 1ª Escolha da linha 1 e 2 de acabamento, respetivamente, foram identificadas como tendo partido antes do acabamento (não se conseguiu indicar o local exato, nem a causa). As garras do *Luki* foram responsáveis por 6,1%, na linha 1, e 15,2%, na linha 2, das placas enviadas para 2ª Escolha.

Na linha de acabamento 1, 37,6% das placas enviadas para 2ª Escolha por BP foram identificadas como tendo ocorrido no despaletizador. A principal causa assinalada foi o mau posicionamento da paleta (70,3%).

Na linha de acabamento 2, 11,5% das placas enviadas para 2ª Escolha por BP foram identificadas, também, no despaletizador. A principal causa assinalada foi o facto de as patolas estarem descaídas ou desniveladas (56,3%).

A falta de atribuição de uma equipa com formação em 6σ e que estivesse inserida numa estrutura organizacional intermédia e paralela à da organização, limitou o desenvolvimento do projeto, uma vez que estes são fatores cruciais para o sucesso dos

projetos 6 σ . Falhou, também, o envolvimento da gestão de topo no desenvolvimento do projeto, de maneira a torná-lo parte integrante da organização. Estes factores implicaram a não conclusão do projeto de melhoria DMAIC no tempo, habitualmente, alocado a projectos desta natureza. Ficou por terminar a fase Melhorar, quanto à validação e implementação das ideias, e por desenvolver a etapa Controlar. Esta última passava por garantir um desempenho consistente dos processos em estudo, e que os ganhos alcançados se mantivessem.

Se as ideias de melhoria forem implementadas será possível uma redução do material enviado para 2ª Escolha, devido à ocorrência de BP.

Por último, o autor considera que a aplicação da metodologia DMAIC é altamente recomendada para a redução, e consequente eliminação das causas responsáveis pelo envio de material para 2ª Escolha, quer na *Sonae Indústria – P.C.D.M., SA*, em Mangualde (Viseu), como nas restantes unidades fabris da *sub-holding Sonae Indústria*, produtoras de MDF. É uma metodologia eficaz na redução de desperdícios e da variabilidade dos processos.

BIBLIOGRAFIA

- Alizon, F., Shooter, S. B., Simpson, T. W. (2009): *Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization*. Design Studies 30 588 – 605. DOI:10.1016/j.destud.2009.03.003.
- Anbari, F. T. (2002): *Innovation, project management and 6 Sigma method*. Retrieved from: Rahim, M. A., Golembiewski, R. T. (2005): *Current topics in Management*. Vol 10, Eds. New Brunswick. NJ: Transaction Publishers. P. 101-116. ISBN 0-7658-0312-7.
- Asmita, S. J. (2012): *6 Sigma implementation using DMAIC approach*. IJCA Journal - Proceedings on International Conference in Computational Intelligence. ICCIA (4).
- Atmaca, E., Girenes, S. S. (2013): *Lean 6 Sigma methodology and application*. Qual Quant 47:2107–2127 DOI 10.1007/s11135-011-9645-4.
- Berggren, C. (1993): *Lean Production – The end of history?* Work Employment Society 7: 163. DOI: 10.1177/095001709372001.
- Blackstone, J. H. (2008). *American Production & Inventory Control Society, Incorporated - APICS Dictionary*. ISBN 1-55822-199-9. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=OC33OwAACAAJ>.
- Cheng, C., Chang, P. (2012): *Implementation of the Lean 6 Sigma framework in non-profit organizations: A case study*. Total Quality Management & Business Excellence, 23:3-4, 431-447, DOI: 10.1080/14783363.2012.663880.
- Coll, B., Donovan, J. (2013): *Introduction to Lean Sigma Quality*. Massive Open Online Course (MOOC), Institute of Technology Sligo, Sligo (Ireland).
- Deming, W. E. (1986): *Out of crisis*. MIT Press. Center for Advanced Engineering Study. Cambridge, MA.
- Drohomeretski, E., Costa, S. E. G., Lima, E. P., Garbuio, A. R. (2014): *Lean, 6 Sigma and Lean 6 Sigma – an analysis based on operations strategy*. International Journal of Production Research, 52:3, 804-824, DOI: 10.1080/00207543.2013.842015.
- Dumitrescu, C. D., Tent, I. D., Dumitrescu, E. C. I. (2010): *Lean 6 Sigma Principles*. Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium, Volume 21,

No. 1, ISBN 978-3-901509-73-5, Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria.

Furlan, A., Vinelli, A., Pont, G. D. (2011): *Complementarity and Lean Manufacturing Bundles – An Empirical Analysis*. International Journal of Operations & Production Management 31 (8): 835–850.

Holweg, M. (2007): *The genealogy of lean production*. Journal of Operations Management 25 420–437.

Kwak, Y. H., Anbari, F. T. (2006): *Benefits, obstacles, and future of 6 Sigma approach*. Technovation 26 708–715.

Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., Choo, A. S. (2003): *6 Sigma: a goal-theoretic perspective*. Journal of Operations Management 21 193–203.

Melton, T. (2005): *The benefits of Lean Manufacturing – What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. Chemical Engineering Research and Design, 83(A6): 662–673.

Nonthaleerak, P., Hendry, L. C. (2006): *6 Sigma – literature review and key future research areas*. Int. J. 6 Sigma and Competitive Advantage, Vol. 2, No. 2.

Ohno, T. (1988): *Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press. ISBN 0-915299-14-3. Retrieved from http://www.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=7_-67SshOy8C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Taiichi+Ohno,+1988,+Toyota+Production+System,+Productivity+Press&ots=YmZwzdAdy3&sig=ii_c5sq2O1s96OvHhPj9wSclmR8&redir_esc=y#v=onepage&q=Taiichi%20Ohno%2C%201988%2C%20Toyota%20Production%20System%2C%20Productivity%20Press&f=false.

Parast, M. (2011): *The effect of 6 Sigma projects on innovation and firm performance*. International Journal of Project Management 29 45–55.

Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., Choo, A. S. (2008): *6 Sigma – Definition and underlying theory*. Journal of Operations Management 26 536–554.

Smith, L. R. (2005): *Some thoughts about problem solving in a DMAIC framework*. Int. J. 6 Sigma and Competitive Advantage, Vol. 1, No. 2.

Snee, R. D. (2004): *Six-Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology*. Int. J. 6 Sigma and Competitive Advantage, Vol. 1, No. 1.

Sonae Indústria (2014): Apresentação da Sonae Indústria. Retrieved from <http://www.sonae-industria-tafisa.com/page.php?ctx=2,0,17>.

Toyota (2014): *History of Toyota – Chronology*. Retrieved from http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/.

Twain, M. (1906): *What Is Man? And Other Essays*.

Vinodh, S., Gautham, S.G., Ramiya, A. R. (2011): *Implementing lean sigma framework in an Indian automotive valves manufacturing organization – a case study*. Production Planning & Control: The Management of Operations, 22:7, 708-722

Vinodh, S., Kumar, S. V., Vimal, K. E. K. (2012): *Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organization*. Production Planning & Control: The Management of Operations. DOI:10.1080/09537287.2012.684726.

Wang, F. K., Chen, K. S. (2012): *Application of Lean 6 Sigma to a panel equipment manufacturer*. Total Quality Management & Business Excellence, 23:3-4, 417-429, DOI: 10.1080/14783363.2011.593876

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D., (1990): *The Machine that Changed the World – The Story of Lean Production*. HarperCollins Publishers, New York, USA. ISBN 978-0743299794.

ANEXOS

ANEXO 1 – MANUAL DE ACOLHIMENTO (SÍNTESE DO PROCESSO PRODUTIVO DE MDF)

Este documento resultou da primeira tarefa executada no início do estágio - uma síntese do processo produtivo de MDF.

SONAE INDÚSTRIA – P.C.D.M., SA (MANGUALDE) **MANUAL DE ACOLHIMENTO**

Abstract: Pretende-se fornecer, com este documento, uma breve explicação do processo produtivo de MDF, na unidade fabril de Mangualde, da *Sonae Indústria*. Ao ler este trabalho, desenvolverá noções de como a matéria-prima chega à fábrica, como é gerida, transformada e aplicada, bem como de grande parte dos processos de transformação existentes até à formação e expedição do produto final. Aconselha-se, indiscutivelmente, que a aprendizagem desta informação seja complementada com uma visita às instalações.

Introdução: Se houver stock disponível e material de embalagem, a encomenda será automaticamente confirmada para a data solicitada pelo cliente (interno ou externo), e, oportunamente, expedida. Caso contrário, dá-se início ao planeamento de produção. Neste processo é necessário agregar as encomendas em ordens de produção de prensa (OPP), corte (OPC) e acabamento (OPA). Nesta fase é também necessária a existência de matéria-prima suficiente (estilha, resina, parafina, nitrato de amónio, ureia, ignífugante). São, então, emitidos os planos de produção segundo as ordens de produção, e a disponibilidade dos recursos.

A matéria-prima mais importante é, indiscutivelmente, a madeira. Todo o seu fornecimento, em Portugal, é assegurado pela Direcção de Abastecimento de Madeiras (DAM). É determinada a quantidade necessária de madeira mediante o orçamento anual de produção de cada empresa. Daí, a DAM elabora um orçamento mensal de compras de matérias-primas lenhosas para o ano seguinte, sendo ainda realizada uma reunião mensal, com todos os intervenientes da DAM, para se certificarem que o abastecimento está a fazer face às necessidades da empresa.

A – RECEÇÃO DE MADEIRAS, PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ESTILHA

A madeira é recebida em forma de rolaria, falheiro/costaneiro ou estilha²⁹. Estas, por sua vez, chegam à unidade fabril por via rodoviária ou ferroviária³⁰. Toda a madeira recebida é direccionada para o parque de madeiras e depois submetida a testes de controlo de qualidade. A estilha, por sua vez, é direccionada para o respectivo armazenamento (silos ou pilhas).

²⁹ Estilha é a matéria-prima base que assegura a produção de MDF.

³⁰ A fábrica possui uma linha ferroviária com ligação à linha da Beira Alta.

Na recepção da matéria-prima, a rolaria e falheiro são avaliados quanto ao teor de humidade, diâmetro e aspecto visual³¹. À estilha é avaliado o teor de humidade, o aspecto visual e a quantidade de casca.

A madeira de pinheiro ou eucalipto com casca é enviada para o descascador³². Este aparelho funciona como uma tómbola gigante, com rotação axial, onde os rolos, ao colidirem uns com os outros e com as paredes do descascador, fazem com que a casca saia por completo. A respectiva casca e os resíduos sólidos são aproveitadas para a queima nas caldeiras. A madeira, agora sem casca, é enviada para o destroçador³³, onde se dá a produção de estilha através de um conjunto de lâminas que destroçam a madeira que, depois, é encaminhada para os respectivos silos. A sua produção consegue cobrir cerca de 60% da estilha necessária.

B – RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS QUÍMICOS

Para a formação do produto final é necessária a introdução de alguns componentes químicos. A emulsão de parafina é produzida e enviada pela fábrica de emulsões (FEM) e é armazenada em tanques. Esta confere uma resistência à água e permite uma redução do inchamento do MDF. Nos tanques de recepção da parafina é feita uma análise de 3 em 3 meses e determina-se a viscosidade, o teor de sólidos, a resistência ao cisalhamento e a densidade. A resina é comprada e armazenada em tanques. Aquando a sua recepção é feita uma avaliação visual do aspecto, determinada a viscosidade, o teor de sólidos e o pH. Após 15 dias da sua recepção é determinada a viscosidade, o pH e medida a temperatura, duas vezes por semana³⁴, nos tanques de armazenamento. Existem três grandes tipos de resina: **UF** (de ureia e formaldeído), **MUF** (de melamina³⁵, ureia e formaldeído) e **MDI**. A segunda é utilizada nos produtos hidrófagos (resistentes à humidade), a última é a menos utilizada, apenas para produtos especiais (é composta por produtos isocianatos e não contém ureia nem formaldeído), e a primeira é utilizada para todos os outros produtos. A solução de ureia é um captador de formaldeído. A solução de nitrato de amónio, que é um catalisador, serve para acelerar a reacção química do processo. É utilizado ainda o ignifugante para tornar a placa de MDF resistente ao fogo – ignition resistant. Também são usados pigmentos para identificar alguns tipos de produto e ainda um desmoldante³⁶ para melhorar as faces e acelerar o processo. Pigmento verde para os resistentes à humidade, vermelho para os resistentes ao fogo, e violeta para os sem formaldeído. Os dois primeiros são normalizados e o último é uma exigência de alguns clientes. Às resinas UF e MUF é-lhes adicionado a solução de nitrato de amónio e de ureia, o que lhes confere uma característica do produto MDF E1 (teor de formaldeído inferior a 8mg por cada 100g de MDF). A ureia, o nitrato de amónio, o ignifugante e os pigmentos vêm com um certificado de análise do fornecedor respectivo. Se os valores estiverem de acordo com as especificações, a matéria-prima é validada.

³¹ Avaliação visual do aspecto geral pelo operador da portaria e da grua.

³² Seguem do parque de madeira até ao descascador por uma tela rolante.

³³ Através de uma tela rolante.

³⁴ Uma vez por semana no período de Julho a Setembro.

³⁵ Esta confere uma resistência à humidade. Produtos hidrófagos (*moisture resistant*)

³⁶ É pulverizado por sprays na linha 2 (um ao pé da formadora e outro antes do 'nariz' de rejeitado).

C – CRIVAGEM E LAVAGEM DE ESTILHA³⁷

A estilha segue, agora, dos silos para um crivo³⁸, onde se escolhe dentro do tamanho pré-definido³⁹. Este crivo é composto por dois crivos de tamanhos diferentes. No crivo superior consegue-se seleccionar a estilha grossa. Esta é novamente destruída⁴⁰ para voltar a ser crivada, e avançar no processo. No crivo inferior retira-se a estilha demasiadamente fina, que é aproveitada para a queima das caldeiras. De seguida, a estilha passa por um tambor lavador/hidro-ciclone, onde se dá uma sedimentação parcial dos resíduos sólidos. Dois tanques auxiliam este processo: um de água e outro de sedimentação. Neste último há uma separação de resíduos por decantação. Esta água residual segue para tratamento na ETAR. O tanque de água vai alimentando o sistema à medida que vai sendo necessário. Mesmo antes de a estilha chegar à tremonha do processo seguinte passa por dois sem-fins, que possuem uma rede, de onde se consegue aproveitar parte da água que faz o transporte da estilha, desde a lavagem. Neste processo existe uma recirculação da água.

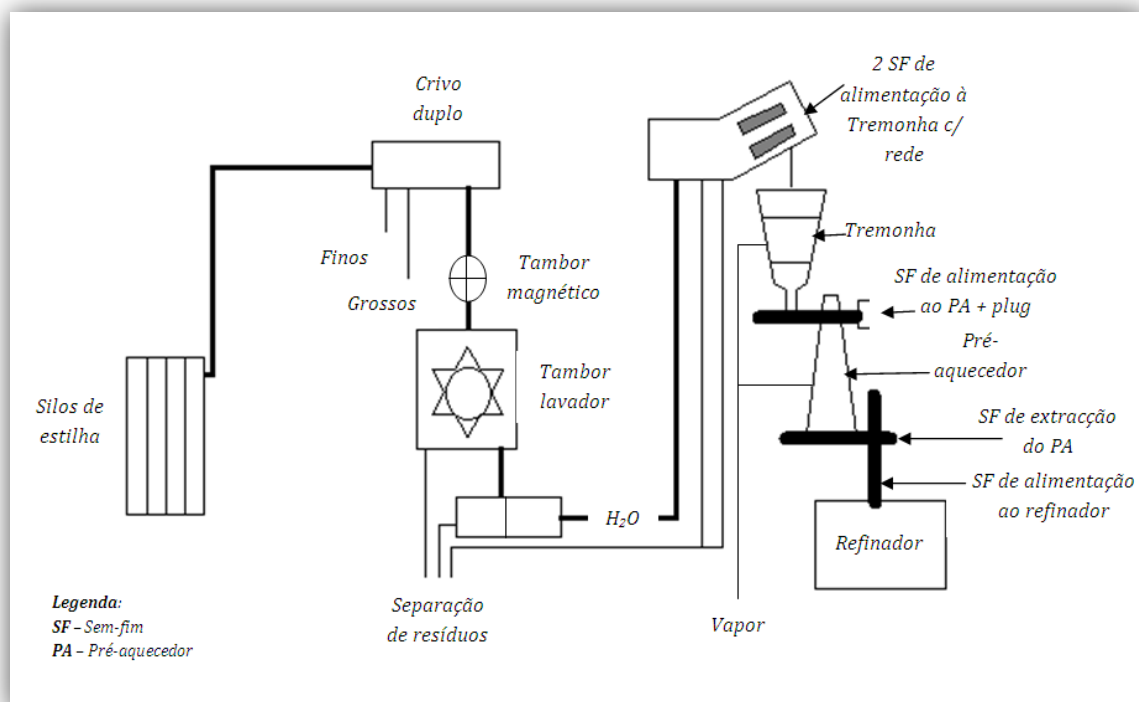


FIGURA 1 - CRIVAGEM E LAVAGEM DE ESTILHA

D – PRODUÇÃO DE FIBRA

³⁷ É aqui onde se dá a separação das duas linhas existentes.

³⁸ Um crivo duplo para cada linha.

³⁹ Classifiquemos em estilha: grossa, demasiadamente fina e fina. Esta última é a que segue para a lavagem.

⁴⁰ Actualmente feito por um serviço de *outsourcing*.

A estilha lavada segue depois para uma tremonha. Ali sofre um pré-aquecimento a vapor de baixa pressão, na ordem dos 0,5 bar, para estabilizar e homogeneizar a temperatura da estilha. De seguida, cai para um sem-fim onde se dá um processo de remoção da água existente, através da pressão mecânica entre o sem-fim e um cone metálico (*plug*⁴¹). A estilha é agora cozida, no pré-aquecedor, por vapor de média pressão, na ordem dos 8/9 bar. Este cozimento permite a desfibrção da madeira e, conseqüentemente, reduz o consumo do desfibrador. Tanto este vapor como o de baixa pressão provêm das caldeiras⁴². No fundo desse pré-aquecedor existe um agitador rotacional, que permite a distribuição uniforme da estilha para o primeiro sem-fim de extracção. A estilha é agora transportada deste sem-fim para outro, que a introduz no refinador. Este funciona com dois discos. Um deles está fixo e o outro tem rotação axial e também se pode mover horizontalmente. Esta deslocação horizontal altera a carga/consumo específico do refinador. Quanto maior o consumo específico, mais junto os pratos estarão, e mais fina a fibra será. Até atingir a carga pretendida (ou perto) a produção de fibra é desviada para um ciclone de arranque, através de uma diverter valve⁴³. Esta fibra é desviada para esse ciclone pois não possui ainda as propriedades pretendidas. No ciclone de arranque a fibra cai num bunker. Há ainda a possibilidade de introduzir uma pressão diferencial, directamente no refinador, o que reduz o consumo do mesmo. Quando se obtém o valor de consumo específico pretendido, são introduzidos os químicos⁴⁴ (soluções de ureia e nitrato de amónio, emulsões de parafina e pigmento), através de válvulas injectoras, no 2º sem-fim de extracção, e a diverter valve vira a distribuição de fibra para o processo de secagem. À saída do refinador é introduzida a resina e o ignifugante, no início da blow line⁴⁵. A fibra sai húmida do refinador, e segue agora por um processo de secagem.

⁴¹ Possui um pneumático para exercer pressão, existindo apenas na linha 2.

⁴² Uma caldeira para cada linha.

⁴³ Válvula que permite desviar a fibra para o exterior, para o ciclone de *start-up*.

⁴⁴ À excepção da resina.

⁴⁵ Tubagem responsável pelo transporte da fibra, por circulação de vapor.

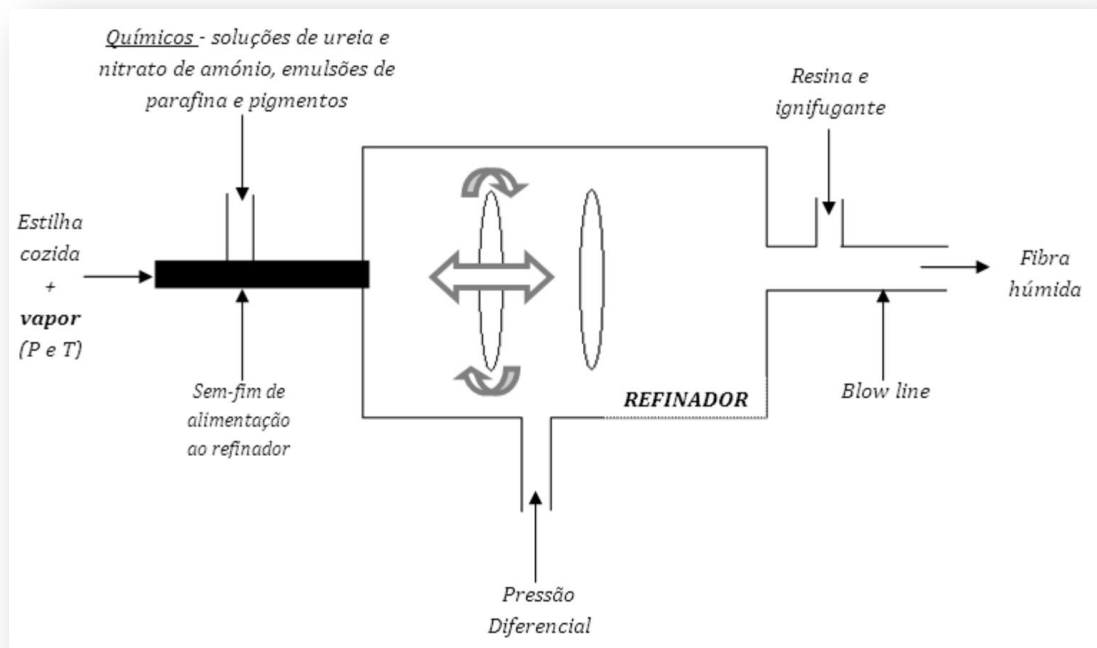


FIGURA 2 - INPUTS E OUTPUTS DO REFINADOR

E – SECAGEM DE FIBRA

A secagem é o processo que reduz o teor de humidade. A fibra é transportada pela blow line, desde o refinador até à entrada do secador, juntamente com o vapor inserido no cozimento. Os gases da queima das caldeiras, juntamente com o ar aspirado do exterior e aquecido⁴⁶ (através de um permutador), são os principais responsáveis pelo processo de secagem da fibra. Quando esse ar aquecido também não é suficiente, há ainda a possibilidade de o aquecer através de um queimador a gás natural. Antes dos ciclones de secagem existe um dumper e um ventilador. O dumper regula o caudal de ar introduzido no ventilador⁴⁷. O ventilador, por sua vez, é responsável pela ascensão da fibra até ao topo do ciclone de secagem.

Na **linha 1**, a secagem é feita em dois estágios. A fibra transportada nas condutas, por acção do ventilador, juntamente com o ar quente, chega ao primeiro ciclone. Aqui o vapor sobe e a fibra cai. De seguida segue para um segundo ciclone onde se dá o mesmo processo que no primeiro. A fibra é depois depositada no fiber bin antes da formadora do colchão.

Na **linha 2** o processo é idêntico, mas em vez de dois estágios de secagem, existe apenas um. Este estágio singular tem uma bifurcação no secador à entrada dos ciclones. Metade da fibra vai para um ciclone e a outra metade para outro. Esta linha tem a particularidade de ter um separador de partículas (SIFTER) depois de sair dos ciclones de secagem. A injeção de ar na parte inferior do SIFTER faz com que a fibra ascenda e as partículas sólidas, sendo mais pesadas, se

⁴⁶ O vapor e os gases da queima produzidos nas caldeiras são insuficientes para o processo de secagem.

⁴⁷ Quanto maior o caudal de ar introduzido, menor será a capacidade/velocidade do ventilador.

depositem no fundo do separador de partículas. É, de seguida, transportada para o fiber bin antes da formadora do colchão.

Do *fiber bin* segue para a formadora, onde se dá a formação do colchão.

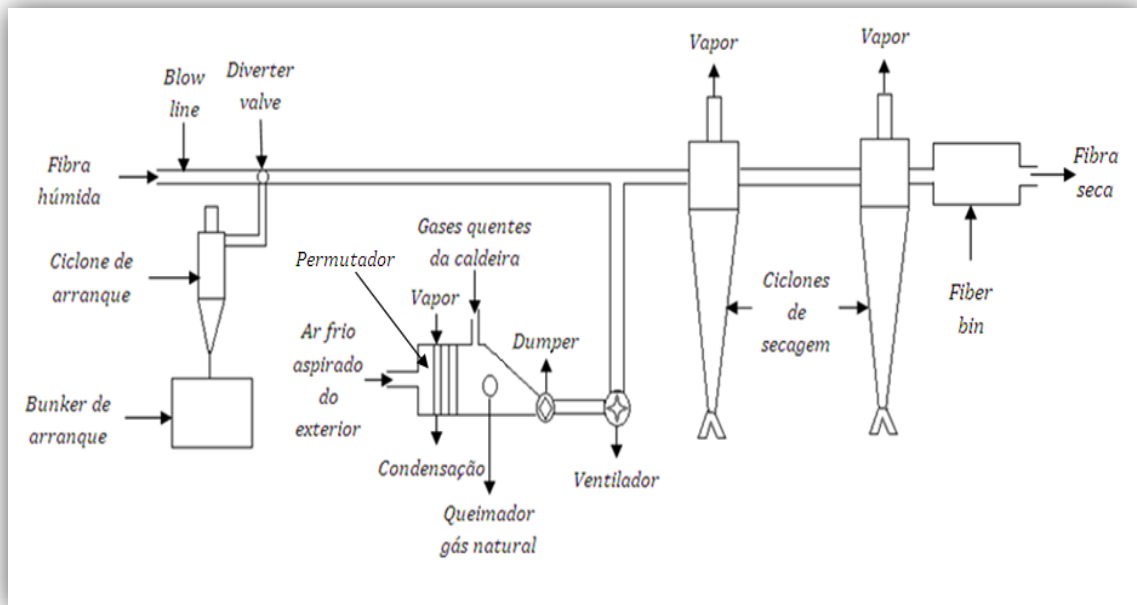


FIGURA 3 - SECAGEM DE FIBRA (LINHA 1)

F – FORMAÇÃO DO COLCHÃO

Na **linha 1** a fibra cai na formadora e o colchão é formado por acção do ar injectado diagonalmente, de cima para baixo. Dentro da formadora, existem uns fingers que transmitem ao sistema a uniformidade do colchão. Assim, é injectado mais ou menos ar de forma a garantir a homogeneidade da fibra na formação do colchão. Dentro da formadora, também é possível regular a largura do colchão a formar⁴⁸. O colchão é ainda formado sobre uma tela perfurada, onde por baixo é criado um sistema de vácuo, através de dois ventiladores. Esta etapa permite criar um colchão consistente e uniforme e remover alguma percentagem de ar existente.

Na **linha 2** o colchão é formado por acção mecânica. A fibra cai do fiber bin para um sistema de rolos, em que as suas diferentes velocidades de rotação permitem a formação do colchão.

Ambas as linhas têm uma balança à saída da formadora. Cada colchão formado tem uma densidade específica e, conseqüentemente, a placa de MDF a que dão origem, também. Sendo a densidade o rácio entre a massa e o volume, para cada m³ de colchão, este também terá de ter uma massa e um volume específico. Sendo assim, o colchão é formado com um excesso de espessura. Para garantir a espessura ideal do colchão a formar existe, ainda na formadora, um

⁴⁸ As paredes são reguláveis manualmente. O operador tem de se deslocar à formadora e alterar a largura a formar.

*scalper*⁴⁹ que retira esse excesso, de forma a garantir a densidade pretendida. Esta fibra retirada pelo *scalper* é aspirada e introduzida novamente no fiber bin.

Existe também recirculação de fibra nas duas linhas, pois durante todo o processo, desde a formadora até à prensa, existem aspiradores que reintroduzem a fibra nos respectivos fiber bins.

G – PRENSAGEM

Na **linha 1**, depois da formadora existe um detector de metais para remover algumas partículas metálicas que possam existir e um controlador do teor de humidade. A seguir encontram-se dois rolos mecânicos que, alisam e dão consistência às laterais do colchão. Seguidamente, o colchão entra na pré-prensa contínua, a frio. Esta prensa contém uns resguardos laterais que impedem que o colchão se alastre para os lados. À saída desta prensa existe um medidor de impulsos⁵⁰ que permite controlar o comprimento a cortar no colchão, a seguir. É agora cortado transversalmente por uma serra móvel, e de seguida longitudinalmente para remover uma pequena parte das laterais do colchão. De seguida encontra-se um duplicador que permite a formação de colchões duplos, de maneira a atingir a espessura pretendida⁵¹. É, normalmente, utilizado este dispositivo para placas que tenham 22mm, ou mais, de espessura. Logo de seguida encontra-se um matt hoper, onde a fibra cai e é reintroduzida no fiber bin. Seguidamente os colchões são introduzidos num pré-carregador de 3 tabuleiros, que os vai colocar no carregador principal de 6 tabuleiros. Este último introduz os colchões dentro da prensa. As placas sofrem agora um ciclo de prensagem, adequado a cada produto, que por transferência de calor⁵² se dá a formação dos painéis de MDF.

⁴⁹ Rolo dentado que serve para regular a espessura do colchão à saída da formadora.

⁵⁰ Entenda-se por impulsos o arco completo percorrido pelo medidor. Tendo um arco fixo, podemos saber quantos impulsos são necessários percorrer para fazer o corte que se quer.

⁵¹ A espessura máxima realizada até hoje foi de 35mm. O mínimo que a prensa suporta é de 8mm, mas é costume produzir-se a partir dos 12mm.

⁵² Por acção de pressão e temperatura.

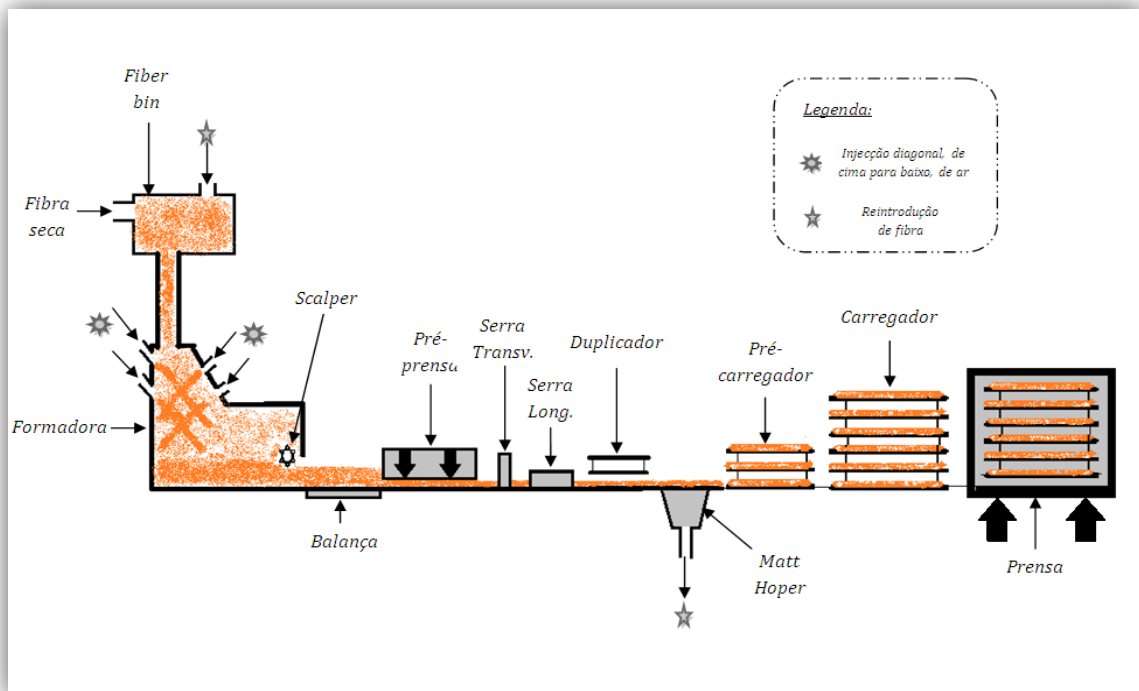


FIGURA 4 - FORMAÇÃO DO COLCHÃO E PENSAGEM (LINHA 1)

A **linha 2** distingue-se pela continuidade do processo. Depois de formado o colchão, à saída da formadora, é verificado o teor de humidade e é-lhe cortado, longitudinalmente, os excessos laterais. De seguida sofre uma pré-prensagem a frio para reduzir o excesso de ar existente. No início da formação do colchão existe um certo desperdício de fibra, uma vez que o colchão não sai com o peso ideal. Essa fibra cai num 'nariz' de rejeitado, mesmo antes de entrar na prensa, seguindo depois para a queima das caldeiras.

O colchão percorre agora a prensa contínua, que, como na linha 1, entra num ciclo de prensagem, adequado para cada produto.

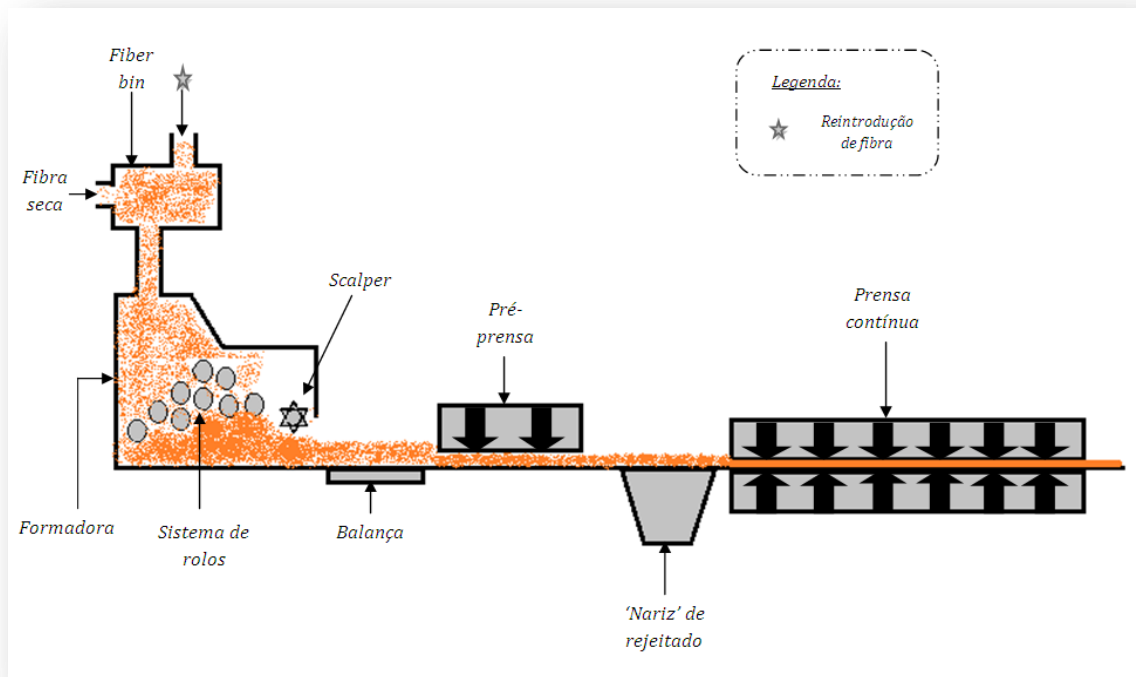


FIGURA 5 - FORMAÇÃO DO COLCHÃO E Prensagem (LINHA 2)

De modo geral, no início do ciclo de prensagem, a pressão (P) e a temperatura (T) são mais elevadas, o que permite atingir as propriedades desejadas das faces. Numa fase intermédia as P e T são mais baixas, mas com um intervalo de tempo maior, o que permite chegar às características desejadas do núcleo. No fim do ciclo, a P volta a subir um pouco, permitindo alcançar a espessura pretendida.

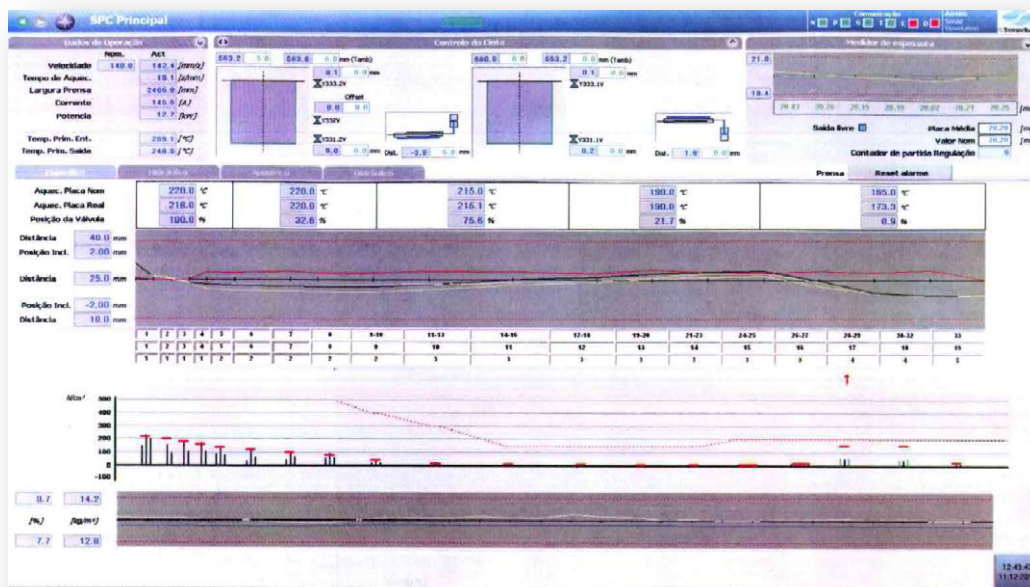


FIGURA 6 - EXEMPLO DE UM CICLO DE Prensagem

H – PRÉ-ACABAMENTO E ARMAZÉM DE PRODUTO SEMI-ACABADO

À saída das prensas são retiradas placas para se realizarem testes de qualidade, nomeadamente, de resistência interna, de densidade, de inchamento e de perfil de densidade.

Na **linha 1**, à saída da prensa existe um descarregador de 6 tabuleiros, que descarrega placa a placa, e uma balança que permite verificar a densidade. Logo de seguida podem ser rejeitadas⁵³. Dá-se um pré-corte transversal e longitudinal, realizados por serras destroçadoras⁵⁴ fixas. As placas são de seguida arrefecidas, num arrefecedor de 360°, de onde seguem para uma calibração de espessura, através de um processo de lixagem. As placas seguem agora para o paletizador, onde se dá a formação das paletes.

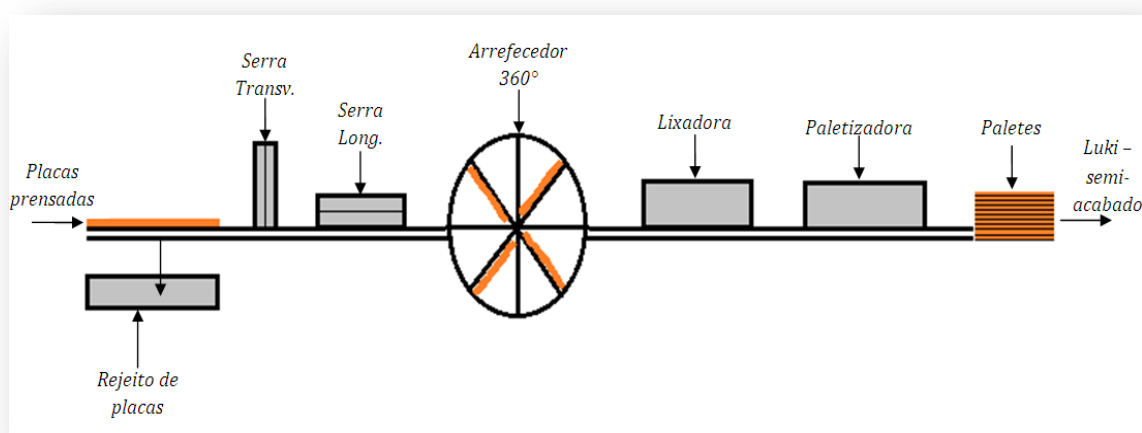


FIGURA 7 - PRÉ-ACABAMENTO (LINHA 1)

Na **linha 2** à saída da prensa, as placas sofrem um corte transversal. Para cada produto, este corte transversal é definido no ‘ferro controle’ por um operador. Seguem depois para 2 arrefecedores, com 180° de rotação, cada um. Aqui, o primeiro transporta a placa para a direita, para uma linha secundária, e o outro transporta de volta para a linha principal. Assim, por exemplo, é possível inspeccionar a parte inferior das placas. Painéis de MDF abaixo dos 2,5mm não se produzem, e placas com espessura menor ou igual a 5mm não passam pelos arrefecedores. Até à data, a espessura mais elevada de MDF produzido foi de 36mm. As placas, à saída dos arrefecedores, sofrem agora um corte longitudinal⁵⁵ nas duas extremidades. Seguidamente, passam por um alçapão de rejeitado que levanta, e as placas caem numa caçamba que se encontra por baixo. São agora formados os books⁵⁶, que dão origem às paletes⁵⁷.

⁵³ Acontece mais frequentemente o rejeito no início de cada operação diferente, quando não estão atingidas as condições ideais. As placas saem do lado esquerdo da linha.

⁵⁴ Processa-se o *trimming* que poderá seguir para a queima das caldeiras.

⁵⁵ Este corte é obrigatório para painéis acima dos 12mm de espessura, à excepção do B8 – swed-wood (IKEA), e as serras são destroçadoras.

⁵⁶ Conjunto de placas.

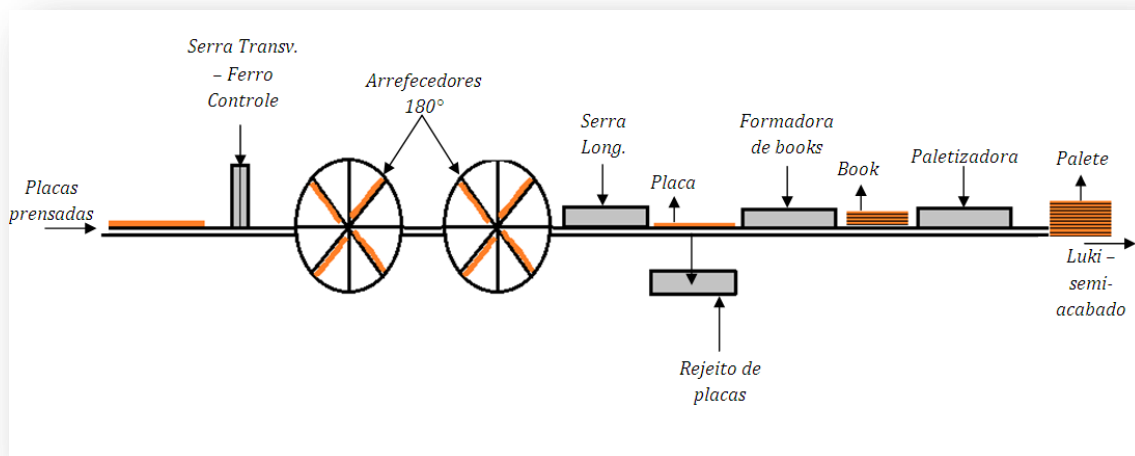


FIGURA 8 - PRÉ-ACABAMENTO (LINHA 2)

As paletes das duas linhas são transportadas, por um transportador (Luki), para o armazém do semi-acabado. Aqui permanecem pelo menos 24 horas para serem realizados testes de qualidade, por amostragem, caso seja necessário; e, principalmente, para as propriedades do material atingirem as condições pretendidas.

I – ACABAMENTO DE MDF

O material semi-acabado segue agora para a fase de acabamento. O conveyor (Luki) descarrega agora as paletes na linha do acabamento, mais concretamente na despaletização.

I.1 – LIXAGEM

As placas são agora despaletizadas (longitudinalmente na linha 1 e transversalmente na linha 2) através de empurradores. Para placas com uma espessura igual ou inferior a 6mm, na linha 2, são utilizadas ventosas. As placas seguem agora por um conjunto de lixas, em que o seu tamanho de grão vai diminuindo ao longo da linha, isto é, vai-se retirando cada vez menos espessura ao longo da linha. Este conjunto de lixas é constituído por pré-calibradoras, calibradoras, pré-lixadoras e lixadoras. É crucial para este processo que não exista sobreposição de placas, existindo, assim, medidores de segurança. Esta linha possui ainda medidores de entrada e saída que controlam a espessura da placa, para se saber o quanto retirar neste processo. É necessário destacar que as placas na **linha 1** são ajustadas duas a duas, em zig zag, o que garante um desgaste mais uniforme das lixas; e que esta linha está preparada para receber placas que venham das duas prensas. Na **linha 2** só podem entrar placas da prensa 2.

I.2 – 1ª ESCOLHA E CORTE

Segue-se agora, na **linha 1**, para a inspeção visual das placas, uma a uma, por um operador, onde se dá o processo de 1ª escolha. As placas que não estão conformes seguem ou

⁵⁷ Conjunto de books.

para um processo de 2ª escolha⁵⁸ ou desclassificam-se como refugo⁵⁹. As placas que estiverem conformes seguem para a operação de corte. São formados e ajustados os books⁶⁰, que seguem para uma mesa elevatória. Esta mesa sobe e com a ajuda de uns empurradores, as placas são empurradas até à serra longitudinal. Dá-se o primeiro corte longitudinal, onde se retira o excesso de largura, depois os cortes do meio e por fim o corte que retira o excesso de largura do outro lado. De seguida as placas seguem numa mesa de transferência, com correntes, para a próxima mesa elevatória do corte transversal. O book é novamente ajustado e com a ajuda de uns empurradores segue para a serra transversal. Dá-se o mesmo processo que no corte anterior, onde se removem os excessos de comprimento. Estes excessos de comprimento e largura formam o trimming e podem ser cortados e guardados numa caçamba (depósito)⁶¹, seguindo para o parque de madeiras, ou podem ser cortados e destroçados⁶². Ao fim do último corte, os painéis seguem por uma mesa de transferência para a paletizadora. Aqui, por acção de uma mesa elevatória, são introduzidas, se necessário, as placas de apoio. Depois de feitos os lotes e de se colocar o cartão etiquetado, seguem de uma mesa de transferência, com rolos, para o transfer car. No embalamento os lotes têm de entrar com o comprimento paralelo à linha, pois os barrotes são introduzidos perpendicularmente. Para garantir isto, existe um virador (mesa com rolos que tem uma rotação de 90°). O conveyor despacha os lotes para a mesa de transporte do embalamento.

⁵⁸ As placas saem para a esquerda e aguardam pelo fim da operação de corte das placas que seguiram, para, eventualmente, serem cortadas, segundo a ordem de corte, ou para seguirem para o processo de 2ª escolha.

⁵⁹ As placas para refugo saem para a direita e ficam num depósito de refugo. Podem ser utilizadas, ao fim de devidamente cortadas, como placas de apoio ou barrotes – servindo como material de embalagem, ou ainda cortadas e destroçadas, servindo de combustível para a caldeira.

⁶⁰ Os books são sempre ajustados à base do fim de corte.

⁶¹ Acontece, por exemplo, com o material ignífugo que não pode seguir para as caldeiras.

⁶² Nesta zona existe um destroçador.

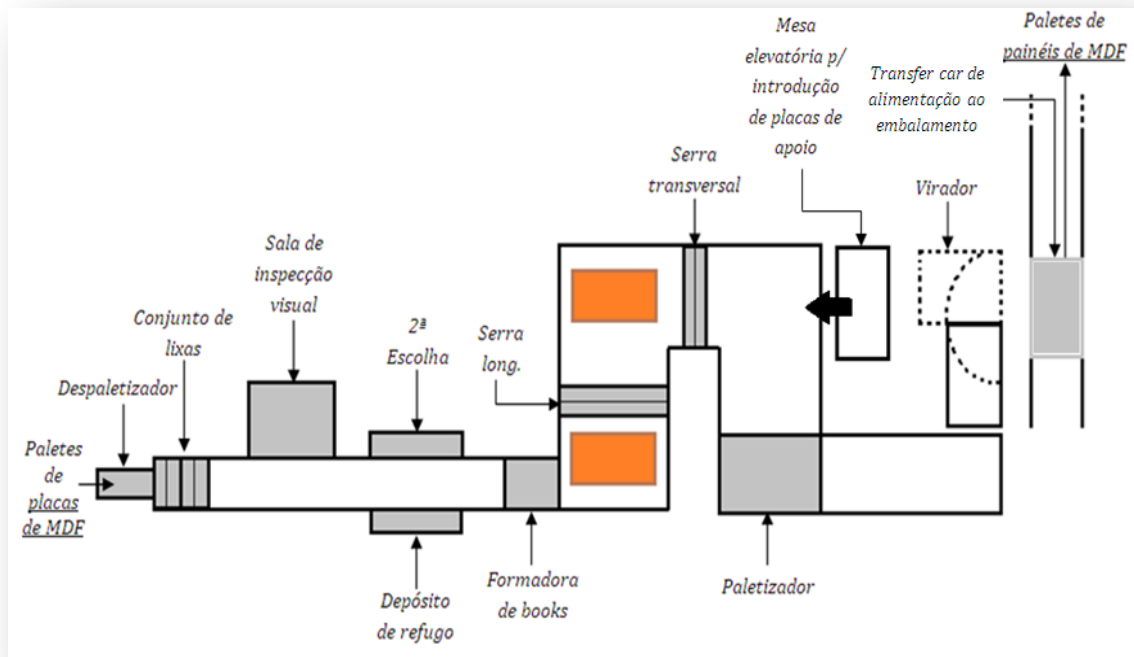


FIGURA 9 - ACABAMENTO (LINHA 1)

Agora, na **linha 2**, na inspeção visual das placas o operador pode desclassificar a placa para 2ª escolha, para refugo, ou classificá-la como 1ª qualidade, em que esta última avança para o corte. A seguir à sala de controlo, as placas que seguem na mesa de rolos passam por duas mesas paletizadoras. As placas desclassificadas, por norma, caem nessas duas mesas, que as paletiza por debaixo da linha. As placas de refugo são transportadas⁶³ para o depósito de refugo da linha 1 para serem cortadas. Devido ao tempo de embalagem ser mais longo que o corte e a lixagem, estas mesas paletizadoras também servem para criar um buffer de material pronto para cortar⁶⁴. Aqui há a possibilidade de o produto não ser lixado ou de não ser cortado. O produto não lixado entra, por auxílio de um despaletizador (mesa elevatória e empurradores), a seguir às duas mesas paletizadoras anteriores. O produto não cortado sai numa, ou nas duas mesas paletizadoras, e conforme seja necessário, é-lhes introduzida uma placa de apoio. As placas de apoio são introduzidas numa mesa de rolos à esquerda da linha, antes da primeira mesa paletizadora, e transferidas para um conveyor à direita da linha que as transporta para a frente e as coloca na paletizadora. A seguir às mesas paletizadoras, os rolos da linha de alimentação para o corte longitudinal estão horizontalmente inclinados, de maneira a que as placas se encostem à lateral esquerda da linha. Desta maneira garante-se que as placas entrem direitas no corte. Ao fim de passarem por um medidor de segurança, que garante a não sobreposição de placas⁶⁵, passam

⁶³ Existem mesas de transporte, de rolos, que as transferem para a linha 1.

⁶⁴ Não se ganha em tempo, mas quando a linha pára, as máquinas, como as calibradoras e lixadoras, não param. Logo, ganha-se no consumo por unidade produzida, ao invés de estarem a trabalhar no vazio.

⁶⁵ Corte feito de placa a placa.

pelas 5 serras existentes no corte longitudinal⁶⁶. Ao fim deste corte os painéis seguem, ao mesmo tempo, para o fim desta linha e são empurradas para a esquerda. Os painéis⁶⁷ são empurrados e sobrepostos⁶⁸ à esquerda, ajustados e novamente empurrados até às serras de corte transversal. Esta mesa de corte contém 9 serras, em que a primeira é fixa. As duas serras das pontas são destroçadoras. Os painéis seguem agora para a paletização⁶⁹, onde existem duas paletizadoras, compostas por ajustadores e mesas elevatórias. Aqui, as placas de apoio inferiores são introduzidas pelo mesmo sistema anterior. Os lotes seguem agora por um conveyor e antes de chegar à mesa de alimentação ao embalamento é-lhes inserido, se necessário, as placas de apoio superior. Se necessário também existe um virador para os colocar a direito na mesa de alimentação ao embalamento. São agora transportados por um transfer car para a mesa de transporte do embalamento.

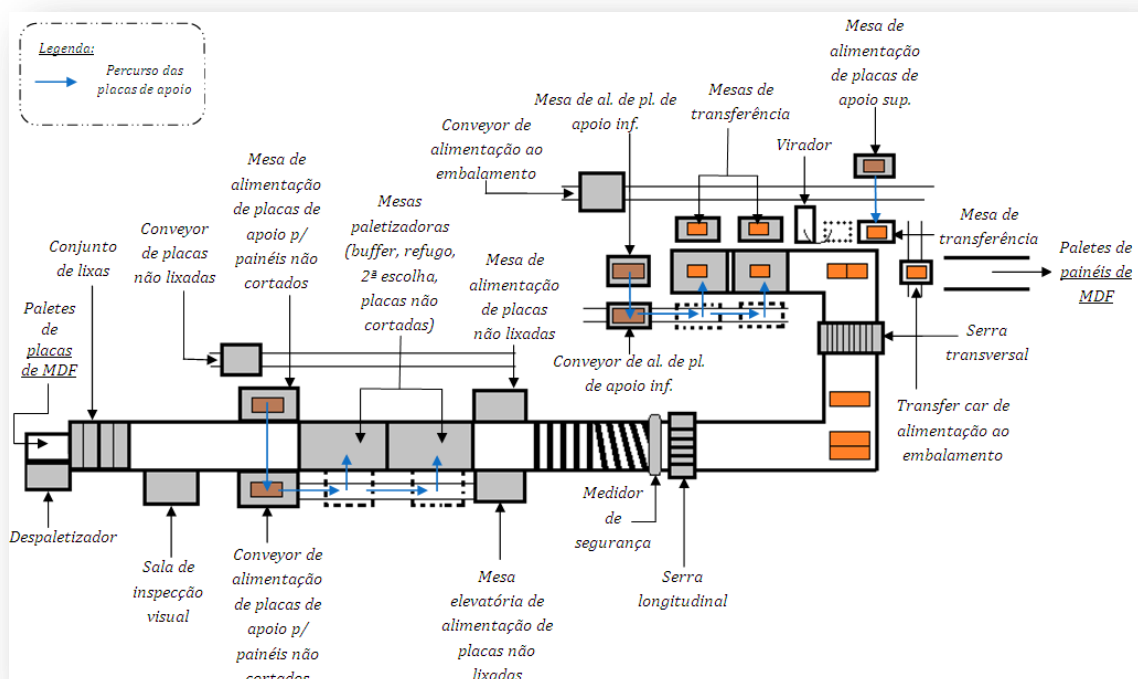


FIGURA 10 - ACABAMENTO (LINHA 2)

I.2.1 – LISTA DE DEFEITOS

Aqui estão apresentados todos os defeitos possíveis até à data, uma vez que é nas salas de inspeção visual que se desclassifica o material, e se envia para 2ª Escolha, quando este apresenta um destes defeitos.

⁶⁶ Conforme o corte são utilizadas as serras indicadas. A primeira é fixa e as restantes móveis. A primeira e a última são serras destroçadoras que produzem o *trimming*.

⁶⁷ Sendo 5 serras no corte longitudinal, só se podem fazer 4 painéis no máximo.

⁶⁸ O corte transversal suporta no máximo uma espessura de painéis de 60mm, para não esforçar demasiadamente as serras, que traz mais consumo e desgaste das mesmas.

⁶⁹ Limite máximo de 4100mm de comprimento.

TABELA 1 – DEFEITOS EXISTENTES

Marcas do empilhador	Erro de pré-corte	Pintas brancas
Teor de formaldeído	Fibra grossa	Pintas brancas por baixo
Controlo de lixagem	Físico-mecânicos	Pintas castanhas
Bordos partidos	Manchas de fibra	Pintas de água
Cinza	Manchas de óleo	Placas de ensaio
Lixagem deficiente	Marcas de colchão partido	Superfície áspera
Pigmentação deficiente	Paragem da lixadora	Zonas ásperas
Empeno	Partículas de borracha	Marca de Parafusos das Paletes
Erro de corte	Partículas de metal	

1.3 – 2ª ESCOLHA

Os painéis para nova escolha são armazenados junto à linha de 2ª escolha. O transporte da linha de acabamento para o armazém de 2ª escolha, e para a linha de 2ª escolha é realizado por um empilhador. Os lotes são colocados na mesa de alimentação que, por acção de rolos, alimenta o despaletizador. De seguida, dá-se a inspecção visual e individual dos painéis, por um operador. Aqui, o operador, conforme essa inspecção, classifica o material como 1ª qualidade, 2ª qualidade, refugo ou para a serra TM. Estes painéis saem à esquerda da linha para mesas distintas, com rolos. Os de 1ª e os de 2ª são carregados por um empilhador para o embalamento.

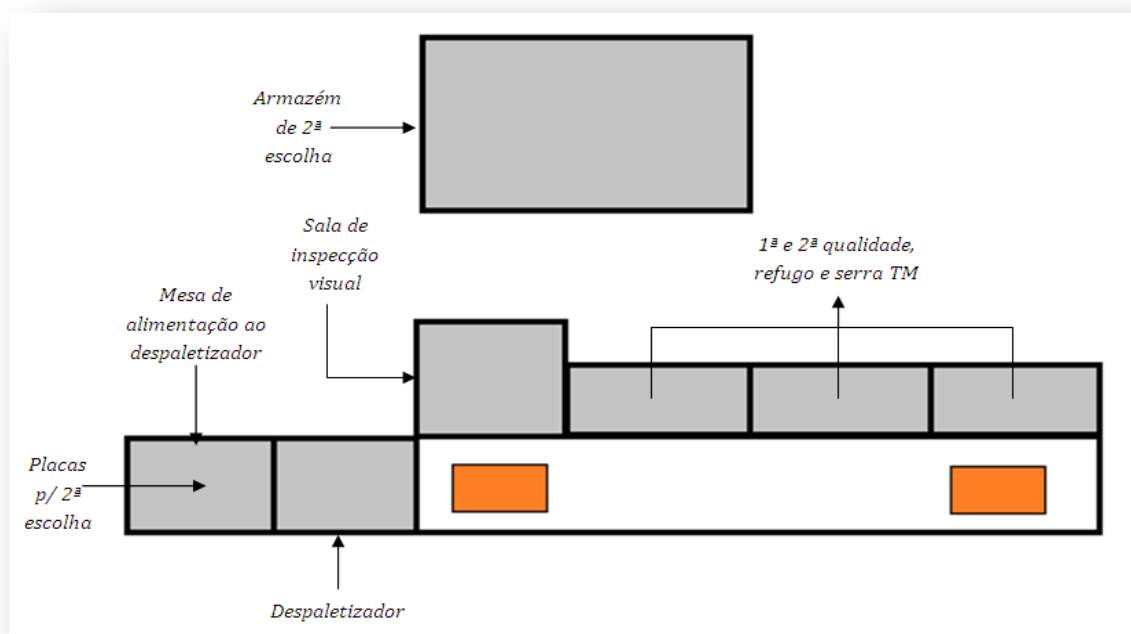


FIGURA 11 - 2ª ESCOLHA

1.4 – EMBALAMENTO

As duas linhas de embalagem são idênticas. A **linha 1** tem a particularidade de possuir um compactador⁷⁰. De seguida os lotes vão pela mesa de posicionamento do lote para a cintagem. Agora, se necessário, são introduzidos barrotes por de baixo do lote e cantos no topo do lote. É-lhes aplicada a fita e apertada e caso seja necessário introduz-se uma fita suplementar. Um empilhador retira agora o lote da mesa, com rolos, de saída e transporta para o armazém de produto acabado. Outra diferença é o facto de as mesas de transporte da linha 2 de embalagem serem de correntes⁷¹ e não de rolos.

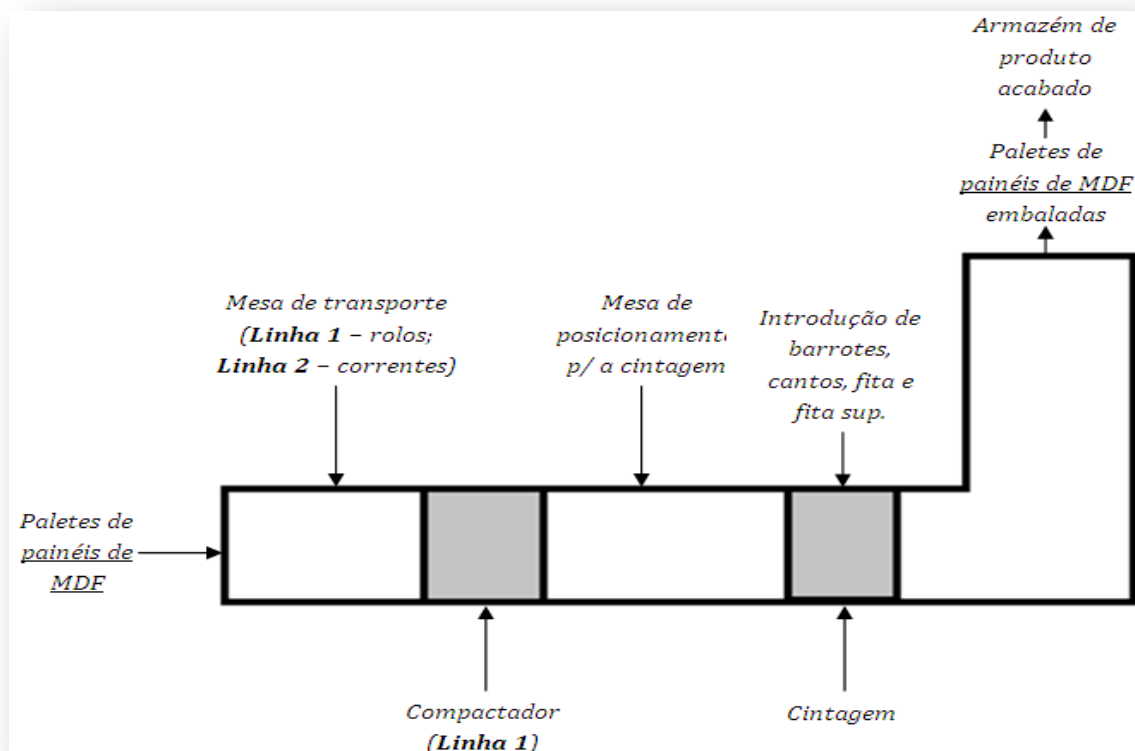


FIGURA 12 - EMBALAMENTO (LINHA 1)

1.5 – SERRA TM

A serra TM serve para aproveitamento do material que não está conforme, mas que pode seguir para clientes com outros requisitos, fazendo o corte à medida solicitada. Painéis com erros de cortes (na largura e no comprimento) podem, com outros cortes, fazer face às necessidades de outros clientes. Painéis que sigam para lhes ser aplicado o folheado também podem vir à serra TM para levar o corte pretendido.

⁷⁰ Este compactador existe devido ao espaçamento existente nos rolos das mesas de transporte, que provocam o desalinhamento dos lotes.

⁷¹ Permite uma maior estabilidade no transporte dos lotes.

1.6 – ASPIRAÇÃO

Todo o pó produzido durante toda a produção (cortes, pré-calibradora, pré-corte – na prensagem –, calibradoras, lixadoras, polidora, serra TM – no acabamento) é aspirado, num sistema de ventilação. Fora da fábrica existem vários filtros de mangas, sendo alguns duplos, para filtrar o pó que segue para os silos⁷², junto às caldeiras, que por sua vez alimentam as caldeiras. Nestes silos existem ciclones de mangas e é onde se encontram os compressores responsáveis pelo transporte pneumático do pó. O silo 2 tem a particularidade de conseguir uma extracção para o exterior⁷³. Quando a linha 1 está a produzir material ignífugo, por exemplo, existe um cruzamento do despoeiramento, no exterior, que permite o envio desse pó, que não deve seguir para as caldeiras, para o silo 2, onde pode ser rejeitado.

⁷² Um silo para cada caldeira.

⁷³ Muito importante quando o material não pode seguir para a caldeira. Por exemplo o material ignífugo.

ANEXO 2 – EXCERTO DA BASE DE DADOS

DATA AC	DIA	MÊS	ANO	RENS ACAB	OPA	COMP	LARG	ESP	TIPO N° DEF	DEFEITO	ESTINPLAC	OPP	LOTE	PRODUT	M ²	LOCAL	CAUSA			
30-03-2014	30	Março	2014	237	239	5,82E+10	7384	2508	6	BD	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	6BD	0,11	Mesa C	Problema cl o batente frontal
30-03-2014	30	Março	2014	237	239	5,82E+10	7384	2508	6	BD	1	Bordos partidos	X	4	5,81E+10	5,802E+09	6BD	0,44	Mesa D	Não identificada
03-04-2014	3	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7440	2508	6	DB	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	6DB	0,11	Antes do Acab	Garras do Luki
03-04-2014	3	Abril	2014	237	239	5,82E+10	6100	2440	16	B8	1	Bordos partidos	X	4	5,81E+10	5,802E+09	16B8	0,95	Corte Trans	Esmilhado das Serras
22-05-2014	22	Mai	2014	237	239	5,82E+10	8225	2310	3	B1	1	Bordos partidos	X	3	5,81E+10	5,802E+09	3B1	0,17	Não identificado	Não identificada
04-04-2014	4	Abril	2014	237	239	5,82E+10	6900	2500	8	B1	1	Bordos partidos	X	2	5,81E+10	5,802E+09	8B1	0,28	Mesa D	Telas desalinhas
01-03-2014	1	Março	2014	237	239	5,82E+10	8200	2440	24,3	B8	1	Bordos partidos	X	3	5,81E+10	5,802E+09	24,3B8	1,46	Não identificado	Não identificada
05-04-2014	5	Abril	2014	237	239	5,82E+10	8320	2425	7,7	D2	1	Bordos partidos	X	2	5,81E+10	5,802E+09	7,7D2	0,31	Corte Trans	Esmilhado das Serras
05-04-2014	5	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7440	2524	6	D4	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	6D4	0,11	Corte Trans	Esmilhado das Serras
06-04-2014	6	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7720	2440	19	B8	1	Bordos partidos	X	3	5,81E+10	5,802E+09	19B8	1,07	Despaletizador	Não identificada
13-04-2014	13	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7710	2440	14	B8	1	Bordos partidos	X	7	5,81E+10	5,802E+09	14B8	1,84	Não identificado	Não identificada
06-04-2014	6	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7720	2440	19	B8	1	Bordos partidos	X	2	5,81E+10	5,802E+09	19B8	0,72	Antes do Acab	Garras do Luki
06-04-2014	6	Abril	2014	237	239	5,82E+10	8320	2425	7,7	D2	1	Bordos partidos	X	8	5,81E+10	5,802E+09	7,7D2	1,24	Corte Trans	Esmilhado das Serras
06-04-2014	6	Abril	2014	237	239	5,82E+10	6750	2440	9	F5	1	Bordos partidos	X	2	5,81E+10	5,802E+09	9F5	0,30	Corte Trans	Esmilhado das Serras
07-04-2014	7	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7460	2470	16	B8	1	Bordos partidos	X	4	5,81E+10	5,802E+09	16B8	1,18	Corte Trans	Esmilhado das Serras
06-04-2014	6	Abril	2014	237	239	5,82E+10	6750	2440	12	F5	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	12F5	0,20	Antes do Acab	Não identificada
19-03-2014	19	Março	2014	237	239	5,82E+10	7384	2508	6	BD	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	6BD	0,11	Não identificado	Não identificada
07-04-2014	7	Abril	2014	237	239	5,82E+10	8250	1830	10	F1	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	10F1	0,15	Formação de Books	Bateu na estrutura
11-04-2014	11	Abril	2014	237	239	5,82E+10	6880	2440	13	B8	1	Bordos partidos	X	2	5,81E+10	5,802E+09	13B8	0,44	Despaletizador	Patola descaída
08-04-2014	8	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7600	2520	2,5	B1	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	2,5B1	0,05	Antes do Acab	Não identificada
08-04-2014	8	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7600	2520	2,5	B1	1	Bordos partidos	X	50	5,81E+10	5,802E+09	2,5B1	2,39	Antes do Acab	Não identificada
08-04-2014	8	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7600	2520	2,5	B1	1	Bordos partidos	X	260	5,81E+10	5,802E+09	2,5B1	12,45	Antes do Acab	Não identificada
09-04-2014	9	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7275	2500	7,3	D6	1	Bordos partidos	X	3	5,81E+10	5,802E+09	7,3D6	0,40	Não identificado	Não identificada
10-04-2014	10	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7360	2524	6	B1	1	Bordos partidos	X	5	5,81E+10	5,802E+09	6B1	0,56	Antes do Acab	Não identificada
09-04-2014	9	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7440	2508	6	DB	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	6DB	0,11	Não identificado	Não identificada
15-04-2014	15	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7440	2508	6	DB	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	6DB	0,11	Não identificado	Não identificada
10-04-2014	10	Abril	2014	237	139	5,82E+10	8250	2480	19	S1	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	19S1	0,39	Formação de Books	Não identificada
09-04-2014	9	Abril	2014	237	139	5,82E+10	8250	1830	8	B1	1	Bordos partidos	X	1	5,81E+10	5,802E+09	8B1	0,12	Antes do Acab	Garras do Luki
11-04-2014	11	Abril	2014	237	239	5,82E+10	7320	2500	3	B1	1	Bordos partidos	X	15	5,81E+10	5,802E+09	3B1	0,82	Calibradora	Lábio sup de saída descaído
12-04-2014	12	Abril	2014	237	239	5,82E+10	6100	2440	16	B8	1	Bordos partidos	X	2	5,81E+10	5,802E+09	16B8	0,48	Despaletizador	Patola descaída

ANEXO 3 – LOCAIS DE BP NÃO IDENTIFICADOS(AS) NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO DE 2014

DEFEITO	Bordos partidos
ACABAMENTO	1
UNIDADES	Nº de Placas

Local	Mês		Total	Porcentagem
	Janeiro	Fevereiro		
Não identificado	42	69	111	53,9%
Despaletizador	36	18	54	26,2%
Antes do Acabamento	21	8	29	14,1%
Formação de <i>books</i>	3	4	7	3,4%
Corte Transversal	4		4	1,9%
Embalagem	1		1	0,5%
Total	107	99	206	

DEFEITO	Bordos partidos
ACABAMENTO	2
UNIDADES	Nº de Placas

Local	Mês		Total	Porcentagem
	Janeiro	Fevereiro		
Antes do Acabamento	68	25	93	29,6%
Não identificado	39	41	80	25,5%
Mesa A	43		43	13,7%
Corte Transversal	28	6	34	10,8%
Despaletizador	2	14	16	5,1%
Formação de <i>books</i>		13	13	4,1%
Mesa D	5	5	10	3,2%
Corte Longitudinal	8		8	2,5%
Virador		7	7	2,2%
2ª Lixadora	5		5	1,6%
Corte	3		3	1,0%
Mesa C		2	2	0,6%
Total	201	113	314	

ANEXO 4 – MELHORIA DOS LOCAIS E CAUSAS IDENTIFICADOS(AS) DE FEVEREIRO PARA MARÇO DE 2014

DEFEITO	Bordos partidos
UNIDADES	Nº de Placas
ACABAMENTO	1

Local	Fevereiro	Março	Total	% Redução
Não identificado	69	13	82	81,2%

DEFEITO	Bordos partidos
UNIDADES	Nº de Placas
ACABAMENTO	1

Causa	Fevereiro	Março	Total	% Redução
Não identificada	76	37	113	49,3%

DEFEITO	Bordos partidos
UNIDADES	Nº de Placas
ACABAMENTO	2

Local	Fevereiro	Março	Total	% Redução
Não identificado	41	38	79	7,3%

DEFEITO	Bordos partidos
UNIDADES	Nº de Placas
ACABAMENTO	2

Causa	Fevereiro	Março	Total	% Redução
Não identificada	78	83	161	-6,0%

ANEXO 5 – DPMO E NÍVEL SIGMA DAS 4 LINHAS

		LINHA DE PRENSA							
		1				2			
SEMANA	DIA	PLC PROD	PLC C/ DEF	DPMO	DPMO/ SEMANA	PLC PROD	PLC C/ DEF	DPMO	DPMO/ SEMANA
1	01-03-2014	1.452		0,00	254,65	1.623		0,00	0,00
	02-03-2014	1.466		0,00		1.668		0,00	
	03-03-2014	1.122	2	1782,53		5.007		0,00	
	04-03-2014	-		0,00		3.286		0,00	
	05-03-2014	1.535		0,00		3.596		0,00	
	06-03-2014	-		0,00		3.289		0,00	
	07-03-2014	1.422		0,00		3.092		0,00	
2	08-03-2014	858		0,00	378,47	2.300	1	144,93	484,00
	09-03-2014	1.074	1	931,10		1.879	6	1064,40	
	10-03-2014	1.236		0,00		1.618		0,00	
	11-03-2014	1.164	2	1718,21		2.445		0,00	
	12-03-2014	1.152		0,00		2.006	4	664,67	
	13-03-2014	-		0,00		3.280	8	813,01	
	14-03-2014	882		0,00		951	2	701,02	
3	15-03-2014	1.518	1	658,76	94,11	3.452	1	96,56	311,32
	16-03-2014	1.291		0,00		5.018		0,00	
	17-03-2014	1.692		0,00		6.025		0,00	
	18-03-2014	1.158		0,00		2.124	5	784,68	
	19-03-2014	1.427		0,00		3.929		0,00	
	20-03-2014	-		0,00		2.568	10	1298,03	
	21-03-2014	1.188		0,00		1.299		0,00	
4	22-03-2014	1.404	2	1424,50	659,60	1.889		0,00	0,00
	23-03-2014	1.470	1	680,27		3.393		0,00	
	24-03-2014	1.476	2	1355,01		2.248		0,00	
	25-03-2014	1.194		0,00		1.602		0,00	
	26-03-2014	876		0,00		2.343		0,00	
	27-03-2014	-		0,00		635		0,00	
	28-03-2014	864	1	1157,41		2.002		0,00	
5	29-03-2014	1.236		0,00	0,00	3.415		0,00	60,48
	30-03-2014	1.224		0,00		3.069	1	108,61	
	31-03-2014	1.752		0,00		1.525		0,00	
	01-04-2014	1.806		0,00		2.262		0,00	
	02-04-2014	1.572		0,00		2.118	2	314,76	

	03-04-2014	-		0,00		4.262		0,00	
	04-04-2014	1.482		0,00		3.440		0,00	
6	05-04-2014	1.068		0,00		5.531	1	60,27	2675,85
	06-04-2014	1.236		0,00		5.968	311	17370,42	
	07-04-2014	1.644	2	1216,55	173,79	5.265	5	316,56	
	08-04-2014	1.038		0,00		2.524	1	132,07	
	09-04-2014	1.602		0,00		1.658		0,00	
	10-04-2014	666		0,00		1.529		0,00	
	11-04-2014	1.644		0,00		1.957	5	851,64	
7	12-04-2014	1.458		0,00		3.674	2	181,46	25,92
	13-04-2014	1.104		0,00	0,00	1.522		0,00	
	14-04-2014	1.194		0,00		1.673		0,00	
	15-04-2014	1.218		0,00		2.054		0,00	
	16-04-2014	702		0,00		2.125		0,00	
	17-04-2014	1.068		0,00		3.250		0,00	
	18-04-2014	1.266		0,00		5.084		0,00	
8	19-04-2014	1.338		0,00		5.043		0,00	0,00
	20-04-2014	1.170	1	854,70	384,71	3.608		0,00	
	21-04-2014	666		0,00		2.009		0,00	
	22-04-2014	1.614		0,00		1.048		0,00	
	23-04-2014	1.632		0,00		2.263		0,00	
	24-04-2014	1.440		0,00		1.725		0,00	
	25-04-2014	1.632	3	1838,24		1.447		0,00	
9	26-04-2014	1.350		0,00		1.311	1	254,26	132,72
	27-04-2014	360		0,00		3.866		0,00	
	28-04-2014	546	2	3663,00	523,29	7.693	2	86,66	
	29-04-2014	1.500		0,00		6.258		0,00	
	30-04-2014	1.373		0,00		3.305		0,00	
	01-05-2014	-		0,00		2.024		0,00	
	02-05-2014	684		0,00		2.267	4	588,15	
10	03-05-2014	1.428		0,00		2.240		0,00	78,53
	04-05-2014	1.488		0,00		842		0,00	
	05-05-2014	1.477	2	1354,10	193,44	1.565	1	212,99	
	06-05-2014	1.110		0,00		4.433		0,00	
	07-05-2014	1.794		0,00		3.672		0,00	
	08-05-2014	-		0,00		1.980	2	336,70	
	09-05-2014	1.422		0,00		1.847		0,00	
11	10-05-2014	1.314	3	2283,11	1419,46	1.435	1	232,29	186,88
	11-05-2014	1.182		0,00		2.639	8	1010,48	
	12-05-2014	1.848		0,00		5.096	1	65,41	

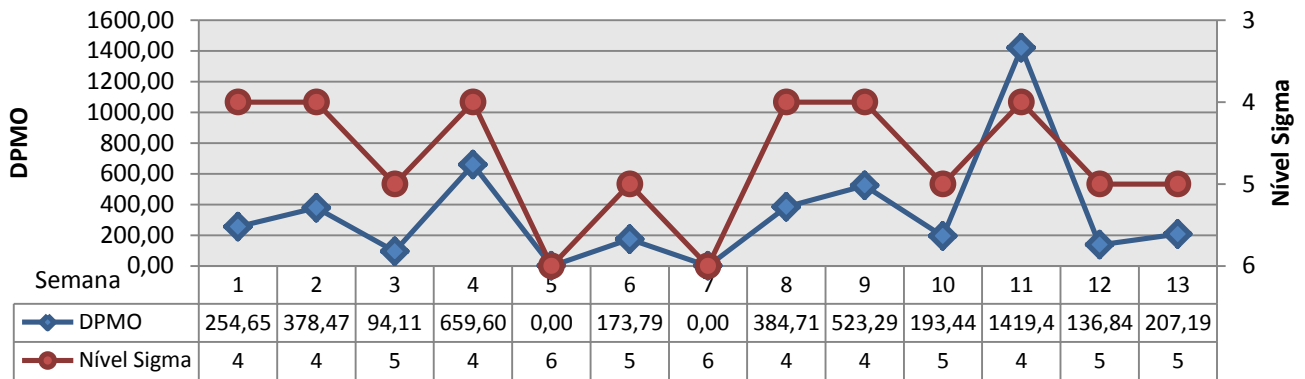
	13-05-2014	1.644		0,00		4.527		0,00	
	14-05-2014	1.566	10	6385,70		2.046		0,00	
	15-05-2014	870		0,00		1.493		0,00	
	16-05-2014	1.578	2	1267,43		2.202		0,00	
12	17-05-2014	1.044	1	957,85		4.952		0,00	
	18-05-2014	1.518		0,00		4.743		0,00	
	19-05-2014	1.716		0,00		5.153		0,00	
	20-05-2014	1.344		0,00	136,84	3.457	2	192,85	27,55
	21-05-2014	1.362		0,00		2.884		0,00	
	22-05-2014	198		0,00		962		0,00	
	23-05-2014	1.164		0,00		2.614		0,00	
13	24-05-2014	1.542		0,00		6.463		0,00	
	25-05-2014	1.379	2	1450,33		2.803		0,00	
	26-05-2014	1.230		0,00		1.560		0,00	
	27-05-2014	1.212		0,00	207,19	2.319		0,00	0,00
	28-05-2014	1.677		0,00		2.247		0,00	
	29-05-2014	-		0,00		907		0,00	
	30-05-2014	-		0,00		1.159		0,00	

		LINHA DE ACABAMENTO							
		1				2			
SEMANA	DIA	PLC CONS	PLC C/ DEF	DPMO	DPMO/ SEMANA	PLC CONS	PLC C/ DEF	DPMO	DPMO/ SEMANA
1	01-03-2014	1.661		0,00		1.121		0,00	
	02-03-2014	1.558		0,00		2.161		0,00	
	03-03-2014	1.639		0,00		1.357		0,00	
	04-03-2014	1.496		0,00	70,13	2.210		0,00	0,00
	05-03-2014	1.713		0,00		4.413		0,00	
	06-03-2014	436		0,00		2.114		0,00	
	07-03-2014	1.358	2	490,92		1.745		0,00	
2	08-03-2014	1.189		0,00		4.648		0,00	
	09-03-2014	1.375		0,00		3.550		0,00	
	10-03-2014	1.303		0,00		1.185	8	2250,35	
	11-03-2014	1.961	27	4589,50	655,64	781		0,00	489,55
	12-03-2014	1.804		0,00		850	3	1176,47	
	13-03-2014	1.301		0,00		2.789		0,00	
	14-03-2014	1.929		0,00		1.576		0,00	
3	15-03-2014	1.075		0,00	55,21	2.449		0,00	293,37

	16-03-2014	1.505		0,00		1.993	2	334,50	
	17-03-2014	1.170		0,00		4.141		0,00	
	18-03-2014	1.521		0,00		2.797	5	595,88	
	19-03-2014	1.725	2	386,47		4.188	3	238,78	
	20-03-2014	502		0,00		2.183		0,00	
	21-03-2014	1.292		0,00		3.015	8	884,47	
4	22-03-2014	2.154		0,00	499,13	3.014	1	110,60	485,53
	23-03-2014	1.285	5	1297,02		1.485	8	1795,74	
	24-03-2014	1.604		0,00		3.127	14	1492,38	
	25-03-2014	1.490		0,00		2.030		0,00	
	26-03-2014	1.443		0,00		1.471		0,00	
	27-03-2014	1.514		0,00		-			
	28-03-2014	1.669	11	2196,92		2.586		0,00	
5	29-03-2014	1.819	3	549,75	468,46	2.741		0,00	231,13
	30-03-2014	1.232	3	811,69		3.855	6	518,81	
	31-03-2014	1.496	3	668,45		1.362		0,00	
	01-04-2014	1.816	3	550,66		812		0,00	
	02-04-2014	1.869	1	178,35		741		0,00	
	03-04-2014	1.144		0,00		1.539	4	866,36	
	04-04-2014	1.922	3	520,29		2.864	2	232,77	
6	05-04-2014	1.747		0,00	266,64	3.467	3	288,43	962,53
	06-04-2014	1.218		0,00		3.026	13	1432,03	
	07-04-2014	1.211	4	1101,02		2.558	5	651,55	
	08-04-2014	2.395	3	417,54		3.958		0,00	
	09-04-2014	1.359		0,00		4.546		0,00	
	10-04-2014	1.916	2	347,95		2.441		0,00	
	11-04-2014	1.258		0,00		1.298	17	4365,69	
7	12-04-2014	1.543	3	648,09	265,76	1.979	2	336,87	1714,18
	13-04-2014	1.540		0,00		2.721	8	980,03	
	14-04-2014	1.180	2	564,97		1.602		0,00	
	15-04-2014	1.809	1	184,26		2.792	5	596,94	
	16-04-2014	1.584		0,00		440	11	8333,33	
	17-04-2014	1.440	2	462,96		1.216		0,00	
	18-04-2014	1.818		0,00		2.283	12	1752,08	
8	19-04-2014	1.931		0,00	119,01	3.618		0,00	408,56
	20-04-2014	1.660	3	602,41		3.874	4	344,17	
	21-04-2014	1.392		0,00		4.084		0,00	
	22-04-2014	1.445	1	230,68		3.249		0,00	
	23-04-2014	2.143		0,00		1.855	14	2515,72	
	24-04-2014	1.890		0,00		1.225		0,00	

	25-04-2014	1.935		0,00		1.247		0,00	
9	26-04-2014	1.526		0,00	231,44	2.383		0,00	34,89
	27-04-2014	1.455		0,00		1.964		0,00	
	28-04-2014	1.260		0,00		883		0,00	
	29-04-2014	1.028		0,00		4.000		0,00	
	30-04-2014	1.393		0,00		4.095	3	244,20	
	01-05-2014	242		0,00		4.158		0,00	
	02-05-2014	823	4	1620,09		3.990		0,00	
10	03-05-2014	1.145		0,00	703,40	3.226	10	1033,27	500,17
	04-05-2014	1.735		0,00		2.571	4	518,60	
	05-05-2014	1.388	1	240,15		3.285		0,00	
	06-05-2014	1.745	3	573,07		2.223	13	1949,32	
	07-05-2014	188	2	3546,10		3.254		0,00	
	08-05-2014	595		0,00		1.852		0,00	
	09-05-2014	1.181	2	564,49		2.886		0,00	
11	10-05-2014	981		0,00	88,72	2.457		0,00	84,46
	11-05-2014	1.316		0,00		1.580		0,00	
	12-05-2014	1.756	1	189,83		1.938		0,00	
	13-05-2014	1.546	2	431,22		2.819	5	591,23	
	14-05-2014	2.050		0,00		3.268		0,00	
	15-05-2014	1.118		0,00		3.293		0,00	
	16-05-2014	2.241		0,00		3.019		0,00	
12	17-05-2014	2.292		0,00	91,29	1.302	3	768,05	389,74
	18-05-2014	1.446	1	230,52		3.408		0,00	
	19-05-2014	1.632	2	408,50		4.099		0,00	
	20-05-2014	1.082		0,00		3.664		0,00	
	21-05-2014	1.869		0,00		2.891	17	1960,11	
	22-05-2014	2.055		0,00		1.728		0,00	
	23-05-2014	1.412		0,00		2.298		0,00	
13	24-05-2014	2.332		0,00	39,42	1.988	1	167,67	179,13
	25-05-2014	1.208	1	275,94		3.093		0,00	
	26-05-2014	1.018		0,00		2.893	5	576,10	
	27-05-2014	1.184		0,00		3.267	5	510,15	
	28-05-2014	1.635		0,00		3.406			
	29-05-2014	1.080		0,00		-			
	30-05-2014	1.165		0,00		2.314	3		

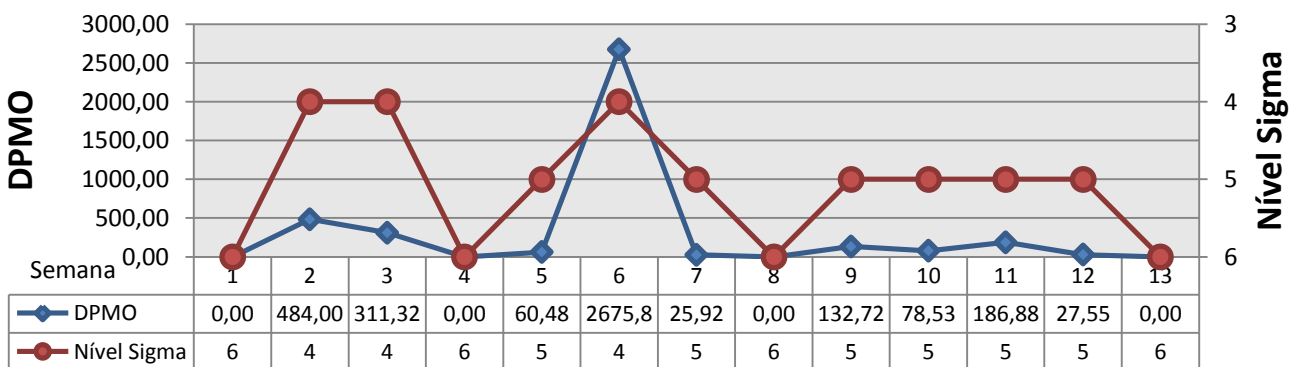
DPMO e nível Sigma - Linha de prensa 1



Linha de prensa 1

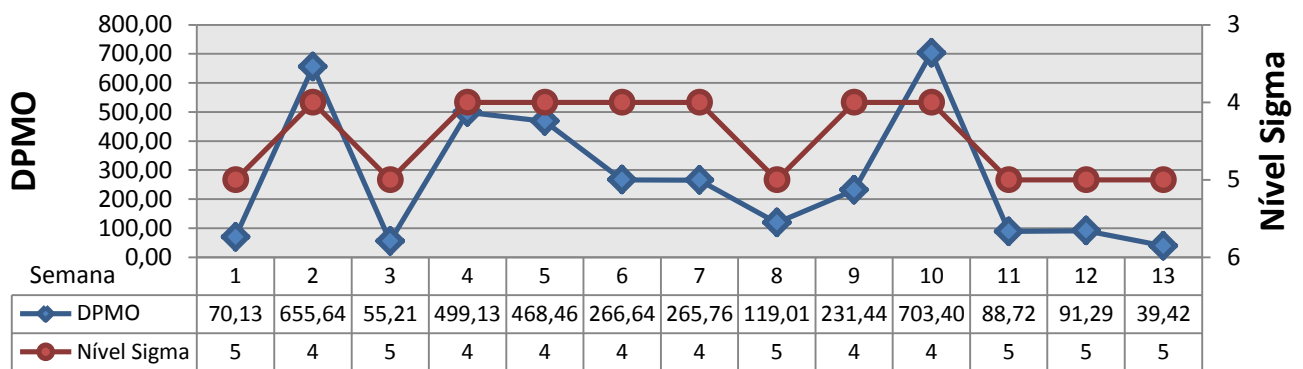
	DPMO	Nível Sigma
Média	340,43	4,7
Moda	-	4,0
Mediana	224,04	4,5
σ	362,83	0,72
LS	1.419,46	6,00
LI	0,00	4,00

DPMO e nível Sigma - Linha de prensa 2



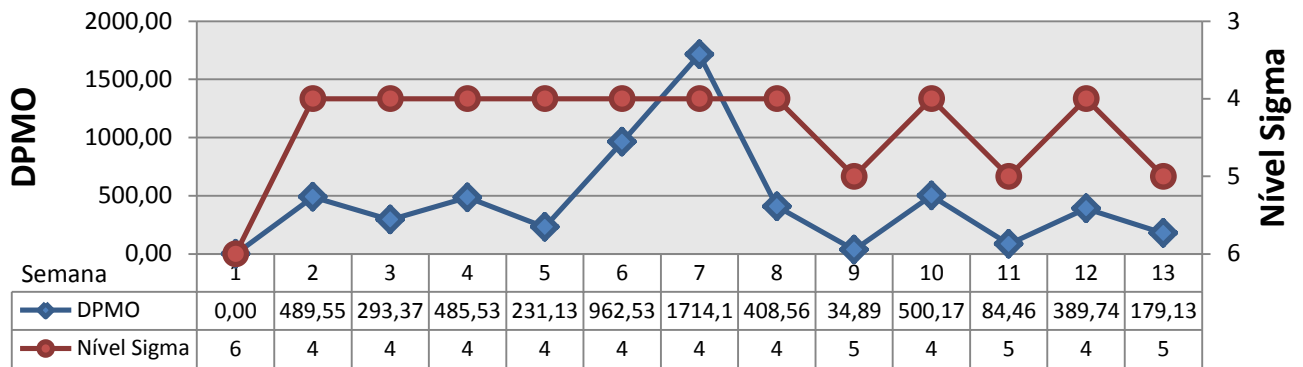
Linha de prensa 2		
	DPMO	Nível Sigma
Média	306,41	5,1
Moda	-	5,0
Mediana	69,50	5,0
σ	698,06	0,73
LS	2.675,85	6,00
LI	0,00	4,00

DPMO e nível Sigma - Linha de acabamento 1



Linha de acabamento 1		
	DPMO	Nível Sigma
Média	273,40	4,5
Moda	-	4,0
Mediana	248,60	4,0
σ	224,75	0,50
LS	703,40	5,00
LI	39,42	4,00

DPMO e nível Sigma - Linha de acabamento 2

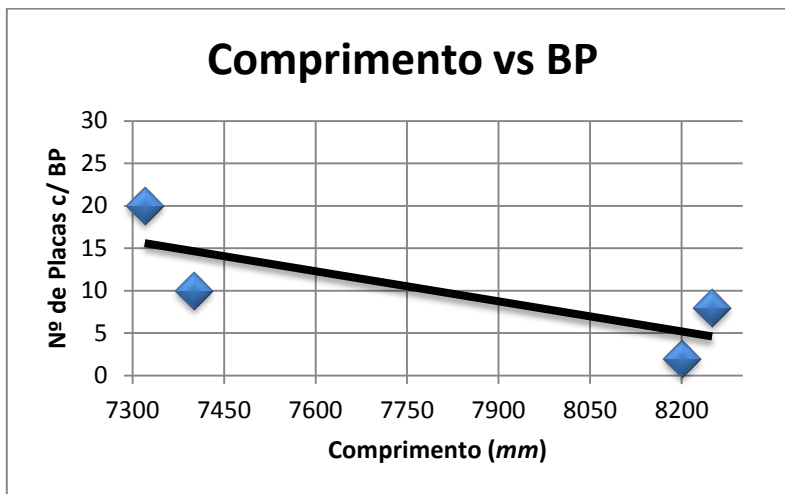


Linha de acabamento 2

	DPMO	Nível Sigma
Média	444,10	4,4
Moda	-	4,0
Mediana	399,15	4,0
σ	440,74	0,62
LS	1714,18	6,00
LI	0,00	4,00

ANEXO 6 – DIMENSÃO DA PLACA VS. OCORRÊNCIA DE BORDOS PARTIDOS

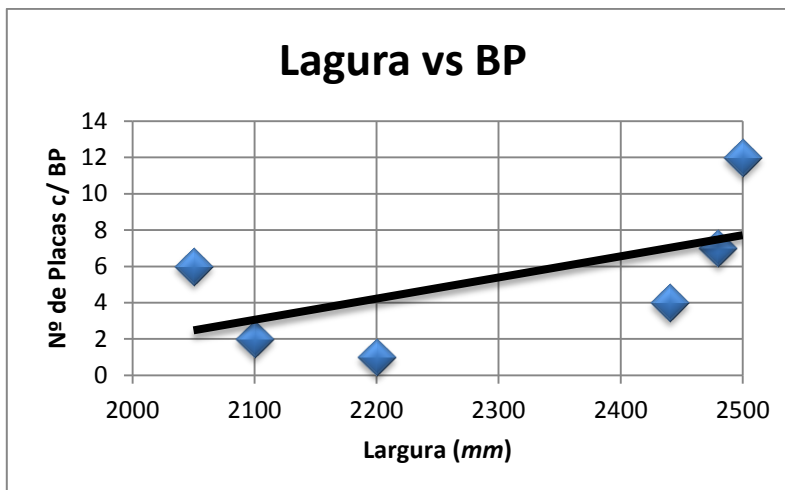
Linha de prensa 1:



$$y = -0,0118x + 102,14$$

$$R^2 = 0,6264$$

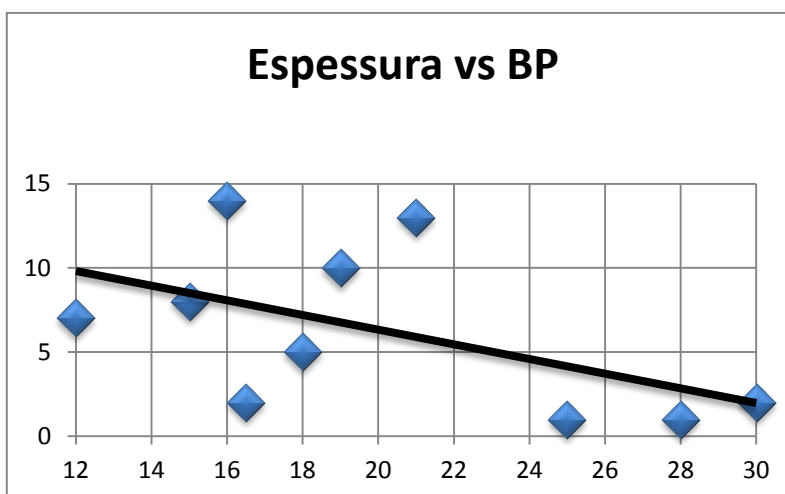
Quanto menor for o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação forte.



$$y = 0,0116x - 21,396$$

$$R^2 = 0,3494$$

Para comprimentos compreendidos entre 2000 – 2500mm: quanto maior o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação relativamente fraca⁷⁴.

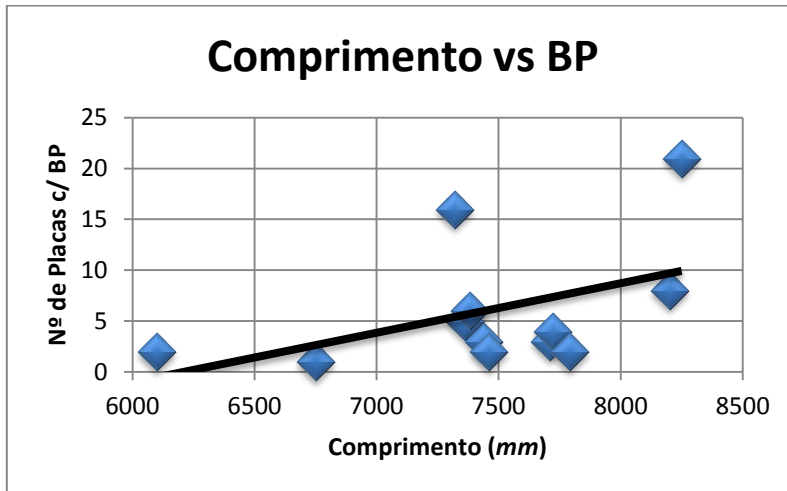


$$y = -0,4361x + 15,043$$

$$R^2 = 0,2747$$

Quanto menor a espessura, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação fraca.

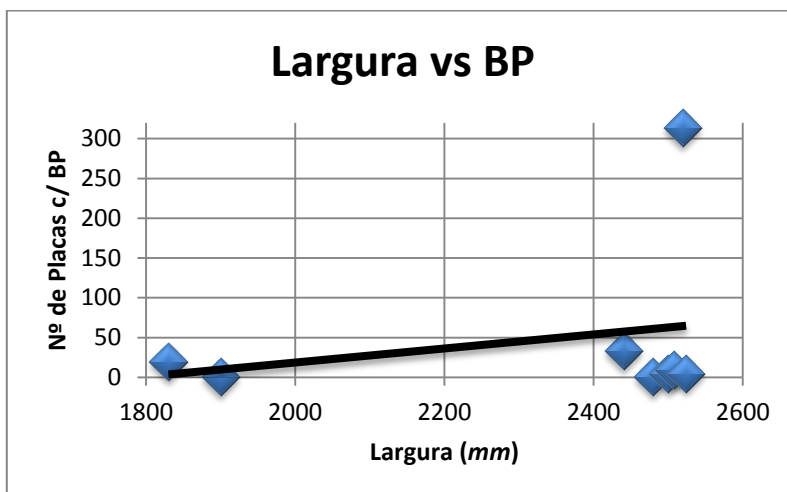
⁷⁴ Para esta análise considerou-se a largura de 1830mm um intruso, uma vez que sai da gama 2000-2500mm.

Linha de prensa 2:

$$y = 0,0049x - 30,206$$

$$R^2 = 0,2118$$

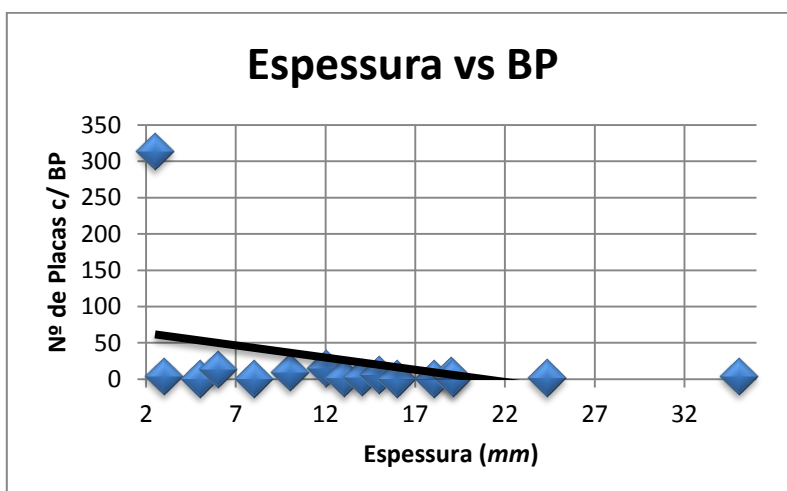
Quanto maior for o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação fraca⁷⁵.



$$y = 0,1109x - 201,66$$

$$R^2 = 0,0873$$

Quanto maior for a largura, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação muito fraca.

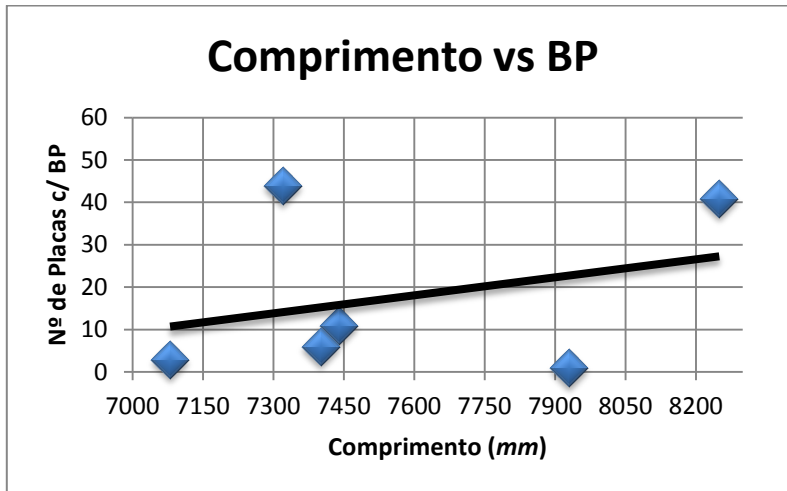


$$y = -3,3574x + 70,206$$

$$R^2 = 0,1345$$

Quanto menor a espessura, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação fraca.

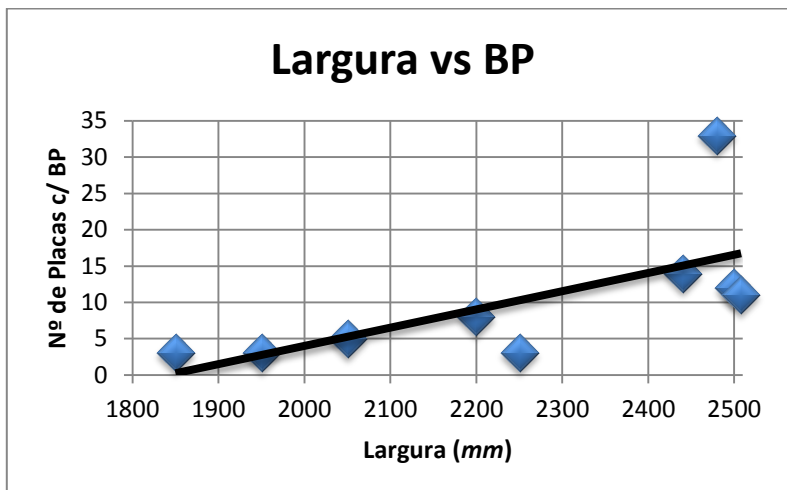
⁷⁵ Para esta análise considerou-se o comprimento 7600mm um intruso, uma vez que se partiram 311 placas da mesma produção, na linha de prensa 1, o que, muito provavelmente, implica que se partiram todas no mesmo sítio.

Linha de acabamento 1:

$$y = 0,0142x - 89,556$$

$$R^2 = 0,0987$$

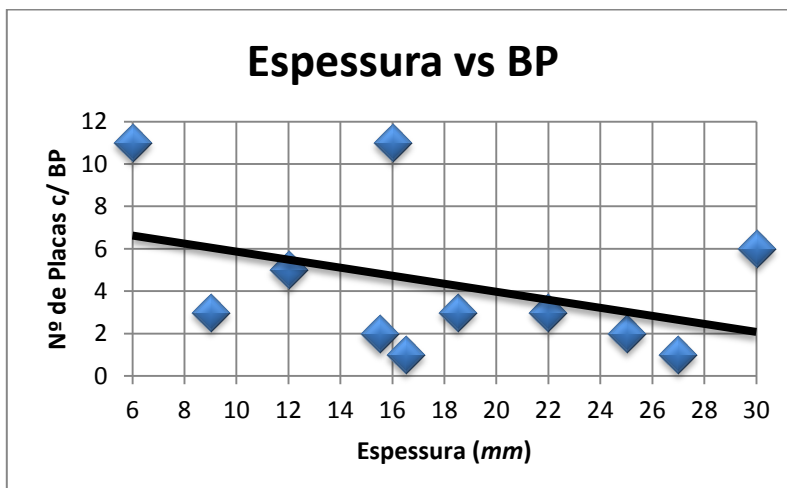
Quanto maior o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação muito fraca.



$$y = 0,0251x - 46,187$$

$$R^2 = 0,4432$$

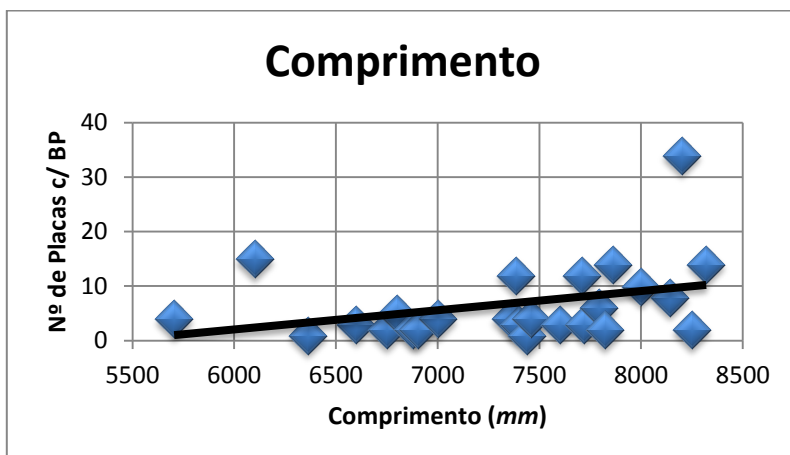
Quanto maior a largura, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação relativamente fraca.



$$y = -0,1895x + 7,7658$$

$$R^2 = 0,155$$

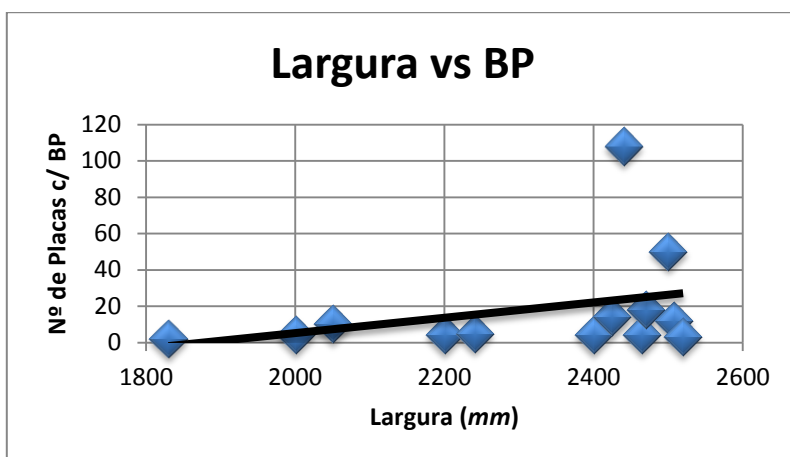
Quanto menor a espessura, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação fraca.

Linha de acabamento 2:

$$y = 0,0035x - 19,059$$

$$R^2 = 0,1146$$

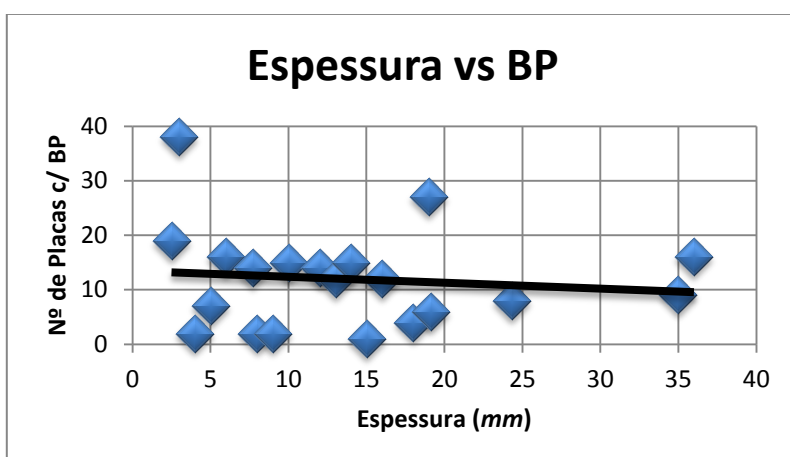
Quanto maior o comprimento, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação fraca⁷⁶.



$$y = 0,0179x - 31,415$$

$$R^2 = 0,1012$$

Quanto maior a largura, maior a tendência para ocorrer BP. Correlação fraca⁷⁷.



$$y = -0,1086x + 13,452$$

$$R^2 = 0,0129$$

Quanto maior a espessura, menor a tendência para ocorrer BP. Correlação muito fraca.

⁷⁶ O comprimento 7320mm foi considerado um intruso, uma vez que a sua ocorrência (69 placas) distanciava-se da média dos restantes comprimentos (7 placas).

⁷⁷ A largura 2440mm foi considerado um intruso, uma vez que a sua ocorrência (108 placas) distanciava-se da média dos restantes comprimentos (10 placas).

ANEXO 7 – TABELAS DOS LOCAIS E CAUSAS IDENTIFICADOS(AS)

DEFEITO	Bordos
ACABAMENTO	Partidos
	1

Local	Março	Abril	Maio	Total	Percentagem
Despaletizador	36	22	16	74	37,6%
Palete mal posicionada	24	16	12	52	70,3%
Não identificada	11			11	14,9%
Empurrador desalinhado		5		5	6,8%
Patolas desniveladas		1	3	4	5,4%
Placas mal paletizadas	1		1	2	2,7%
Não identificado	13	16	19	48	24,4%
Não identificada	13	16	19	48	100%
Antes do Acabamento	13	7	23	43	21,8%
Não identificada	11	5	10	26	60,5%
Garras do Luki	2	2	8	12	27,9%
Torceram na Pré-Calibradora			5	5	11,6%
Calibradora	10		5	15	7,6%
Aj. lateral c/ muita pressão	8		4	12	80,0%
Placas atravessadas	2			2	13,3%
Barra dos rolos de arrasto			1	1	6,7%
descaída					
Lixadora	2	3	1	6	3,0%
Placas atravessadas		3	1	4	66,7%
Não identificada	2			2	33,3%
Corte Transversal	5			5	2,5%
Esmilhado da Serra	5			5	100%
Formação de books		3	1	4	2,0%
Aj. lateral c/ muita pressão		2	1	3	75,0%
Não identificada		1		1	25,0%
Embalagem			2	2	1,0%
Lote caiu do empilhador			2	2	100%
Total	79	51	67	197	

DEFEITO ACABAMENTO	Bordos Partidos 2
-----------------------	-------------------------

Local	Março	Abril	Maio	Total	Percentagem
Causa					
Antes do Acabamento	36	329	19	384	55,4%
Não identificada	28	322	11	361	94,0%
Garras do Luki	8	7	8	23	27,4%
Despaletizador	35	12	33	80	11,5%
Patola descaída	5	8	14	27	33,8%
Patolas desniveladas	12		6	18	22,5%
Não identificada	12	3	2	17	21,3%
Palete mal posicionada	2	1	6	9	11,3%
Empurrador desalinhado	4			4	5,0%
Pressão das ventosas			3	3	3,8%
descalibrada				3	3,8%
Pressão dos calçadores		2	2	2,5%	
descalibrada				2,5%	
Não identificado	38	18	14	70	10,1%
Não identificada	38	18	14	70	100,0%
Corte Transversal	3	34	19	56	8,1%
Esmilhado das Serras	3	34	9	46	82,1%
Empurrador desalinhado			6	6	10,7%
Bateram num parafuso saído da		4	4	7,1%	
Serra 2				7,1%	
Corte Longitudinal		30		30	4,3%
Esmilhado das Serras		22		22	73,3%
Não identificada		8		8	26,7%
Mesa D	5	7	3	15	2,2%
Não identificada	5			5	33,3%
Telas desalinhadas		4		4	26,7%
Rebentaram as Telas			3	3	20,0%
Ajustador c/ muita pressão		3		3	20,0%
Calibradora		15		15	2,2%
Lábio sup. de saída descaído		15		15	100,0%
Mesa B			11	11	1,6%
Bateram num esticador das telas			11	11	100,0%
Lixadora	4	4	2	10	1,4%
Falta de arrasto	4		2	6	60,0%
Lábio de saída inf alto		3		3	30,0%
Empeno		1		1	10,0%
Mesa A	5		2	7	1,0%

Batente frontal preso	5			5	71,4%
Bateram nos ajustadores			2	2	28,6%
Mesa C	5			5	0,7%
Problema c/ o batente frontal	5			5	100,0%
Formação de books	1	1	2	4	0,6%
Não identificada			2	2	50,0%
Ajustador long. c/ muita pressão	1			1	25,0%
Bateu na estrutura		1		1	25,0%
Despaletizador B			4	4	0,6%
Placas atravessadas			4	4	100,0%
Embalagem			2	2	0,3%
Lote atravessado			2	2	100,0%
Total	132	450	111	693	