



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA
QUÍMICA



Estudo de caso da redução de quebra de folha de celulose através da aplicação de Metodologia Lean

Autor: Sabrina Boeira Nogueira

Orientador: Débora Jung Luvizetto Faccin

Coorientador: Marcelo Brasil Schumacher

Porto Alegre, setembro de 2023

Autor: Sabrina Boeira Nogueira

Estudo de caso da redução de quebra de folha de celulose através da aplicação de Metodologia Lean

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à COMGRAD/ENQ da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química

Orientador: Débora Jung Luvizetto Faccin

Coorientador: Marcelo Brasil Schumacher

Banca Examinadora:

Profª Drª Aline Schilling Cassini, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profª Drª Ligia Damasceno Ferreira Marczak, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre

2023

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, que em conjunto com o meu irmão, inúmeras vezes, proporcionaram o apoio financeiro e o carinho indispensáveis para que eu pudesse trilhar e concluir minha jornada na graduação.

Ao meu melhor amigo e companheiro, agradeço pelo apoio incondicional nos momentos mais desafiadores e pela compreensão naqueles em que minha presença foi limitada.

Aos amigos que compartilham comigo uma história de longa data, que vêm de muito antes da Universidade, agradeço a compreensão nos momentos em que estive afastada por conta de tantas provas e trabalhos. E aos amigos que fiz durante a graduação, quero expressar minha gratidão por compartilharem cada momento, desde desabaços até a troca de conhecimentos; as memórias que criamos permanecerão para sempre comigo.

Por fim, gostaria de estender meu agradecimento à minha orientadora e ao meu coorientador. Sua atenção, ensinamentos e compreensão foram fundamentais para o meu crescimento durante esta jornada. Suas contribuições são inestimáveis. Obrigada por aceitarem fazer parte deste momento tão importante no curso.

Mais uma vez, a todos que fazem parte deste agradecimento, minha profunda gratidão. Tenho a plena consciência do único e importante papel de cada um na minha trajetória até o momento.

RESUMO

A produção de celulose tem como características plantas de grande porte, com capacidade de produção em cerca de 1 a 2 milhões de toneladas anuais no Brasil e segundo dados recentes, se encontra na segunda posição entre os produtores mundiais de pastas químicas branqueadas de eucalipto. Em 2021, quase 70% da produção foi destinada à exportação, totalizando 15,7 milhões de toneladas, o que demonstra a elevada relevância que esta indústria assume no cenário econômico brasileiro. Além de sua importância econômica, a celulose é uma das substâncias mais presentes na vida moderna, compondo os mais variados produtos utilizados no cotidiano de diversas populações. Na produção de celulose, um gasto significativo é necessário na etapa que permite o fácil e econômico transporte, através da sua compactação, a etapa de secagem. A partir disto, este trabalho teve como objetivo a diminuição das perdas de produção por quebra de folha de celulose. Para alcançar este objetivo foram aplicadas metodologias Lean, que visam a diminuição de desperdícios por meio de uso de ferramentas de melhoria contínua para desdobrar o problema, encontrar suas causas e priorizar as ações de melhorias. Como abordagem de gestão de melhoria contínua foi utilizada a metodologia PDCA (Plan-Do-Check-Act). Após a estratificação e definição da causa raiz, foi estabelecido um plano de ação para a redução de perdas no processo. Como resultado destas ações foi obtida a diminuição de 81,4% de perda de produção por quebra de folha de celulose. Após a implantação das melhorias no processo conclui-se que a aplicação da metodologia PDCA mostrou-se fundamental para a empresa alcançar seus objetivos estratégicos e evoluir na utilização de metodologias da filosofia Lean.

Palavras-chave: celulose, melhoria contínua, Lean.

ABSTRACT

The production of cellulose has characteristics of large plants with a production capacity of around 1 to 2 million annual tons in Brazil. According to recent data, Brazil holds the second position among global producers of bleached eucalyptus chemical pulp. In 2021, nearly 70% of the production was allocated for export, totaling 15.7 million tons, highlighting the significant relevance of this industry in the Brazilian economic landscape. Apart from its economic importance, cellulose is one of the most prevalent substances in modern life, being a component of various products used in the daily lives of diverse populations. In cellulose production, a significant expense occurs in the stage that enables easy and cost-effective transportation through its compression – the drying stage. In light of this, the objective of this work was to decrease production losses due to cellulose sheet breakage. To achieve this goal, Lean methodologies were applied, which aim to reduce waste by utilizing continuous improvement tools to analyze the problem, identify its causes, and prioritize improvement actions. The PDCA methodology (Plan-Do-Check-Act) was employed as the approach for continuous improvement management. After stratification and identifying the root cause, an action plan was developed to reduce losses in the process. As a result of these actions, there was an 81.4% reduction in production loss due to cellulose sheet breakage. Upon implementing these process improvements, it can be concluded that the application of the PDCA methodology was crucial for the company to achieve its strategic objectives and advance in the utilization of Lean philosophy methodologies.

Keywords: *cellulose, continuous improvement, Lean.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho esquemático de uma indústria de fabricação de celulose.....	4
Figura 2: Subdivisão do setor de secagem e enfardamento de uma fábrica de celulose.....	5
Figura 3: Layout do <i>Aproch Flow</i>	6
Figura 4: Imagem esquemática dos principais componentes da <i>Fourdrinier</i>	7
Figura 5: Teoria de Wahlström para o nip de prensagem.....	8
Figura 6: Sistema de túnel de secagem e detalhamento do ventilador de distribuição de ar.	10
Figura 7: Caixas de descarga de ar quente no secador.	10
Figura 8: Imagem ilustrativa cortadeira de celulose.	12
Figura 9: Layout de uma linha de enfardamento de celulose.	12
Figura 10: Exemplo de Diagrama de Pareto	16
Figura 11: Layout do processo de secagem na empresa analisada.	18
Figura 12: Layout dos secadores das máquinas MS2 e MS3.....	19
Figura 13: Desvios de produção no ano de 2021.	21
Figura 14: Gráfico de estratificação de perdas de produção por evento.	21
Figura 15: Perdas de produção referentes a quebra de folha em 2021.	23
Figura 16: Foto de charutos encontrados nos secadores da MS2 e MS3.	24
Figura 17: Matriz de Priorização de Causas.....	24
Figura 18: Análise dos 5 Porquês para o problema de quebras de folha de celulose.	25
Figura 19: Plano de limpeza das caixas sopradoras.	27
Figura 20: Principais dados do procedimento de alterações dos parâmetros de ar no secador.	28
Figura 21: Gráfico comparativo de perda de produção por máquina nos anos de 2021 e 20202 e objetivo de perda total máxima estabelecida no estudo para o ano de 2022.	29
Figura 22: Perdas de produção referentes a quebra de folha em 2022.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela comparativa de perdas de produção nos anos de 2021 e 2022	29
---	----

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1	Processo de Produção de Celulose	3
2.2	Etapas de secagem e desaguamento	5
2.2.1	Approach Flow	5
2.2.2	Parte úmida e seção de prensas	6
2.2.3	Seção de Secagem	9
2.2.4	Seção de corte e enfardamento	11
2.3	Lean Manufacturing e melhoria contínua	12
2.3.1	PDCA (Plan-Do-Check-Act)	13
2.3.2	Ferramentas de gestão	15
3	Estudo de caso	18
3.1	Descrição da empresa e do setor	18
3.2	Detalhes operacionais das máquinas de celulose do estudo de caso	19
3.2.1	Objetivo do PDCA	20
3.3	Aplicação da Metodologia PDCA	20
3.3.1	Plan	20
3.3.1.1	Identificação do problema	20
3.3.1.2	Observação	20
3.3.1.3	Análise	23
3.3.1.4	Plano de Ação	25
3.3.2	Do	27
3.3.2.1	Execução das ações priorizadas	27
3.3.3	Check	27
3.3.4	Act	27
3.3.4.1	Padronização	27
4	Resultados	29
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXO A	34

1 Introdução

O setor de celulose e papel desempenha um importante papel na economia nacional e mundial por diversos motivos, dentre eles: geração de alta receita, elevados investimentos, influência no consumo ou na geração de energia advinda das indústrias integradas, impactos sociais e ambientais positivos e sobre outros diversos setores econômicos que se encontram à jusante ou montante da sua cadeia produtiva.

Em relação ao cenário nacional, de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), em seu Panorama geral da Indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo (LOURES; CAMPOS; SQUARIZ, 2021), o Brasil se encontra em primeiro lugar na exportação mundial de celulose. O Brasil também se destaca como referência mundial no plantio florestal e isso se deve às condições de clima e solo, além de décadas de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, técnicas de manejo florestal, melhoramento genético e práticas sustentáveis. O eucalipto e o pinus plantados hoje evoluíram em produtividade 40% a mais que as espécies/variedades trazidas ao Brasil, na sua origem (BATISTA DE OLIVEIRA; PINTO; TÉCNICOS, 2021).

Em 2020, no ranking mundial de produção de celulose (CORREA et al., 2021), o Brasil ficou em segundo lugar, com a produção de 21 milhões de toneladas, que representaram 11,3 % da produção mundial, ficando atrás somente dos Estados Unidos que produziram 50,9 milhões de toneladas. Logo abaixo do Brasil ficou o Canadá, com 15,4 milhões de toneladas e na sequência a China, com 14,9 milhões de toneladas.

Apesar de que a demanda mundial de papel gráfico tenha diminuído pela retração do uso de papéis para a impressão, devido a digitalização, a indústria de papel e produtos florestais como um todo está crescendo, pois, outros produtos de origem celulósica vêm sendo consumidos, como embalagens e lenços de papel (BERG; LINGQVIST, 2019), este impacto de consumo se intensificou pela demanda de produtos de higiene durante a pandemia, mas também há contribuição na compensação pelo aumento do uso de papel higiênico como resultado do aumento populacional e econômico.

Por outro lado, a celulose é uma commodity, ou seja, apresenta características semelhantes e homogêneas a outros produtos básicos comercializados em mercados globais, de forma é uma matéria prima para diversos produtos, apresentando traços de padronização. Dessa forma, possui baixa diferenciação, ou seja, é um insumo genérico e básico que é frequentemente baseada no preço e disponibilidade, em vez de atributos específicos do produto. Assim, o preço da celulose é influenciado por fatores econômicos e de mercado, como oferta e demanda e concorrência, de forma que flutuações no preço da celulose são atribuídas a uma combinação de fatores, como preferências de consumidores a produtos produzidos a partir da celulose que diminuem a demanda da matéria prima ou concorrência entre produtores a partir de novas fábricas ou capacidades de produção, à medida que uma maior produção é estabelecida no mercado a concorrência aumenta. No Brasil dentre os maiores projetos, em investimentos previstos são: Projeto Cerrado (R\$ 19,3 bilhões investidos pela Suzano), Projeto Sucuriú (R\$ 15 bilhões investidos pela Arauco), Projeto Puma II (maior investimento da Klabin, 12,9 bilhões), BIO CMPC (R\$ 2,75 bilhões investidos na fábrica de

Guaíba) e Projeto Figueira (nova fábrica de papelão ondulado da Klabin, com investimento de R\$ 1,57 bilhão) (FONTES, 2022).

Para uma empresa de celulose se manter estável num mercado sujeito a essas flutuações é importante adotar estratégias adequadas para enfrentar desafios e aproveitar oportunidades, como adotar diversificação de produtos, investir em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e melhorias de processos e também focar na eficiência operacional. Melhorar a eficiência operacional refere-se à maximização da produtividade e otimização de recursos disponíveis para a obtenção de resultados e pode ser realizada por meio de um conjunto de estratégias e práticas, como, por exemplo, analisar e melhorar processos através da identificação e eliminação de ineficiências e gargalos (pontos ou etapas em um processo ou sistema que restringem ou limitam a capacidade de produção, eficiência ou desempenho). Uma das etapas cruciais na eliminação de gargalos é a secagem, pois as paradas por quebras de folhas, devido à complexidade de limpeza dos secadores, podem levar horas, fazendo com que a disponibilidade da operação reduza consideravelmente. Também, nos secadores ocorre um dos maiores consumos de energia da indústria de celulose, por conta do meio de retirada de água, a evaporação.

A partir do contexto apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral estudar e analisar as causas de quebras de folhas de celulose em uma máquina de secagem. Como objetivos específicos têm-se: o estudo de equipamentos que compõem máquina, das perdas de produção e da aplicação de metodologia *Lean* e ferramentas de gestão na análise e resolução problemas (Histograma, Gráfico de Pareto, 5 Porquês, Matriz de Priorização e 5W+2H).

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Processo de Produção de Celulose

A celulose é um polímero de glicose classificado como polissacarídeo que compõe parede celular de diversos vegetais. Pode ser classificada quanto a sua fibra que pode ser curta ou longa e é o principal componente estrutural responsável por grande parte da resistência mecânica da parede celular vegetal (RONGPIPI et al., 2019). A celulose é extraída e utilizada como matéria prima de diversos produtos de uso cotidiano, como embalagens, papel higiênico e produtos de higiene em geral e componentes eletrônicos, produzida em grande escala é uma *commodity* mundial.

Os tipos de processo de extração de celulose de madeira são classificados de acordo com o tipo de polpação. A polpação nada mais é que o processo que a madeira ou qualquer outro material de fonte ligninocelulósica é reduzido a uma massa fibrosa denominada polpa. Esses processos podem ser químicos, semiquímicos ou mecânicos e conferem às pastas propriedades diferentes, de acordo com o processo empregado. O processo de produção Kraft é o mais utilizado entre os tipos de polpação química (SIXTA, 2006) . A expansão deste processo deu-se por conta de três fatores importantes: a possibilidade de adaptação a diversos tipos de madeiras, desenvolvimento de sistemas de recuperação eficientes e processos de branqueamento satisfatórios (D'ALMEIDA, 1988).

Segundo Sixta (2006), no processo de produção de celulose Kraft, após a picagem da madeira em forma de cavacos, a mesma é aquecida no digestor, com uma solução denominada licor branco composta de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio. O licor de cozimento é composto pelo licor branco e licor negro, este último, por sua vez e constituído por componentes da madeira dissolvidos. O licor de cozimento passa por um tratamento de recuperação que permite o aproveitamento dos componentes orgânicos e inorgânicos. Este processo de recuperação permite a produção de um licor concentrado que pode ser utilizado na produção de vapor para geração de energia, resultando na eliminação de efluentes de difícil tratamento. Em resumo, este processo ocorre da seguinte forma: o licor proveniente do digestor é concentrado em evaporadores e destinado a caldeira onde o combustível é o componente orgânico proveniente do licor negro, como por exemplo, a lignina. Na fornalha o sulfato de sódio é reduzido a sulfeto e os compostos inorgânicos de sódio são convertidos em carbonato. Estes componentes fundidos e diluídos em um licor branco fraco formam o licor verde. O licor verde é tratado com hidróxido de cálcio para converter o carbonato de sódio em hidróxido de sódio, que é utilizado no licor branco do cozimento. Dessa forma o ciclo de recuperação do processo Kraft é completado. Enquanto isto, a polpa celulósica química obtida no digestor é submetida a um processo denominado branqueamento, cujo objetivo é remover lignina remanescente.

Para a determinação de lignina remanescente em polpas de celulose utiliza-se um método indireto chamado de número kappa que, formalmente, significa o número de equivalentes da oxidação com uma solução de permanganato de potássio consumidos em reação com a polpa

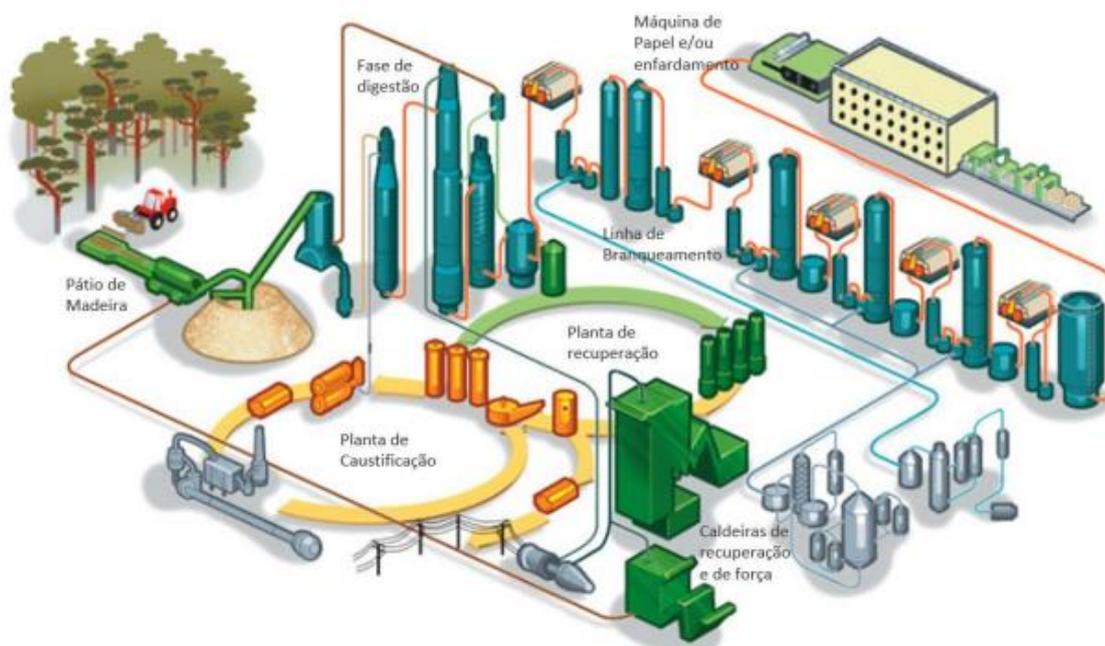
sob condições ácidas rigorosamente definidas (CORREIA; D'ANGELO; SILVA JR., 2019). Colodette et al., (2003) avaliaram o rendimento do processo de cozimento e a branqueabilidade da polpa kraft, compararam polpas usando residual alcalino alto e baixo e temperaturas alta e baixa, concluindo que as polpas produzidas em baixo álcali residual apresentaram maior rendimento e qualidade da polpa, exceto pela resistência ao rasgo, porém maior consumo de cloro ativo. Em complemento, as polpas produzidas em álcalis residuais elevados apresentaram menores teores de xilanas e de unidades de ácido hexenurônico (HexAs), durante a polpação protegem as xilanas contra as reações que diminuem o rendimento da polpa (JIANG et al., 2002). Resumindo, os parâmetros de polpação que favorecem o rendimento da polpa diminuem a branqueabilidade e vice-versa.

No processo de produção de celulose, há etapas que independem do tipo de polpação, como a lavagem, peneiramento, estocagem e depuração, sendo este último especialmente importante quando a polpa celulósica necessita de alto grau de pureza. (D'ALMEIDA, 1988).

Após depurada, a polpa pode ter dois destinos: uma fábrica integrada de papel ou ainda ser preparada para comercialização. Para o primeiro destino é necessária uma estocagem em consistência adequada, cerca de 10-15% (D'ALMEIDA, 1988). Já para ser vendida é necessário que a polpa seja secada, cortada em tamanhos padronizados, embalada e enfardada de forma adequada para armazenagem e transporte. A secagem da celulose ocorre em três grandes etapas na máquina de secagem, passando pela mesa formadora, prensas e por um equipamento de secagem por evaporação.

Uma imagem ilustrativa do processo de produção de celulose pode ser observada na Figura 1.

Figura 1: Desenho esquemático de uma indústria de fabricação de celulose.



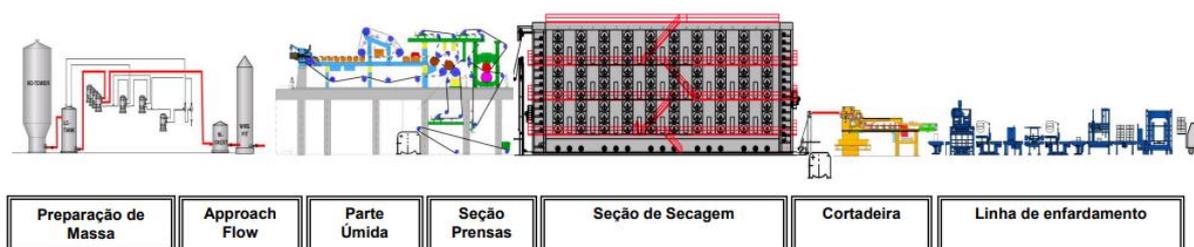
Fonte: Adaptado de Valmet (2018).

2.2 Etapa de secagem e desfardamento

O layout do setor de secagem e enfardamento de celulose é ilustrado na Figura 2. Ao total são 6 etapas que compõem o setor de secagem e enfardamento: *approach flow*, parte úmida, seção de prensas, seção de secagem, cortadeira e linhas de enfardamento. O *approach flow* recebe a polpa do preparo de massa.

No preparo de massa, ocorre a depuração da massa branqueada, na qual são retiradas as impurezas remanescentes na polpa após o processo de branqueamento, como resinas e areia, por exemplo. Através do *approach flow* a polpa entra no processo de secagem. A folha de celulose é formada na parte úmida da etapa de secagem da folha, em uma tela plana (chamada *Fourdrinier*) ou em um cilindro, com ou sem vácuo. A secagem da polpa na parte úmida da máquina ocorre através do desaguamento e vácuo. Ao final da parte úmida a polpa se encontra a 10% de teor de secos. Após a parte úmida, a próxima estação de secagem é a seção das prensas, que é composta por rolos ranhurados e rolos comuns revestidos por feltros. Após a seção de prensas o teor de secos da folha se encontra em torno de 42% e a mesma é destinada à secagem por evaporação para obtenção da folha com teor de secos de até 90%. Neste processo podem ser empregados dois tipos de secadores, os de cilindros aquecidos por vapor ou secador de colchão de ar (túnel). Esta etapa é de grande importância, pois, devido à forte adesão das moléculas de água às fibras, o que torna a sua remoção muito difícil, é preciso fornecer uma quantidade considerável de energia para que essa água seja removida (BIERMANN, 1996). O conjunto de equipamentos que compõe a parte úmida, seção de prensas, seção de secagem e cortadeira é comumente chamado de “Máquina de Secagem”. Após a saída da seção de secagem, a folha passa pela seção de corte, seguindo para a etapa final do processo, nas linhas de enfardamento.

Figura 2: Subdivisão do setor de secagem e enfardamento de uma fábrica de celulose.



Fonte: Sartec Consulting Pulp & Paper (2022).

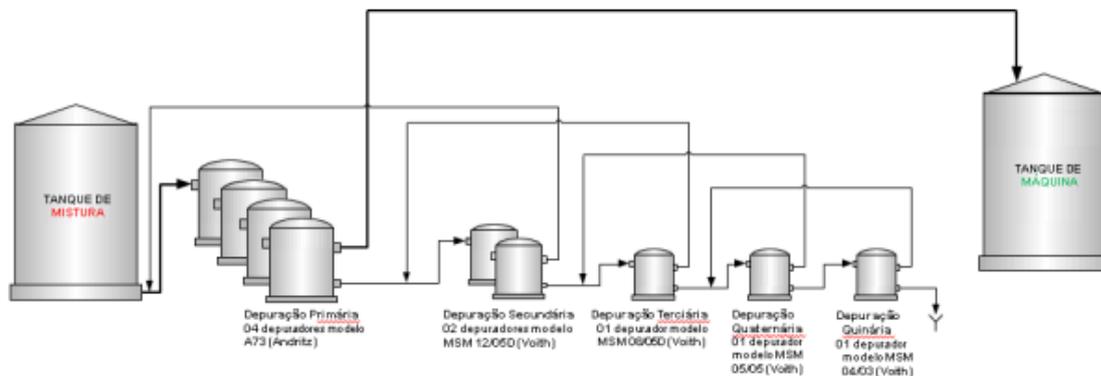
A seguir serão descritas, mais detalhadamente, algumas das subdivisões do setor de secagem para melhor entendimento do trabalho.

2.2.1 Approach Flow

A preparação de massa tem como objetivo eliminar as impurezas que podem ter sido transportadas junto com a massa branqueada. Envolve o uso de equipamentos dispostos em série, como depuradores, *cleaners* e filtros, a fim de aumentar a eficiência na remoção de contaminantes e assegurar a qualidade do produto final, sendo que a escolha do equipamento depende da massa e dimensão das impurezas. Estes equipamentos que fazem parte do caminho percorrido pelo fluxo de polpa celulósica desde a última torre de estocagem até a

caixa de entrada da máquina de celulose são classificados como componentes do *Approach Flow*. Um exemplo de layout do *Approach Flow* é esquematizado na Figura 3.

Figura 3: Layout do *Approach Flow*.



Fonte: Valmet/ Manual de Preparação de Massa (2022).

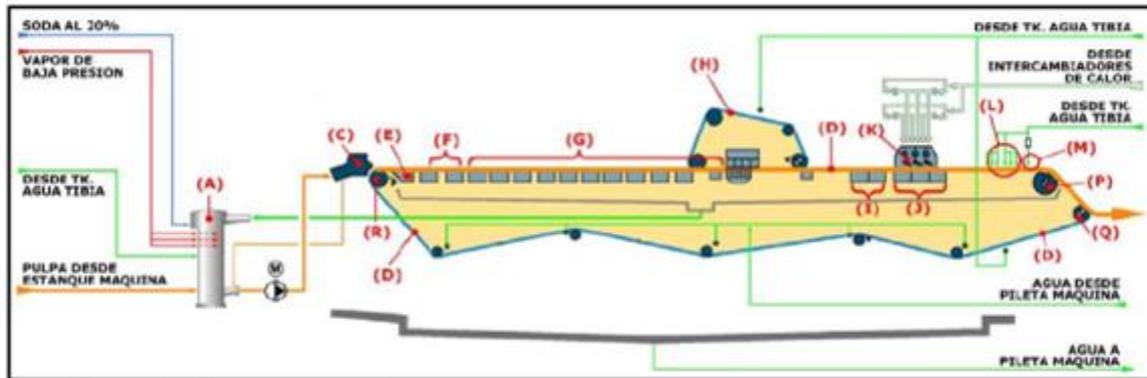
2.2.2 Parte úmida e seção de prensas

A massa pronta entra na mesa formadora através da caixa de entrada. A etapa de desidratação da polpa tem início na parte úmida do processo. A desidratação é realizada gradualmente, sendo utilizado desaguamento por gravidade, sistemas de vácuo e prensas. Isso permite extrair a água de forma controlada, resultando em uma folha contínua e resistente capaz de suportar as operações subsequentes que ocorrerão no secador.

Na seção das telas inicia-se parte úmida da máquina de secagem, seguida pelo formador de folha superior. Toda extensão responsável pela formação da folha, desde a entrada da massa celulósica até a entrada da seção das prensas é comumente chamada de *Fourdrinier*, que é ilustrada na Figura 4. Juntamente com a seção das prensas a *Fourdrinier* compõe a parte úmida da máquina de secagem de celulose. A massa de celulose entra na seção através de um tubo de distribuição (componente C da Figura 5), fornecendo suspensão homogênea para caixa de entrada. A polpa proveniente da caixa de entrada é espalhada sobre a tela principal (componente D) na qual ocorre a retirada de água através do desaguamento por gravidade e por elementos de drenagem. Na *Fourdrinier* os componentes de desaguamento da mesa plana consistem em: uma mesa formadora (componente E), caixas *hidrofoil* (componente F), caixas de baixo vácuo (componente G) e caixa de alto vácuo dupla e tripla (componentes I e J, respectivamente). No formador superior MB, que é indicada pelo componente H, a retirada da água ocorre através das telas inferior e superior com a operação de uma caixa de sucção. Outro componente importante para a formação da folha é o Rolo guia (componente R), que tem como objetivo suportar a tela e mantê-la paralela ao eixo transversal e ao eixo da caixa de entrada. Os rolos *Couch* e *Forward*, P e Q, respectivamente, transmitem o movimento da tela principal. O rolo *Couch* ainda faz a sucção da água da folha através de um sifão que se encontra em seu interior e o *Forward* é a referência de velocidade da máquina e permite a formação de nip da primeira prensa. Nip nada mais é que a extensão de contato entre os rolos da prensa e o feltro ou manta que reveste o rolo. Dois bicos delimitam e cortam a folha no sentido longitudinal, os bicos pichassos fixos e os móveis. Os fixos são localizados nos dois

lados da máquina que são encarregados de delimitar o formato da folha na saída da tela através de um jato de água com alta pressão, já os móveis cortam a folha através de um jato de água de alta pressão, formando uma faixa ou tira de folha em toda extensão da seção das prensas.

Figura 4: Imagem esquemática dos principais componentes da *Fourdrinier*.



Fonte: Valmet / Manual da Máquina de Secagem (2022).

A seção das prensas é a etapa que antecede a secagem por evaporação. Além de preparar a folha para a entrada na próxima etapa, segundo Poyry (1997), a seção das prensas confere a folha maior lisura e redução do volume específico. É uma etapa importante pois sua eficiência garante um menor consumo de vapor na etapa de secagem por evaporação, esta que possui elevado custo. A utilização da prensagem para a remoção de água apresenta um custo aproximadamente 20 vezes menor em comparação com a secagem por vapor, o que resulta em uma significativa economia nos custos de secagem e um aumento na produtividade (D'ALMEIDA, 1988). De acordo com D'Almeida (1988), analisando esses dados, pode-se concluir que o processo de secagem por vapor, realizado por meio do secador, é o mais oneroso. Aumentar o teor seco antes dessa etapa possibilita uma considerável economia de vapor ou um aumento na capacidade de produção na indústria de celulose, dessa forma, na seção das prensas, onde ocorre secagem mecânica, é onde deseja-se retirar o máximo de água possível antes da folha entrar no secador. O teor de secos da folha após a última prensa é em torno de 50 % (D'ALMEIDA, 1988).

Segundo Justo e Zimmermann (2006), as diversas teorias que tentam explicar o que ocorre no nip de prensagem funcionam baseadas em dados experimentais em máquinas-piloto. Extrapolando medições laboratoriais para as máquinas atuais, foi possível chegar em algumas correlações válidas. Com os avanços nos estudos descobriram-se mais variáveis nos processos e foi sendo aperfeiçoada a teoria. O modelo mais empregado é o de Wahlström, introduzido nos anos 60 e aperfeiçoado ao longo dos anos. Baseado nesta teoria, entende-se prensagem da água na folha como um processo de redução de volume. A carga aplicada na prensa é equilibrada pelas forças contrárias geradas dentro da folha e do feltro e pode ser dividida em duas partes: pressão hidráulica devido à resistência ao movimento da água para fora da folha e do feltro (pressão hidráulica) e a pressão mecânica requerida para comprimir, de forma que a pressão total do nip é a soma dessas duas pressões. O nip pode ser dividido em 4 fases, que são explicadas pela teoria de Wahlström (Figura 5).

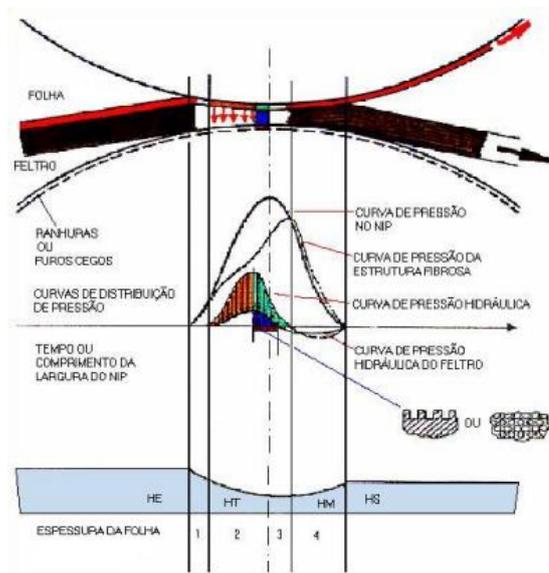
A fase inicial, indicada como “HE” na Figura 5, ocorre na entrada da zona de contato, onde a curva de prensagem começa afetando a camada externa da folha. Essa fase se estende até o ponto em que a folha fica saturada, enquanto o feltro ainda não atingiu a saturação. Durante essa etapa, a pressão total na estrutura fibrosa da folha aumenta devido à compressão, mas há pouca variação no teor de umidade da folha. A pressão total é absorvida sem comprimir a estrutura fibrosa.

A segunda fase (HT) ocorre a partir do ponto de saturação da folha até o ponto central da zona de contato. Nessa etapa, a folha está saturada e, com o aumento da pressão hidráulica, a água é transferida da folha para o feltro. O feltro também satura, resultando em um fluxo perpendicular de água através do feltro, que é expelida e ocupa os espaços vazios abaixo do feltro, escapando do sistema.

A fase HM começa no ponto central da zona de contato e vai até o ponto de máximo teor de umidade da folha na área de prensagem (nip). Nessa etapa, a folha está comprimida ao máximo permitido pela estrutura fibrosa, e a pressão hidráulica interna que expulsa a água da folha cai a zero, interrompendo qualquer fluxo de água. Durante essa fase de expansão, o feltro passa pelo ponto em que sua pressão hidráulica interna é nula, interrompendo a transferência de água do feltro para as áreas abertas de armazenamento temporário. O feltro volta a ficar não saturado.

Na última fase, HS, tanto o feltro quanto a folha se expandem. A folha absorve água do feltro, mas, devido à expansão, retorna a um estado não saturado. Ambos os materiais, folha e feltro, geram uma pressão hidráulica negativa. As forças de compressão atuando na estrutura da folha e do feltro são maiores do que a pressão total. O vácuo resultante da expansão é maior na folha do que no feltro, o que causa uma circulação de água e ar no interior do feltro e entre o feltro e a folha. Quando a folha e o feltro se separam no final da fase 4, a água presente na interface entre eles se divide devido à separação das camadas (WAHSTRÖM, 1969).

Figura 5: Teoria de Wahlström para o nip de prensagem.



Fonte: VOITH/ ENGINEERED REABILITY (2006).

2.2.3 Seção de Secagem

O último equipamento da máquina de secagem que efetua remoção de umidade da folha tem duas variações mais comuns, cilindros aquecidos por vapor e secadores tipo túnel. Porém, para qualquer secador de pasta celulósica os parâmetros mais importantes na consideração de desempenho da folha são: taxa de evaporação em quilo de água evaporada por área do secador por hora (kg H₂O evaporada/m²/h) e economia de vapor em quilo de vapor por quilo de água evaporada (kg vapor/ kg H₂O evaporada) (D'ALMEIDA, 1988).

De acordo com D'ALMEIDA (1988) os maiores problemas envolvidos neste processo são três:

- Dificuldade de desagregação do material seco;
- Perda de características de resistência da pasta durante a secagem;
- Redução da alvura da pasta em consequência da secagem.

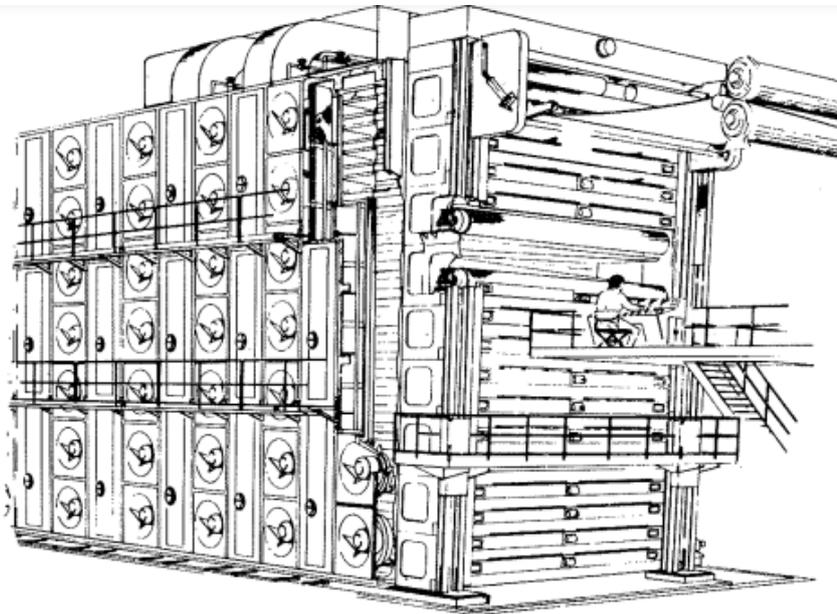
Enquanto as prensas devem operar no limite ou quase no limite, devido ao custo de extração mais elevado de retirada de água por evaporação no secador, processo de secagem deve receber uma atenção especial, devido a sua responsabilidade na consolidação de grande parte da qualidade do produto, que é definido pela umidade da celulose (SÉKULA, 2011). Durante esta etapa do processo de fabricação, a água presente nas fibras celulósicas, nos poros e nos espaços entre as paredes celulares está intimamente ligada, tornando difícil sua remoção por meios mecânicos.

Quanto aos fenômenos envolvidos neste processo, têm-se a transferência de calor e a transferência de massa. O calor é transferido pelo vapor à folha de modo a fornecer a energia necessária para a remoção da água que, depois de evaporada, é transferida para o ambiente pelo mecanismo de transferência de massa. Nos equipamentos de cilindros rotativos a capota é a responsável de transportar a água evaporada para a atmosfera, enquanto no secador de túnel são os ventiladores os responsáveis.

A secagem por ar quente, ou por colchão de ar (túnel), é uma forma de secagem por convecção, onde o ar aquecido transmite o calor à folha de celulose, absorve o vapor d'água e participa eventualmente no seu deslocamento (SMOOK, 2002).

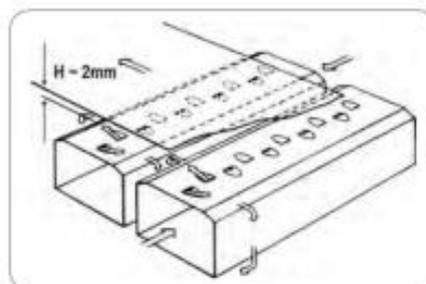
No sistema de túnel (Figura 6) a folha flutua sobre o ar aquecido que a seca. Essa flutuação ocorre pela formação de um chamado colchão de ar (uma aplicação prática do princípio de Bernoulli), formado pelo ar de circulação das caixas sopradoras (Figura 7) dispostas em estágios sucessivos (PIRES; KAUAN, 1988). A folha a ser seca entra no topo do equipamento circula no sentido horizontal, em vários passes, até o fundo do equipamento onde deixa o equipamento, em direção à cortadeira no sentido oposto ao que entrou. Ar menos quente, preaquecido pelo ar de exaustão, é alimentado no fundo do equipamento, preparando a folha para entrar em contato com o ar ambiente.

Figura 6: Sistema de túnel de secagem e detalhamento do ventilador de distribuição de ar.



Fonte: D'ALMEIDA/ Tecnologia de fabricação de pasta celulósica (1989).

Figura 7: Caixas de descarga de ar quente no secador.



Fonte: Smook (1990).

2.2.3.1.1 Circuito de ar no secador

O ar é recirculado diversas vezes por numerosos ventiladores (o ar é reaquecido com trocadores de calor aquecido por vapor) em ambos os lados do secador (LA – lado de acionamento e LC – lado de comando), e aproximadamente 95% do calor fornecido é enviado ao ar de exaustão. O ar de reposição é pré-aquecido em um economizador pela parte inferior do secador e parte do ar é retirado por exaustão e substituído por ar em temperatura ambiente. Em cada passe da folha o ar é aquecido por uma serpentinha de vapor e bombeado às caixas de descarga. A temperatura deste ar insuflado não ultrapassa 160°C. O condensado das caixas sopradoras é geralmente enviado às caldeiras (ABB, 1995).

Os radiadores de vapor ficam localizados dentro das torres de ventiladores no lado de sucção dos ventiladores de ar de circulação. Através do contato com a folha de celulose o ar é resfriado, mas durante sua passagem nos radiadores ele é novamente aquecido e soprado para dentro das caixas sopradoras.

Quanto ao sistema de suprimento de ar, o volume de ar descarregado deve ser recolocado com um volume correspondente de ar de suprimento pré-aquecido com o intuito de manter o balanço no processo de secagem. Isso é obtido pelos ventiladores de suprimento de ar, os quais sopram do fundo do secador o ar.

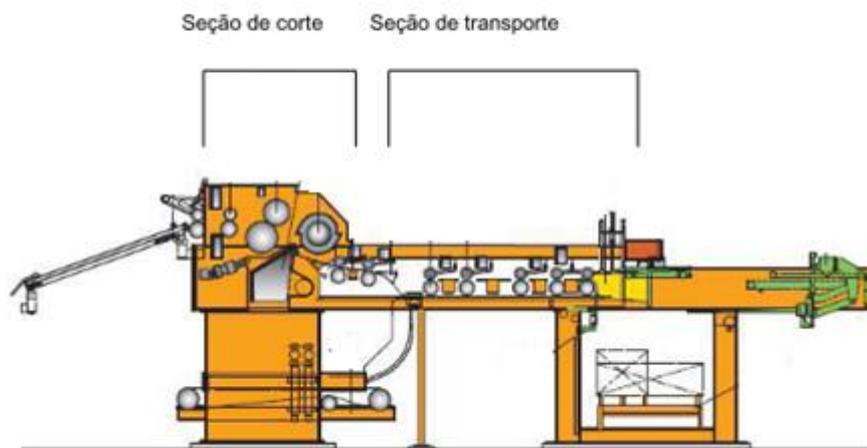
Na parte mais baixa do secador de celulose há uma camada de resfriamento, onde a folha é resfriada a uma temperatura adequada, antes da cortadeira (40°C), para que com a temperatura ainda elevada possa haver absorção de umidade do ar pela mesma e também pode evitar a reversão da alvura da folha.

A maioria dos problemas em secadores de colchão de ar é atribuída ao *damper*, um dispositivo que regula o fluxo de ar nos dutos, permitindo o controle da temperatura no trocador de calor ar/ar. Os *dampers*, compostos por palhetas, são controlados por meio de sistemas digitais de controle distribuído (SDCD), usando válvulas pneumáticas. O controlador ajusta a abertura da válvula conforme necessário para alcançar a temperatura desejada (CAMARGO, 2015).

2.2.4 Seção de corte e enfardamento

Após a saída do secador, com cerca de 90% de teor de secos, a folha de celulose é conduzida para a cortadeira (Figura 8). São realizados cortes primeiramente longitudinais e depois transversais (seção de corte), conferindo forma para que a celulose seja empilhada em folhas e descarregada em uma mesa transportadora (seção de transporte) formando fardos.

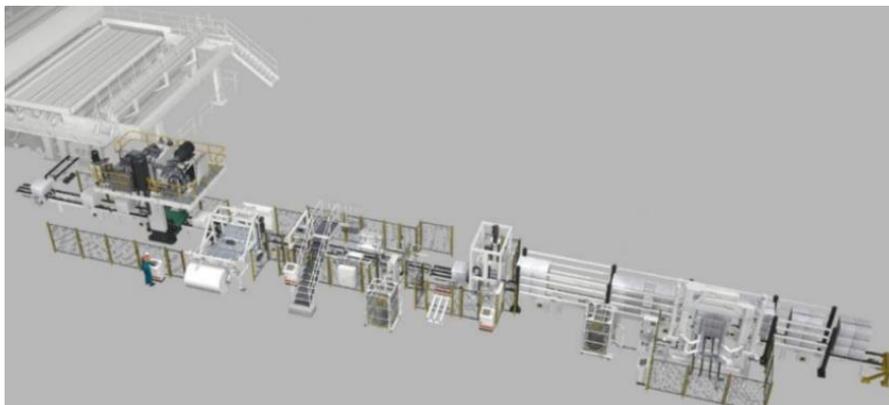
Figura 8: Imagem ilustrativa cortadeira de celulose.



Fonte: Valmet - Manual Operacional da Cortadeira (2023).

Na etapa de enfardamento os fardos são prensados, amarrados, embalados, identificados, empilhados em forma de *unit* (conjunto de quatro fardos aglomerados) e direcionados ao armazém de estoque para posterior transporte. Estas etapas são automatizadas em linhas de produção contínuas, compostas por transportadores e equipamentos como ilustrado na Figura 9.

Figura 9: Layout de uma linha de enfardamento de celulose.



Fonte: Valmet - Manual Operacional do Enfardamento (2023) .

2.3 Lean Manufacturing e melhoria contínua

O Sistema Lean é conhecido como uma revolucionária filosofia de gestão e um sistema de produção e negócios que tornou obsoleta a produção em massa (WOMACK; JONES; ROSS, 2004). A essência do Lean é eliminar desperdícios em todas as etapas do processo produtivo, buscando melhorar a eficiência, qualidade e satisfação do cliente. O termo "lean" (enxuto) refere-se à busca pela eficiência, ou seja, produzir apenas o necessário, com o mínimo de recursos, esforço e tempo, sem comprometer a qualidade. A abordagem Lean visa atender às

necessidades dos clientes de forma rápida e com alto valor percebido, evitando a produção em excesso, o estoque desnecessário e as atividades que não agregam valor. São cinco princípios direcionadores do Lean:

1. Identificar valor: compreender o que é valor para o cliente, ou seja, aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar.
2. Mapear o fluxo de valor: analisar todo o fluxo de atividades e processos, identificando onde o valor é criado e onde ocorrem desperdícios.
3. Criar fluxo contínuo: buscar eliminar gargalos e interrupções nos processos, permitindo que o trabalho flua de maneira contínua e sem interrupções desnecessárias.
4. Produzir conforme a demanda: evitar a superprodução, produzindo apenas o necessário e na quantidade adequada, conforme a demanda real do cliente.
5. Buscar aperfeiçoamento contínuo: incentivar uma cultura de melhoria constante, onde os processos são revisados e aprimorados de forma sistemática

Na gestão *Lean*, a busca pela melhoria contínua visa aprimorar todos os processos da organização, concentrando-se especialmente na otimização das atividades que agregam mais valor ao cliente. Simultaneamente, o objetivo é eliminar o máximo de atividades que geram desperdícios, tornando as operações mais eficientes e alinhadas com as necessidades dos clientes.

Segundo (BESSANT; CAFFYN; GALLAGHER, 2001), muitas organizações negligenciam padrões de comportamento imprescindíveis na implementação de melhoria contínua em ambientes de trabalho e acabam tendo insucesso neste processo. Para o mesmo, existem quatro fatores que são críticos para o pensamento de melhoria contínua ser inserido como cultura, que vão além de métodos e ferramentas:

1. Envolvimento dos gestores, com o intuito de orientar a equipe para a melhoria contínua;
2. Alinhamento e preparação da organização como um todo, integrando seus processos, pessoas e estratégias;
3. Aplicação de métodos e técnicas que atendam às necessidades da organização, tendo conhecimento deste método;
4. Compartilhamento de conhecimentos e experiências, ações bem ou malsucedidas levam ao aprendizado.

2.3.1 PDCA (*Plan-Do-Check-Act*)

O PDCA é um método de resolução de problemas e implementação de melhorias que fornece a estrutura para realizar melhorias contínuas em direção aos princípios Lean, permitindo que as empresas reduzam o desperdício, aumentem a eficiência e melhorem a qualidade dos produtos ou serviços entregues aos clientes. Ambos os conceitos trabalham juntos para alcançar maior eficácia, produtividade e satisfação do cliente.

Segundo Falconi (2013), o PDCA (Plan-Do-Check-Act) é um método de resolução de problemas baseado em quatro fases que somam ao total oito etapas:

- Plan (Planejar)

A fase planejar tem como objetivo principal estabelecer uma base sólida para o processo de melhoria, definindo metas claras e identificando os problemas ou oportunidades de melhoria. As etapas principais do Plan e seus respectivos objetivos são:

1. Identificação do problema: definir claramente o problema e reconhecer sua importância;
2. Observação: desdobrar o problema maior em problemas menores e definir a meta a ser atingida.

Katsuya Hosotani citou: *“As metas são estabelecidas para estreitar a distância entre o real e o ideal”*.

Segundo (FALCONI, 2014), lacuna é a diferença entre o resultado atual e o melhor resultado que se quer alcançar, ou seja, algum valor ideal. Uma das formas de estabelecer metas é definir uma porcentagem da lacuna que se deseja eliminar, de forma a aproximar o resultado real do esperado.

3. Análise: Descobrir as causas fundamentais para cada problema menor;
4. Plano de ação: Conceber um plano de ação para cada problema menor para bloquear as causas fundamentais, definindo responsáveis para cada atividade do plano, bem como um cronograma para execução das mesmas.

- Do (Fazer)

Esta fase tem como objetivo executar as ações planejadas e implementar as melhorias propostas, compondo a etapa cinco do PDCA:

5. Execução: esta é a etapa de bloqueio das causas fundamentais por meio da realização das atividades propostas no cronograma e pelos responsáveis definidos.

- Check (Verificar)

A verificação tem como objetivo principal identificar se os bloqueios das fases foram efetivos.

6. Verificação: nesta etapa é importante a comparação dos resultados obtidos até o momento e seus impactos no processo e também identificando a continuidade ou não do problema. Caso o problema persista é importante que se retorne à segunda fase para reavaliar o desdobramento do problema.

- Act (Agir)

Superada a fase de verificação, comprovando o bloqueio efetivo das causas, é importante que estabeleça as duas últimas etapas do ciclo PDCA de forma que os problemas não retornem e/ou que as melhorias se estabeleçam e se propaguem:

7. Padronização: realizadas as melhorias nos processos é necessário que todos envolvidos nas atividades sejam comunicados, treinados e que os padrões de operação sejam revisados ou elaborados;
8. Conclusão: no fechamento do projeto se deve realizar um balanço dos problemas remanescentes, efetuando um planejamento para ataque dos mesmos, ou ainda analisar a possibilidade de realizar projetos futuros.

2.3.2 Ferramentas de gestão

As ferramentas gerenciais são métodos que permitem a coleta, o processamento e a organização de informações com o propósito de gerar novos conhecimentos, auxiliando na estruturação de ideias e garantindo a conexão contínua com o foco da análise (FALCONI, 2014).

As ferramentas da qualidade desempenham um papel fundamental na implementação do PDCA, permitindo aprimorar a coleta, processamento e organização das informações essenciais para a melhoria e manutenção dos resultados. À medida que mais dados, fatos e conhecimentos são incorporados ao ciclo PDCA, aumenta-se a probabilidade de alcançar as metas estabelecidas e, conseqüentemente, a importância da utilização dessas ferramentas (WERKEMA, 1995). Algumas ferramentas serão descritas a seguir.

2.3.2.1 Estratificação

A estratificação tem como objetivo segmentar elementos com características semelhantes ou iguais, pois elementos com atributos parecidos geralmente têm causas em comum. Essas causas, chamadas de possíveis fatores de estratificação, são as principais responsáveis pela variabilidade no processo. Ao identificar padrões por meio da estratificação, é possível compreender melhor as causas e variações no processo, o que leva a uma melhor compreensão do problema em questão (WERKEMA, 1995).

A abordagem de estratificação busca determinar aspectos diferenciados do problema principal, como por exemplo, segmentar por tempo, local, tipo, sintoma ou outros fatores relevantes (FALCONI, 2014). Dessa forma, um problema com grande extensão pode ser dividido em subproblemas. Isso permite uma abordagem mais eficaz para a resolução das oportunidades identificadas no processo.

2.3.2.2 Histograma

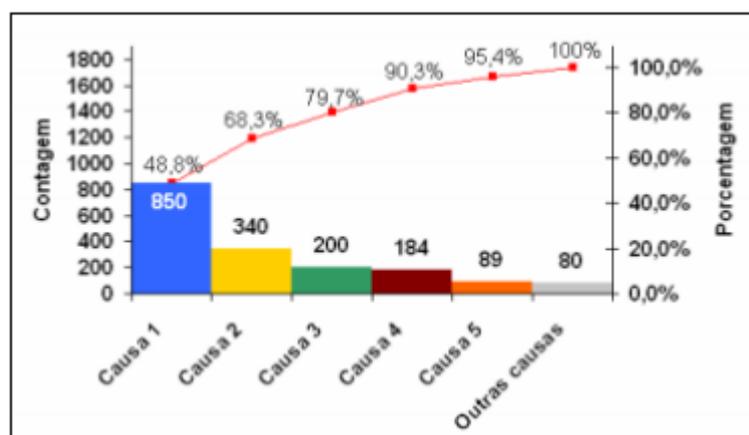
O Histograma, também conhecido como Diagrama de Distribuição de Frequências, é uma representação gráfica em colunas de um conjunto de dados dividido em classes. Cada coluna do histograma representa uma classe e sua altura indica a quantidade ou frequência com que o valor dessa classe ocorreu no conjunto de dados.

Através do Histograma, é possível visualizar de forma gráfica os valores centrais, a dispersão em torno desses valores e a forma da distribuição dos dados, fornecendo uma representação clara e visualmente informativa da distribuição dos valores.

2.3.2.3 Diagrama de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma representação que organiza as frequências das ocorrências em ordem decrescente, da maior para a menor, facilitando a identificação e priorização dos problemas por meio de um gráfico de barras. Em muitos casos, aproximadamente 20% das causas são responsáveis por 80% ou mais das consequências (COELHO; SILVA; MANIÇOBA, 2016). Assim, o Gráfico de Pareto apresenta as informações de maneira clara e evidente, permitindo a focalização dos esforços na melhoria das áreas que trarão os maiores ganhos (WERKEMA, 1995). Na Figura 10 têm-se um exemplo de Diagrama de Pareto.

Figura 10: Exemplo de Diagrama de Pareto



Fonte: Aguiar (2022)

2.3.2.4 Matriz de Priorização

A Matriz de Priorização é utilizada para priorizar determinado item de acordo com critérios pré-estabelecidos, por exemplo, impacto, por meio da priorização das causas definidas em uma análise de 5 Porquês ou das ações estabelecidas nos planos de ação utilizando o 5W+2H.

2.3.2.5 5W+2H

A ferramenta 5W2H é utilizada para realizar a gestão de planos de ação, tomando como base a resposta de 5 perguntas: *what?* (o quê?), *who?* (quem?), *when?* (quando?), *where?* (onde?), *why?* (por quê?), *how?* (como?) e *how much?* (quanto custa?) (FALCONI, 2014).

2.3.2.6 5 Porquês

Segundo Bicheno (2006), a ferramenta dos 5 Porquês é uma técnica que pode ser utilizada para encontrar a causa raiz de um problema. A ideia é perguntar, pelo menos, 5 vezes porque o problema está ocorrendo, de forma a sempre relacionar com a causa anterior. Pode ser que a pergunta tenha que ser realizada menos ou mais vezes, dependendo do problema a ser resolvido, o número 5 vem dos estudos de Taiichi Ohno, quem desenvolveu a técnica. De acordo com Taiichi Ohno, 5 perguntas são suficientes para encontrar a causa fundamental do problema.

3 Estudo de caso

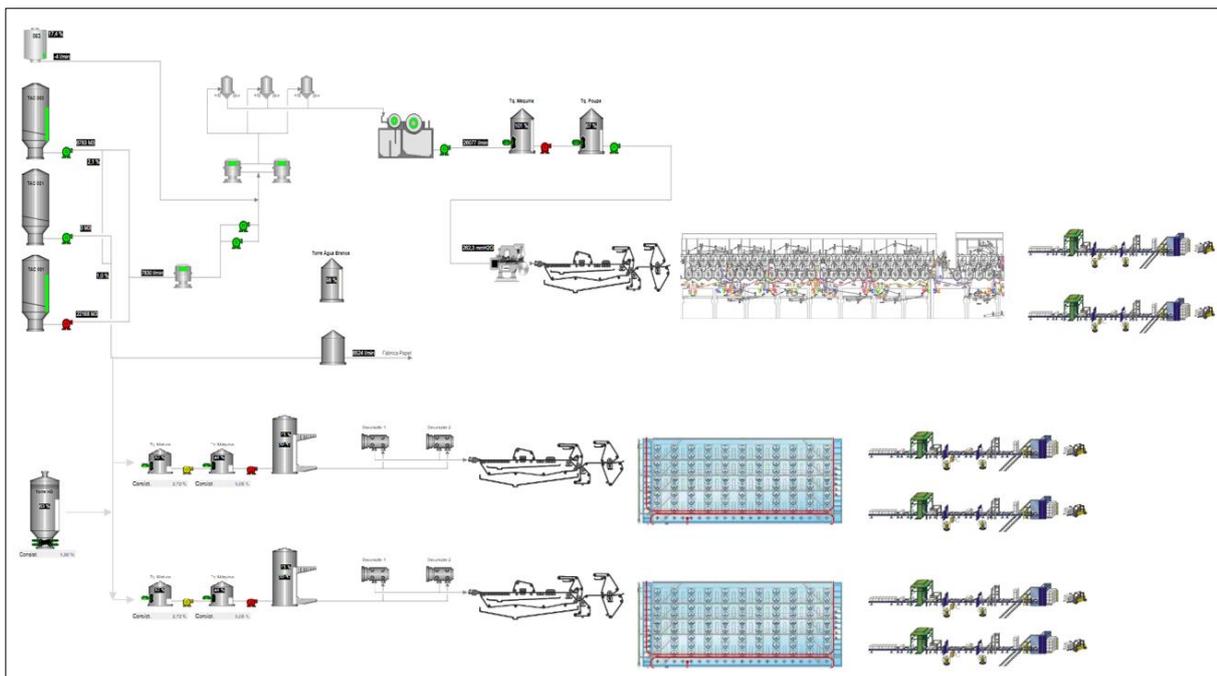
Nesta seção serão apresentados uma breve descrição da empresa estudada e do mercado abrangido e a descrição dos equipamentos analisados. As etapas do estudo de caso foram definidas conforme a metodologia escolhida.

3.1 Descrição da empresa e do setor

O estudo compreendido neste trabalho foi realizado em uma empresa do ramo de celulose e papel, multinacional da América Latina, que conta com 44 unidades industriais e que opera em quatro unidades de negócio: embalagens, celulose, madeira e tissue. A companhia conta com uma rede de comercialização e exportação atuando em 45 países. A planta industrial estudada é localizada em Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul, que atualmente trabalha com o negócio de celulose e também conta com uma fábrica de papel sulfite, dessa forma seus produtos são: papel de diferentes gramaturas vendidos em formato bobina e units de celulose.

Em relação ao negócio celulose, a planta utiliza três máquinas de secagem para efetuar a secagem de celulose. A mais antiga pertence à linha 1 (chamada G1) de produção (máquina MS1) e seu modelo é do tipo secagem por cilindros, enquanto as outras duas pertencem à linha de produção 2 (máquinas MS2 e MS3), estas duas são do modelo air float dryer, ambas instaladas em 2015. Para cada máquina existem duas linhas de enfardamento. A Figura 11 representa o layout atual de secagem no processo empregado pela empresa.

Figura 11: Layout do processo de secagem na empresa analisada.



Fonte: Adaptado pela autora de manuais Valmet (2023).

O setor estudado é o de secagem e enfardamento da linha 2, chamada G2, que conta com cinquenta e dois funcionários, dentre eles, um coordenador de área, dois assistentes técnicos, uma facilitadora operacional, dois estagiários técnicos, um estagiário de engenharia, trinta operadores de área e quinze operadores de SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído).

Na empresa há uma área de Melhoria Contínua que presta suporte metodológico às áreas de produção, manutenção e áreas transversais, a partir do modelo operacional estabelecido pela empresa, que se baseia em ciclos de melhoria e trabalhos de padronização. Os projetos de melhorias são definidos aos finais de ano, alinhados com os objetivos estratégicos estabelecidos pela empresa ligados à Segurança, Meio Ambiente, Qualidade, Produtividade e Custos.

Os dados de perda de produção foram extraídos do software utilizado pelos operadores de SDCD (Sistema de Controle Distribuído) para registrar desvios operacionais, o *Onfocus*[®]. Os dados de produção foram extraídos do *PI System*[®]. Os dados utilizados nos estudos compreendem perdas de produção de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

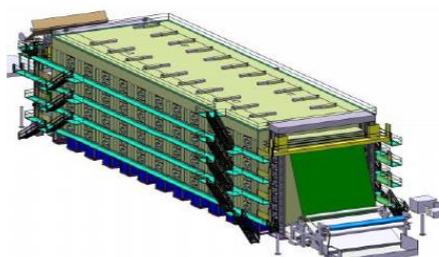
3.2 Detalhes operacionais das máquinas de celulose do estudo de caso

A perda de produção é relacionada à perda de produção de celulose vendável. A perda por qualidade (defeitos relacionados à especificação do produto final com a qualidade esperada), não são classificados como perda de produção na empresa.

Em relação à perda de produção, seu cálculo é baseado na diminuição do volume de produção. É um cálculo complexo realizado antes da entrada dos cavacos no digestor, por um dispositivo chamado medidor de cavacos. Este dispositivo relaciona a densidade da madeira com a sua rotação. A partir desta relação obtêm-se o tempo improdutivo, que relacionado com o objetivo de produção diária permite a obtenção da perda de produção. Dessa forma, por exemplo, se o secador, por qualquer motivo interrompe sua operação, mas retorna rápido o suficiente para que a entrada de cavacos no processo não necessite ser reduzida, a parada não gera perda de produção.

Na Figura 12 tem-se o layout dos secadores da empresa analisada. A dimensão destes secadores é: 47 x 15 x 17 m (comprimento, largura e altura). Cada secador tem capacidade de produção de 2.500 ADt/dia (toneladas secas ao ar por dia).

Figura 12: Layout dos secadores das máquinas MS2 e MS3



Fonte: Manuais Técnicos Valmet (2023)

3.2.1 *Objetivo do PDCA*

O objetivo do trabalho foi a redução de perda de produção por quebra de folha ocasionada por problemas operacionais e de manutenção na área de secagem de uma indústria de celulose localizada na região metropolitana de Porto Alegre. Neste contexto o PDCA teve como objetivo envolver a equipe multidisciplinar de especialistas, operação e de excelência operacional para o atingimento de uma meta estratégica da empresa e estimular a cultura de melhoria contínua sistêmica.

O escopo do estudo compreende eventos precedentes da operação e manutenção, excluindo da análise eventos de outros processos (como testes operacionais). A análise também não compreende eventos da etapa de enfardamento de folhas.

3.3 **Aplicação da Metodologia PDCA**

3.3.1 *Plan*

3.3.1.1 *Identificação do problema*

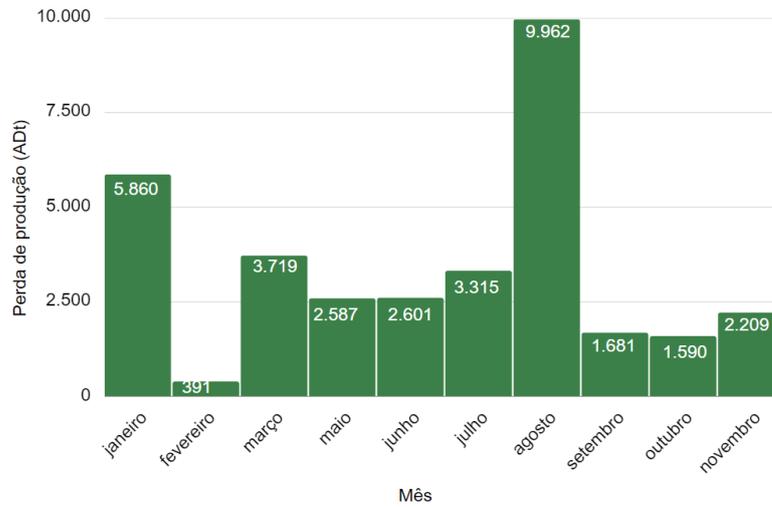
Durante o período de janeiro e dezembro de 2021 na maior linha da empresa estudada, responsável por mais de 80% da produção, foi constatada 33.915 ADt (*air dryer ton*, em português, toneladas secas ao ar, que é a umidade da celulose após a secagem em equilíbrio com o ar) de perdas de produção que impactaram diretamente na produtividade e consequentemente no faturamento da empresa. Estas perdas foram decorrentes principalmente de desvios operacionais que geraram diminuição do ritmo de produção e manutenções não programadas (corretivas).

A perda de produção impacta diretamente no ritmo do digestor que deve ser reduzido quando um dos setores da fábrica reduz a capacidade ou cessa por um período de horas suas operações.

3.3.1.2 *Observação*

A Figura 13 apresenta um histograma com as perdas de produção ao longo dos meses de 2021.

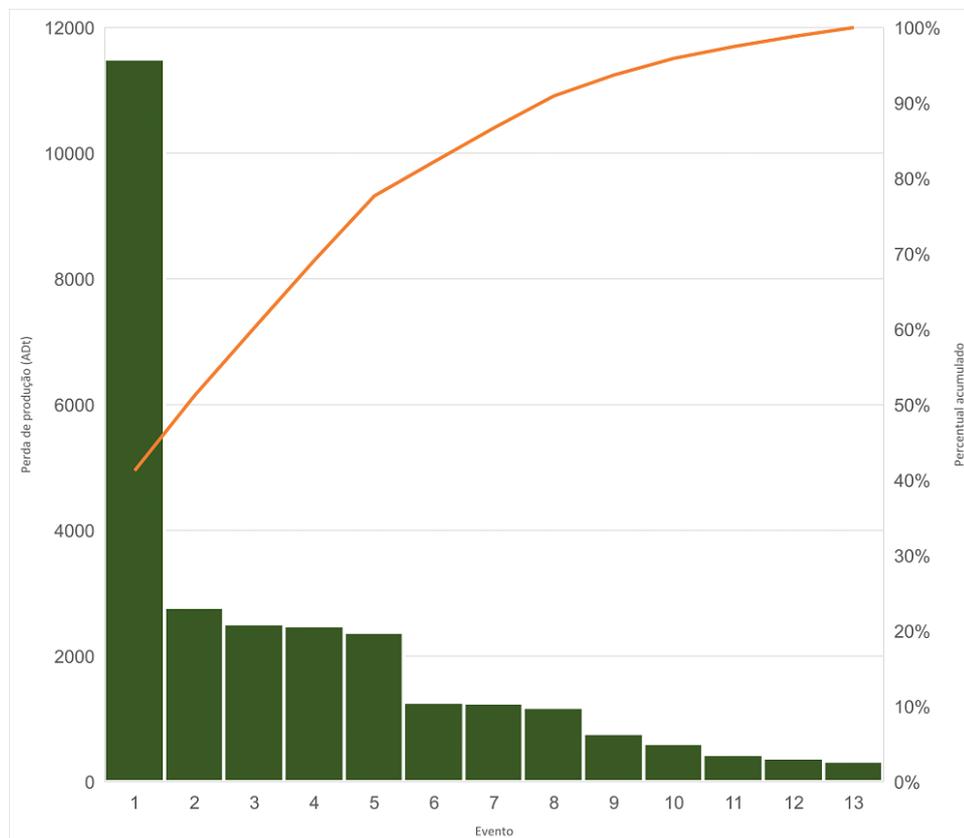
Figura 13: Desvios de produção no ano de 2021.



Fonte: A autora (2023).

Em relação aos 33.915 ADt, 11.516 ADt corresponderam a eventos de quebra de folhas que corresponderam a 41% (percentual acumulado), dos tipos de eventos classificados, como é possível observar no gráfico de pareto da Figura 14 (foram desconsideradas as perdas de produção para retomada de produção após parada programada de produção). Esses 41% de perda de produção representam, aproximadamente, 1% da produção total de celulose.

Figura 14: Gráfico de estratificação de perdas de produção por evento.



Fonte: A autora (2023).

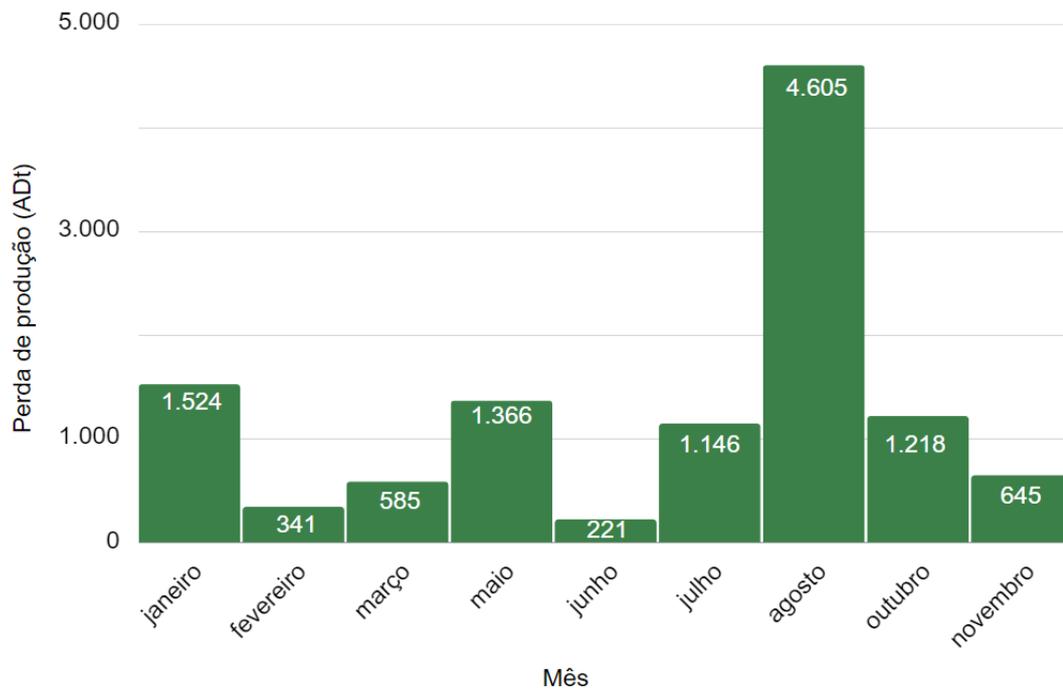
O evento 1 é composto dos todas as quebras de folhas que ocorreram em toda extensão da máquina de secagem, sem causa conhecida. O evento 2 à troca de feltro. O 3 e o 5 à troca de rolos da segunda prensa e terceira prensa, respectivamente. O 4 e o 6 compreendem eventos de redução de ritmo por ineficiência operacional de feltro e secador e por rolos, respectivamente. O 2, 7, 11 e 13 são eventos de perdas que ocorreram por parada não programada para troca de feltros, rolos, tela inferior e de tela formadora, respectivamente. O evento 8 corresponde a eventos de diminuição de ritmo por alto nível de estocagem de polpa após o preparo de massa. O evento 9 foi uma parada não programada para limpeza de rolo e o 10 por falha de sensor em rolo.

Dessa forma, a partir da análise dos dados foi definido como um dos objetivos melhoria fundamental (metas prioritárias da empresa) de produtividade da planta de celulose o desafio de garantir disponibilidade de produto para os clientes por meio da produtividade e estabilidade da planta, estabelecendo projetos de melhorias do indicador de perda teórica de produção. Assim, para o Setor de Secagem e Enfardamento G2, foi definido como projeto prioritário a redução de perda produção. Este trabalho apresentará o desenvolvimento de um estudo de redução de perda de produção através do uso de metodologia Lean, utilizando o ciclo PDCA (plan-do-check-act) focalizado nas quebras de folhas, que geraram 11.501 ADt de perda de produção e totalizaram 41% de todas as perdas no setor. Outras perdas não foram analisadas neste trabalho, mas outros projetos em paralelo ocorreram.

3.3.1.2.1 Estabelecimento da meta

Para estabelecimento da meta foi analisado um histograma de perdas por quebra de folha no ano de 2021 (Figura 15). A partir da diferença entre a menor perda de produção em um evento (221 Adt) e a maior perda de produção em um evento (4.605 ADt), chamada de lacuna, foi estudada pela equipe multidisciplinar e validada pelo líder da equipe, que a captura do projeto seria de 50% da lacuna, ou seja, a meta estabelecida foi de 2.192 ADt de perda total de produção para o ano de 2022.

Figura 15: Perdas de produção referentes a quebra de folha em 2021.



Fonte: A autora (2023).

3.3.1.3 Análise

3.3.1.3.1 Análise do processo

Na análise de processo foi feito um *brainstorming* com a equipe multidisciplinar a fim de ter hipóteses de causas de quebras de folhas. A equipe multidisciplinar foi composta por especialistas do processo: coordenador do setor, assistentes técnicos de produção, operadores de produção. Também facilitadores da área de Melhoria Contínua e da Manutenção compuseram a equipe. As hipóteses de causas levantadas correspondem a formação de charuto no secador. Chama-se de charuto uma espécie de rolo formado por delaminação da folha no secador. Na Figura 16 é possível observar os charutos formados no secador.

Figura 16: Foto de charutos encontrados nos secadores da MS2 e MS3.



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2021).

As causas de formação de charuto levantadas foram: desbalanço de ar no secador, instabilidade de processo, falha no sensor, falha no drive e falha no motor. Para priorização das causas foi elaborada uma matriz de impacto de todas as causas levantadas no processo, avaliadas pelos especialistas do processo, com notas de 1, 3 e 5 como válidas. As causas que obtiveram média das notas até 1,5 foram classificadas como de baixo impacto, maior que 1,5 até 3, foram classificadas como de médio impacto, maior que 3 até 5 foram denominadas de alto impacto. Esta última classificação é a maior e define a causa como crucial para continuidade operacional. A priorização ocorreu conforme a tabela da Figura 17. Foram cinco notas preenchidas para cada causa, por três especialistas e um representante da operação. A classificação final foi uma média das quatro notas, para cada hipótese de causa.

Figura 17: Matriz de Priorização de Causas.

Causa	Nome da causa	Notas - Impacto no Processo				Total	%	Classificação final	Priorizar
		A	J	T	Operação				
1	Desbalanço de ar no Secador	3	5	5	5	18	27.3%	4.5	SIM
2	Instabilidade de Processo	3	3	5	5	16	24.2%	4	SIM
3	Falha no Sensor	3	1	5	1	10	15.2%	2.5	NÃO
4	Falha no drive	3	3	3	1	10	15.2%	2.5	NÃO
5	Falha no Motor	1	3	3	5	12	18.2%	3	NÃO

Fonte: A autora (2023).

A partir da Matriz de Priorização, duas causas foram classificadas como de alto impacto e foram priorizadas. Através do uso da ferramenta dos 5 Porquês (Figura 18) chegou-se às causas fundamentais para cada causa priorizada.

Figura 18: Análise dos 5 Porquês para o problema de quebras de folha de celulose.

O que?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Nº da Causa	Causa Fundamental
Formação de charuto	Desbalanço de ar no Secador	Entupimento de radiadores	Não há inspeção periódica nos radiadores	1.1	Não há inspeção periódica nos radiadores
Formação de charuto	Desbalanço de ar no Secador	Entupimento das caixas sopradoras	Não há inspeção periódica nos sopradores	1.2	Não há inspeção periódica nos sopradores
Formação de charuto	Instabilidade de Processo	Condições da polpa	Kappa digestor	2.1	Kappa digestor
Formação de charuto	Instabilidade de Processo	Condições da polpa	Kappa designificação	2.2	Kappa designificação
Formação de charuto	Instabilidade de Processo	Condições da polpa	PH da polpa	2.3	PH da polpa
Formação de charuto	Desbalanço de ar no Secador	Controle da curva de pressão interna e temperatura do secador inadequadas	Dados de controle não atualizados	1.3	Dados de controle não atualizados
Formação de charuto	Desbalanço de ar no Secador	Diferença de distribuição de ar entre LC e LA do secador	Dumper desregulado	1.4	Dumper desregulado

Fonte: A autora (2023).

Todas as possíveis causas levantadas foram hipóteses baseadas na experiência do corpo especialista do processo. Das causas priorizadas levantadas desdobraram-se 7 causas fundamentais que foram tratadas no Plano de Ação.

3.3.1.4 Plano de Ação

Na etapa de elaboração do Plano de Ação, os responsáveis pelas ações e os prazos de conclusão para todas as ações definidas pela equipe foram definidos pelo grupo de trabalho. Algumas das ações propostas foram divididas em etapas para facilitar a execução. Uma tabela para acompanhamento do projeto com a ferramenta 5W+2H foi criada (Anexo A) e para melhor acompanhamento, além das colunas do 5W+2H, adicionou-se uma coluna com etapas das ações. Ainda, para criar intimidade com o método, foi incluída uma coluna que relaciona a ação com o impacto no processo, se é melhoria ou padronização.

Para a causa “PH da polpa” foi definida a ação de implementar um controle de pH que reduza a variabilidade e consequentemente a redução do uso de ácido sulfúrico (utilizado para corrigir o pH, quando necessário, da polpa advinda do branqueamento), a fim de padronizar etapas do processo e em seguida, tornando o sistema mais robusto. A variabilidade do pH pode tornar as condições da polpa não adequadas para o processo de secagem, fazendo com que ocorram quebras. As ações para esta causa dividiram-se em três etapas:

- Definir a faixa de pH a fim de se padronizar a faixa de pH adequada e incluir no controle de Diário de Bordo de variáveis críticas, para então poder ser reduzida a variabilidade do pH e consequentemente o consumo de ácido sulfúrico;
- Desenvolver um estudo com o apoio de uma empresa que desenvolva uma análise de variabilidade do pH da polpa que entra no processo de depuração branqueada para assim, validar e melhorar a faixa definida na etapa anterior;

- Instalar um controle avançado de pH entre o processo de branqueamento e secagem.

Para a causa “Entupimento de Radiadores/Caixas Sopradoras” a ação de planejar a limpeza técnica periódica foi dividida em três etapas que têm como objetivo reduzir o consumo de vapor e produção de charuto no secador. Com o entupimento dos radiadores, por conta do acúmulo de sujeira, a troca de calor é prejudicada, fazendo com que mais vapor seja necessário para aquecer o ar nos radiadores, prejudicando assim a secagem da folha no secador. O acúmulo de sujeira também prejudica a passagem do ar nas caixas sopradoras e assim, menos ar soprado faz com que o colchão de ar não seja formado adequadamente. O entupimento dos radiadores e das caixas sopradoras colocam a folha em situação de possível delaminação, podendo ocorrer a formação de charuto. A seguir, as três etapas definidas para mitigar a causa:

- Elaborar plano técnico de limpeza via *software* SAP;
- Abertura de SM (Solicitação de Mudança) no Portal de Engenharia;
- Instalação de telas para as tubulações do sistema de insuflamento do secador e organização da rotina de limpeza para os operadores;

Para a causa “Kappa deslignificação/ digestor” foi definida a ação de padronizar o limite aceitável de kappa. A hipótese foi que um maior número kappa no processo indica necessidade de maior ataque químico no processo de deslignificação, que pode ocasionar fragilização das fibras celulósicas e conseqüentemente maior probabilidade de quebra de folha. As três etapas são:

- Estudo de correlação avaliando ocorrências de formação de charuto e comparando com o kappa no instante exato em que houve essa formação;
- Definição das faixas de kappa para se trabalhar, por meio de um estudo, entender qual a melhor faixa de kappa para se trabalhar.
- Implementação de controle de kappa, um controle avançado para kappa da deslignificação e seu desvio padrão.

Para a causa “Dados de controle não atualizados” foi definida a ação de padronizar alterações nos parâmetros de controle do balanço de ar do Secador por meio do desenvolvimento de um padrão de fluxograma de informações para atualização de dados e controles do sistema de automação DNA da Mesto, que é uma tecnologia que auxilia na previsibilidade dos processos. Foi identificado que não há um fluxo de informações que administre uma eventual mudança nos parâmetros de controle do DNA. Com o procedimento padronizado, a cada atualização a informação chegaria em todos interessados.

Para a causa “*Dumper* desregulado”, como ação, se definiu a padronizar alterações nos parâmetros de controle do balanço de ar do Secador, atualizando a regulação do *Dumper*. A desregulação resulta em desbalanço de ar no secador. Para a implementação desta melhoria, foi traçado o objetivo de alinhar com o fornecedor o ajuste deste parâmetro.

3.3.2 Do

3.3.2.1 Execução das ações prioritizadas

As ações foram registradas no Sistema de Gestão integrada da empresa, o *SoftExpert Excellence Suite*® e acompanhadas nas reuniões da equipe do projeto, nos Diálogos de Desempenho (reunião diária dos especialistas do processo). Os reportes à gerência e diretoria foram feitos quinzenalmente em uma reunião cujo objetivo é apresentar o andamento das ações dos projetos prioritários da planta. Além disso, na tabela do plano de ação foram preenchidas observações durante a execução do plano.

3.3.3 Check

Na etapa *Check* foi realizada a verificação de bloqueio, por meio da coleta de dados dos motivos parada das máquinas e as respectivas perdas de produção que ocasionaram.

3.3.4 Act

3.3.4.1 Padronização

Para que as melhorias se mantenham na rotina de trabalho do setor de secagem e para que novas possam vir a ser sugeridas, padronizou-se os planos de limpeza de radiadores e caixas sopradoras no *software* SAP® (o último representado na Figura 19), foi inserido no *SoftExpert Excellence Suite*® o procedimento de instrução para alterações dos parâmetros de controle de ar no secador (Figura 20) e foi inserido no controle diário de variáveis o número kappa e o pH, após instalação do controle.

Figura 19: Plano de limpeza das caixas sopradoras.

The screenshot displays the SAP PM (Plant Maintenance) interface for a cleaning task. The main title is 'MS3-LIMPEZA DAS CAIXAS DO SECA...'. The 'Objeto de referência' (Reference Object) section shows 'Loc. instalação' as '765-28-2868' and 'SECAGEM CELULOSE 2'. The 'Dados de planejamento' (Planning Data) section includes: 'Centro planej.' as '4901 Celulose', 'Grp.plnj.PM' as '103 SECAGEM', 'Tipo de ordem' as 'CR02 504-Planos Automáticos', 'Tp.ativ.PM' as 'R05 Preventiva Cronológica', 'CenTrab respon.' as 'CTMA103 / 4901 MECÂNICA - SECA...', 'Divisão' as an empty field, 'Prioridade' as 'Média', and 'Norma de apropriação' as an empty field. The 'Lista de tarefas' (Task List) section shows a task with 'Tp.' as 'A', 'GrpLisTar.' as '6125', 'NmdGp' as '1', and 'Descrição' as 'LIMPEZA DAS CAIXAS DO SECADOR'.

Fonte: Extraído do SAP® da empresa estudada (2023).

Figura 20: Principais dados do procedimento de alterações dos parâmetros de ar no secador.

Descrição
Responsável/Executante: Especialista de produção
Área/Processo relacionado: Secagem e Enfardamento G1 e G2
Objetivo Criar padrão para fluxo de alteração de controle e dados no DNA Metso.
Descrição (passo a passo)
Operador ou Especialista de Produção propõe a alteração de controle ou dados no Foxboro ou DNA Metso.
Coordenador de processo e/ou de manutenção aprova a alteração de controle ou dados.
Especialista de Produção cria MOC no portal Zeev e/ou nota de manutenção no SAP solicitando a modificação.
Automação analisa e realiza a alteração solicitada.
Especialista de Produção divulga alteração para as partes interessadas (operadores e coordenadores).

Fonte: Extraído do SoftExpert Excellence Suite[®] da empresa estudada e adaptado pela Autora (2023).

4 Resultados

A partir do estudo e das ações realizadas houve uma diminuição de 81,4% de perda de produção por quebra de folha no ano de 2022 em relação ao ano de 2021. Foi um resultado significativo. O objetivo da aplicação da metodologia PDCA foi a redução da perda para 2.192, obteve-se uma diminuição maior, para 2.139 ADt.

Na Tabela 1 são apresentados dados de perdas de produção para os anos de 2021 e 2022, onde é possível observar a redução de 25.469 ADt totais e de 9.362 ADt para perdas referentes à quebra de folha.

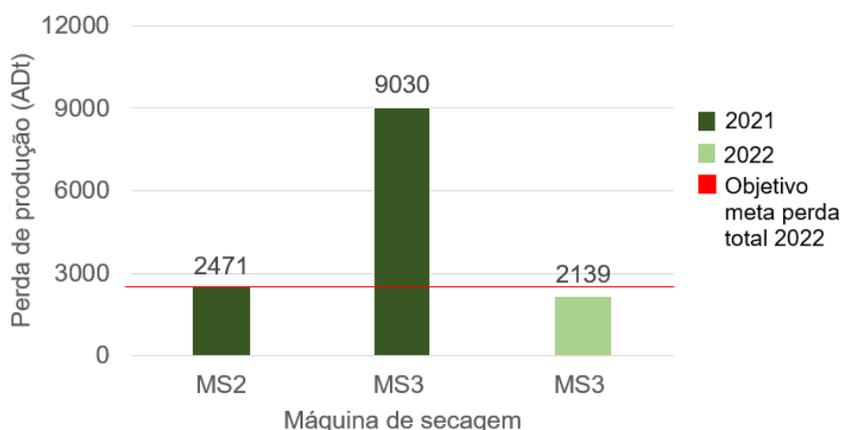
Tabela 1: Tabela comparativa de perdas de produção nos anos de 2021 e 2022

Ano	Perda total (ADt)	Perda por quebra de folha (ADt)
2021	33.915	11.501
2022	8.446	2.139

O impacto da diminuição da perda de produção como um todo contribuiu para o alcance do recorde de produção da companhia em toda história. Em 2021 a companhia produziu 1.983,422 ADt de celulose. No ano de 2022 foram 2.009,203 ADt, resultando em um aumento de 25.781 ADt.

Quanto a perda de produção, na Figura 21 tem-se uma comparação entre perda de produção no ano de 2021, perda de produção em 2022 e a meta estabelecida a partir do estudo (2.192 ADt), detalhada por máquina. Enquanto no ano de 2021 a perda na MS2 chegou a 2471 ADt, no de 2022 chegou a zero. Para a MS3 diminuiu 6891 ADt.

Figura 21: Gráfico comparativo de perda de produção por máquina nos anos de 2021 e 2022 e objetivo de perda total máxima estabelecida no estudo para o ano de 2022.

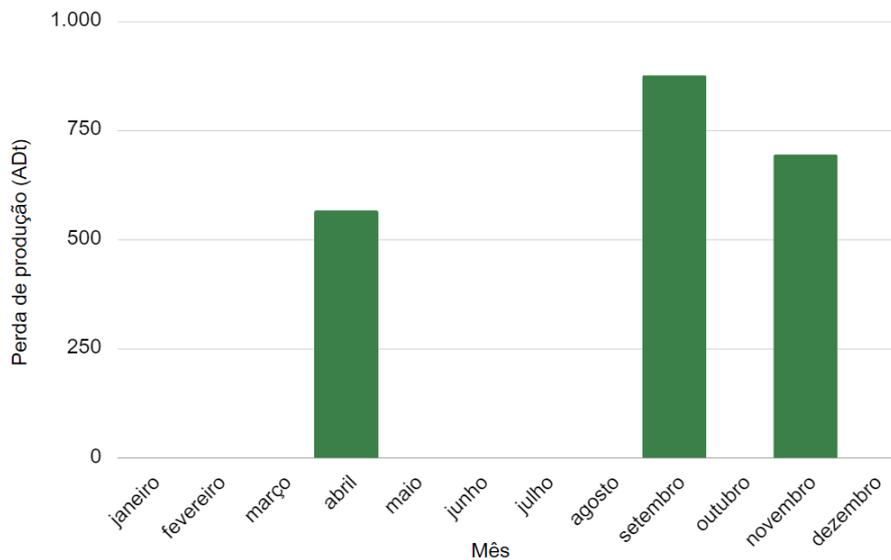


Fonte: A autora (2023).

Observa-se, a partir da Figura 21 que ficaram oportunidades para aprofundamento de melhorias focalizadas na máquina MS3.

É importante observar o histograma do ano de 2022 (Figura 22), em relação às perdas de produção, que ocorreram em abril, setembro e novembro, que em abril o plano de ação do projeto ainda não estava em execução.

Figura 22: Perdas de produção referentes a quebra de folha em 2022.



Fonte: A autora (2023).

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Com base nos resultados apresentados, concluiu-se que o trabalho alcançou a meta definida na metodologia proposta (o PDCA), que foi a redução de 11.501 ADt para 2.192 ADt de perda de produção de celulose por quebra de folha no ano de 2022, pois um valor menor foi obtido (2.139 ADt). Dessa forma, as hipóteses de causas de quebra priorizadas, que foram, o desbalanço de ar no secador e a instabilidade de processo, demonstraram-se, de fato, importantes, pois as ações de bloqueio destas causas impactaram na diminuição da perda de produção.

A empresa obteve um resultado satisfatoriamente representativo no ano de 2022, em relação à produtividade e também a outros objetivos prioritários. A empresa estudada iniciou a implementação de metodologias *Lean* em 2018 e apesar de pouco tempo implementada, trouxe resultados importantes. O Índice de Excelência Operacional, indicador de maturidade utilização Sistemas de Gestão no atingimento das metas, subiu de 21 pontos para 39 do ano de 2019 até 2022. Atualmente a pontuação é de 50 pontos.

Quanto à metodologia aplicada, o PDCA mostrou-se eficiente na gestão do projeto e conseguiu envolver toda equipe multidisciplinar de especialistas do processo de secagem e enfardamento, bem como, também, facilitadores da área Melhoria Contínua e Manutenção.

Em relação a projetos futuros, atualmente a empresa está focada em um projeto de ampliação da planta, e em relação ao setor em específico, com a implementação de mais uma linha de enfardamento na máquina MS3. Em relação à secagem, caixas de insuflação extras serão instaladas nos secadores, de forma que a secagem da folha poderá ocorrer de forma mais rápida, possibilitando o aumento da velocidade da máquina. Também estão sendo realizados testes de novos feltros com tecnologia que permite maior eficiência de drenabilidade na secagem das folhas por prensagem.

REFERÊNCIAS

ABB - Operating Instructions for Flakt Combined Dryer/Cooler Type FCMC. , 1995.
BATISTA DE OLIVEIRA, E.; PINTO, J. E.; TÉCNICOS, J. E. **Quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento O eucalipto e a Embrapa.** [s.l: s.n.].

BERG, P.; LINGQVIST, O. **Pulp, paper, and packaging in the next decade: Transformational change.** [s.l: s.n.].

BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. **An Evolucionary Model of Continuous Improvement Behavior.** [s.l: s.n.].

BICHENO, J. **The New Toolbox Enxuta** . [s.l: s.n.].

BIERMANN, C. **Handbook of Pulping and Papermaking.** 2. ed. [s.l: s.n.].

CAMARGO, E. Controle de fluxo de ar do sistema de secagem por meio de dampers e inversores de frequência. abr. 2015.

COELHO, F.; SILVA, A.; MANIÇOBA, R. Aplicação das Ferramentas da Qualidade: Estudo de Caso em Pequena Empresa de Pintura. 2016.

COLODETTE, J. et al. **Influence of pulping conditions on eucalyptus kraft pulp yield, quality, and bleachability.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2014%20-%20pulping%20conditions%20colodette.2002.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

CORREA, C. et al. Relatório Anual 2021 IBÁ (Industria Brasileira de Árvores). p. 97, 2021.

CORREIA, F. M.; D'ANGELO, J. V. H.; SILVA JR., F. G. Revisitando número Kappa: conceitos e aplicações na indústria de celulose. *O Papel*, v. 80, n. 7, p. 77-89, 2019Tradução. **O Papel**, v. 80, p. 77–89, jul. 2019.

D'ALMEIDA, M. L. Celulose e Papel - Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. v. 1, 1988.

FALCONI, V. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia.** 9. ed. [s.l: s.n.].

FALCONI, V. **Gestão para Resultados.** [s.l: s.n.].

FONTES, S. Conheça os maiores projetos do setor de celulose que estão saindo do papel. **Valor Econômico**, 24 set. 2022.

JIANG, Z.-H. et al. **Hexenuronic acid groups in pulping and bleaching Os ácidos hexenurônicos na química de papel e celulose.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.abtcp.com.br>.

JUSTO, D.; ZIMMERMANN, J. L. A Evolução da Prensagem no Papel. **Momento Técnico**, fev. 2006.

LOURES, N.; CAMPOS, C.; SQUARIZ, P. **A Indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo - Panorama geral.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-650/Pulp%20and%20paper_EPE+IEA_Portugu%C3%AAs_2022_01_25_IBA.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2023.

PIRES, F. S.; KAUAN, G. S. S. **Processamento da pasta celulósica.** In: **IPT - Celulose e Papel - Tecnologias da Fabricação do Papel.** 2. ed. [s.l: s.n.]. v. 2

POYRY TECNOLOGIA LTDA. **Manual de operação secagem de pasta.** São Paulo, 1997.
RONGIPII, S. et al. **Progress and opportunities in the characterization of cellulose – an important regulator of cell wall growth and mechanics.** *Frontiers in Plant Science* Frontiers Media S.A., , 1 mar. 2019.

SÉKULA, P. R. Uso de modelo de referência para melhoria do processo de fabricação de papel kraft. ago. 2011.

SIXTA, H. **Handbook of Pulp.** [s.l: s.n.].

SMOOK, G. A. **Handbook for Pulp & Paper Technologist .** 3. ed. [s.l: s.n.].

WAHSTRÖM, P. B. Our present understanding of the fundamentals of pressing. 1969.

WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos.** 1. ed. [s.l: s.n.].

WOMACK, J. P.; JONES, K. T.; ROSS, D. **A Máquina que mudou o Mundo.** [s.l: s.n.].

ANEXO A

CAUSA	Status	AÇÕES PROPOSTAS	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	WHERE (ONDE)	WHAT (PORQUE)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO)	Ação de:		
		WHAT (O QUE)	ETAPAS	WHO (QUEM)	Quando	WHERE (ONDE)	WHAT (PORQUE)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO)		
					Início	Término					
PH da polpa	Concluído	Instalar um controle avançado entre secagem e branqueamento.	Definição da faixa de PH	A.	22/06/2022	26/06/2022	Secagem/Branqueamento	Reduzir a variabilidade do PH e melhorar o consumo de ácido.	Definição e validação da faixa e controle pelo SDCA.	-	Padronização
PH da polpa	Concluído	Instalar um controle avançado entre secagem e branqueamento.	Elaborar um estudo com uma empresa que elabore uma pesquisa sobre capacidade.	A.	22/06/2022	22/08/2022	Secagem/Branqueamento	Reduzir a variabilidade do PH e melhorar o consumo de ácido.	Definição e validação da faixa e controle pelo SDCA.	-	Melhoria de processo
PH da polpa	Concluído	Instalar um controle avançado entre secagem e branqueamento.	Instalação de controle avançado entre secagem e branqueamento.	A.	22/08/2022	22/08/2022	Secagem/Branqueamento	Reduzir a variabilidade do PH e melhorar o consumo de ácido.	Definição e validação da faixa e controle pelo SDCA.	-	Melhoria de processo
Não há inspeção periódica nos radiadores	Concluído	Planejamento de limpeza técnica de Parada Geral à Parada Geral.	Elaborar plano de limpeza técnica via SAP.	A.	22/06/2022	22/07/2022	Secagem	Reduzir o consumo de vapor e a produção de charuto.	Através de criação de plano no SAP a cada 12 meses.	-	Padronização
Não há inspeção periódica nos radiadores	Concluído	Planejamento de limpeza técnica de Parada Geral à Parada Geral.	Abertura da SM.	T.	22/06/2022	24/06/2022	Secagem	Reduzir o consumo de vapor e a produção de charuto.	Através do portal da engenharia.	-	Melhoria de processo
Não há inspeção periódica nos radiadores	Concluído	Planejamento de limpeza técnica de Parada Geral à Parada Geral.	Instalação das telas e organização da roira de limpeza.	T.	22/08/2022	22/03/2022	Secagem	Reduzir o consumo de vapor e a produção de charuto.	Instalação de passerelas e telas. Para as tubulações do sistema de insulfamento do secador.	R\$ 50.00	Melhoria de processo
Kappa deslignificação/ digestor	Concluído	Kappa deslig padronizado.	Estudo de correlação.	J.	22/06/2022	03/07/2022	Secagem	Estudo de correlação.	Aplicando ocorrências de formação de charuto e comparando com o Kappa no instante exato em que houve essa formação.	-	Melhoria de processo
Kappa deslignificação/ digestor	Concluído	Kappa deslig padronizado.	Definir as faixas de kappa para se trabalhar.	A.	26/06/2022	26/07/2022	Secagem	Estudo de correlação.	Através do estudo, entender qual a melhor faixa de Kappa para se trabalhar.	-	Padronização
Kappa deslignificação/ digestor	Concluído	Kappa deslig padronizado.	Implementar controle.	A.	26/07/2022	26/10/2022	Secagem	Estudo de correlação.	Controle avançado para Kappa da deslig e desvio padrão.	-	Melhoria de processo
Dados de controle não atualizados	Concluído	Balanço de Ar do Secador	Desenvolver um padrão de fluxo de informação para atualização de dados e controles do DNA.	T.	25/09/2022	09/10/2022	Secagem	Porque hoje não há um fluxo de informações que administre uma eventual mudança nos parâmetros de controle do DNA.	Planejando com a equipe um fluxo de informações para que em cada nova atualização, essa informação seja devidamente sinalizada.	-	Padronização
Dumper desregulado	Concluído	Balanço de Ar do Secador	Atualizar a regulagem do Dumper	A.	25/09/2022	05/11/2022	Secagem	Porque com essa diferença de regulagem do dumper, acaba resultando em um desbalanço de ar e resulta em quebras.	Ajustando parâmetros com o fornecedor.	-	Melhoria de processo