

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

**REDUÇÃO DE PARADA NÃO PLANEJADA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE
FERRAMENTAS DO IWS**

Thomás Caldas Bellotto

Ituiutaba - MG

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

**REDUÇÃO DE UMA PARADA NÃO PLANEJADA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE
FERRAMENTAS DO IWS**

Thomás Caldas Bellotto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação da Faculdade De Administração,
Ciências Contábeis, Engenharia De Produção
E Serviço Social da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia de Produção

Ituiutaba - MG

2020

REDUÇÃO DE UMA PARADA NÃO PLANEJADA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO IWS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação da Faculdade De Administração,
Ciências Contábeis, Engenharia De Produção
E Serviço Social da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia de Produção

Ituiutaba, 10 de Dezembro de 2020.

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo, UFU

Prof. Dr. Déborah Oliveira Almeida Carvalho, UFU

Prof. Dr. Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa, UFU

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, por terem me educado e investido na minha educação, por incessantemente pegarem no meu pé perguntando se eu estava terminando este trabalho, fazendo que eu parasse de postergá-lo.

Agradeço à minha amiga Isabela, por ter me ajudado com a escolha do tema e pesquisa, não teria conseguido sem você.

Agradeço também meu orientador, por não ter desistido desse trabalho mesmo quando eu sumi por alguns meses e por ter me guiado no caminho certo para a escrita do trabalho.

“We have to continually be jumping off cliffs and developing our wings on the way down”

(Kurt Vonnegut Jr.)

RESUMO

Paradas de máquina podem ser remediadas para que seja retomado o fluxo de produção, mas caso não sejam reduzidas ou eliminadas podem comprometer cada vez mais a condição do maquinário. Com o crescente impacto de uma parada não planejada em um módulo de produção de uma indústria alimentícia, tornou-se necessária uma análise mais profunda do problema para que fosse encontrada e sanada sua causa raiz. Este trabalho apresenta os conceitos, filosofias e ferramentas utilizadas pelo sistema empregado na indústria onde o estudo foi feito, o Integrated Work System, e um de seus métodos para busca e correção de causa raiz dessa parada não planejada. Através das ferramentas utilizadas (6W2H, Diagrama de Ishikawa, Work Point Analysis e 5 Porquês) foi possível determinar áreas de melhoria, redefinindo padrões de limpeza e manutenção para reduzir a ocorrência dessa parada não planejada, assim melhorando os resultados da máquina avaliada.

Palavras-chave: IWS; 6W2H; Ishikawa; Work Point Analysis.

ABSTRACT

Machine stops can be remedied so that the production flow can be resumed, but if they are not reduced or eliminated they can increasingly compromise the condition of the machinery. With the increasing impact of an unplanned stop on a production module in a food industry, a deeper analysis of the problem became necessary so that its root cause could be found and remedied. This work presents the concepts, philosophies and tools used by the system used in the industry where the study was carried out, the Integrated Work System, and one of its methods for searching and correcting the root cause of this unplanned stop. Through the tools used (6W2H, Ishikawa Diagram, Work Point Analysis and 5 Why) it was possible to determine areas for improvement, redefining cleaning and maintenance standards to reduce the occurrence of this unplanned stop, thus improving the results of the evaluated machine.

Keywords: IWS; 6W2H; Ishikawa; Work Point Analysis.

Lista de Figuras

Figura 1 – Fundamentos do IWS 17

Figura 2 – Pilares IWS 23

Figura 3 – Fluxo de uma DDS 27

Figura 4 – Pilares do TPM 29

Figura 5 – Modelo de Diagrama de Ishikawa 33

Figura 6 - Diagrama de Ishikawa para hipóteses de causas da parada..... 40

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Fundamentos do IWS 37

Gráfico 2 – Média de paradas por entupimento nos módulos ao longo dos últimos 2 meses 38

Gráfico 3 – Paradas por entupimento por turnos ao longo dos últimos 2 meses 39

Gráfico 4 – Número de paradas ao longo das semanas após início do estudo 44

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Modelo de 6W2H 32

Tabela 2 – 5 Porquês 43

Lista de Abreviaturas

AM	Autonomous Maintenance
BDE	Breakdown Elimination
CBN	Compelling Business Needs
CIL	Clean Inspect Lubricate
CL	Centerline
DH	Defect Handling
DMAIC	Define Measure Analyze Improve and Control
DMS	Daily Management System
E&T	Education & Training
EY	Ernst & Young
HPWS	High Performance Work System
IWS	Integrated Work System
KPI	Key Performance Indicators
MTBF	Mean Time Between Failures
OEE	Overall Equipment Effectiveness
P&G	Procter & Gamble
PDCA	Plan Do Check Act
PM	Productive Maintenance
PR	Process Reliability
TPM	Total Productive Maintenance
TQC	Total Quality Control
WP	Work Point
WPA	Work Point Analysis

Sumário

Lista de Figuras	8
Lista de Gráficos	9
Lista de Tabelas	10
Lista de Abreviaturas	11
1. Introdução	14
1.1. Contextualização e justificativa	14
1.2 Objetivos de pesquisa	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Relevância da pesquisa	15
1.4 Delimitação do trabalho	15
1.5 Estrutura do trabalho	16
2. Fundamentação Teórica	16
2.1. Contextualização	16
2.2. Integração de Sistemas	16
2.3. Procter & Gamble	17
2.4. Integrated Work System	19
2.4.1. Indicadores-chave de Performance	21
2.4.2. Pilares IWS	23
2.4.3. Sistemas Diários de Gerenciamento	24
2.4.3.1. Centerline	24
2.4.3.2. Limpeza, Inspeção e Lubrificação	25
2.4.3.3. Defect Handling	25
2.4.3.4. Breakdown Elimination	26
2.4.3.5. Daily Direction Settings	26
2.4.4. Manutenção Produtiva Total	27
2.4.4.1. Pilares do TPM	29
2.6. Ferramentas Utilizadas	31
2.6.1. 6W2H	31
2.9.2. Diagrama de Ishikawa	32
2.9.3. Work Point Analysis	33

2.9.4. 5 Porquês	34
3. Metodologia	35
4. Desenvolvimento	35
4.1. Empresa Estudada	35
4.2. Área Estudada	35
4.3. Descrição do Problema	36
4.4. Análise da Causa Raiz	38
4.4.1. Levantamento de Dados	38
4.4.2. WPA	39
4.4.3. Ishikawa	40
4.4.4. Análise de Hipóteses	41
4.4.4.1. Hipóteses relacionadas a Matéria-Prima	41
4.4.4.2. Hipóteses relacionadas ao Maquinário	42
4.4.5. 5 Porquês	42
4.5 Resultados	43
5. Conclusão	44
5.1. Trabalhos Futuros	45
6. Referências	46

1. Introdução

1.1. Contextualização e justificativa

As empresas de manufatura passaram por inúmeras mudanças nos últimos anos e a competitividade do mercado aumenta cada vez mais. Na busca por resultados satisfatórios, cresce a necessidade de estudar detalhadamente os processos de produção em busca de oportunidades de melhoria, com isso, empresas buscam cada vez mais a implementação de sistemas que auxiliem na melhoria dos processos, almejando melhorar fatores como desempenho e qualidade, evitando paradas no fluxo produtivo (GUPTA e GARG, 2012).

Segundo Jonsson e Lesshammar (1999) existem dois tipos de paradas, crônicas e esporádicas. Paradas crônicas são majoritariamente pequenas, “escondidas” e complicadas, por serem resultado de várias causas e por muitas vezes serem vistas como o estado padrão do maquinário, algo que simplesmente acontece de tempos em tempos. Já as paradas esporádicas são mais fáceis, óbvias, por serem grandes, as paradas esporádicas ocorrem irregularmente e por terem grandes efeitos são muitas vezes classificadas como causadoras de problemas sérios. Existem, entretanto, paradas crônicas que resultam em baixa utilização do maquinário por ocorrerem repetidamente.

Paradas esporádicas recebem uma maior atenção devido ao longo tempo de interrupção de produção, mas as crônicas costumam ser constantes, dessa forma diminuindo o tempo médio entre falhas (MTBF).

A pressão pela entrega de altos volumes tem sido constante nas organizações, sendo o caso na empresa estudada, logo, reduzir o número de paradas dos módulos de produção é um ponto altamente discutido, uma vez que as constantes paradas afetam muito o desempenho das máquinas e entrega do volume.

A parada estudada ocorre em diversos módulos, tendo em vista que muitos utilizam as mesmas máquinas estudadas, entretanto o estudo foi feito em cima de um único módulo de produção, de forma que fosse aprofundado e trouxesse resultados de forma mais ágil. Ainda que a mesma parada possa ser acarretada por causas diferentes em outros módulos, o trabalho atual demonstra, através das ferramentas aplicadas, uma maneira de encontrar as causas e atuar em cima das mesmas, além de apresentar as causas já encontradas aqui como um possível ponto de partida para análise.

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se das ferramentas do *Integrated Work System* (IWS) verificando de maneira minuciosa todos detalhes envolvidos, desde insumos até os menores detalhes como peças do maquinário e suas condições básicas, para assim reduzir o número de paradas do módulo, aumentando sua produtividade, e posteriormente replicar os conhecimentos adquiridos com outros módulos que possam vir a sofrer do mesmo problema e se beneficiar dos resultados obtidos.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo a aplicação de ferramentas do Integrated Work Systems (IWS) para redução de paradas não planejadas em um módulo de produção de uma indústria do ramo alimentício, buscando, através disso, melhorar o desempenho de um módulo de produção e da fábrica.

1.2.2 Objetivos específicos

Este trabalho teve como objetivos específicos:

- Mapeamento das causas de parada;
- Realizar ajustes para sanar causas encontradas;

1.3 Relevância da pesquisa

Embora muitos dos elementos que compõem o IWS sejam amplamente conhecidos, o IWS como sistema de produção em si, ainda é pouco conhecido, durante a elaboração deste trabalho o tema mostrou-se difícil para obtenção de referências, principalmente em português. Sendo assim, ainda que não fosse o cerne deste trabalho descrever a fundo o IWS, mas sim suas ferramentas e como foram utilizadas para solução de um problema, optou-se por desenvolver de forma mais extensiva o IWS a título de enriquecer o conteúdo acerca dele.

Este trabalho traz uma forma exemplificada e estruturada de como solucionar um problema em linha de produção. Embora não exista uma fórmula que resolva qualquer problema existente, as ações tomadas e ferramentas utilizadas aqui para buscar a causa raiz podem ser replicadas em outros estudos.

1.4 Delimitação do trabalho

Este trabalho teve como escopo o estudo de uma parada não planejada em um módulo de produção de uma fábrica do ramo alimentício. A parada foi escolhida por estar, no momento do estudo, há mais de um ano causando impacto negativo na produtividade do módulo e por ser um tipo de parada comum entre outros módulos, de modo que o estudo beneficiaria não somente o módulo estudado como também outros que sofram com o mesmo problema.

O estudo foi feito ao longo de dois meses e foi encerrado após feitos os devidos ajustes nas causas encontradas. Ainda que o estudo tenha sido encerrado, a quantidade de paradas continuará sendo monitorada para que seja possível verificar se o resultado será sustentável.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, estando no capítulo 1 a introdução do tema do trabalho, objetivos, estrutura e relevância da pesquisa. No Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica utilizada para embasar o trabalho, os conceitos e ferramentas aplicadas no estudo serão apresentadas nele. Capítulo 3 descreve o modelo de pesquisa em que o trabalho se enquadra e a metodologia utilizada. Capítulo 4 detalha a empresa onde o trabalho foi feito, ambientando a situação presente no momento do desenvolvimento do trabalho, no capítulo também são levantadas as possíveis hipóteses, teste das mesmas e as ações desenvolvidas para correção. Por fim, no Capítulo 5 está apresentada a conclusão sobre o estudo e possíveis trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Contextualização

Com o avanço da tecnologia e a globalização, o mercado econômico se tornou cada vez mais competitivo. Com a competitividade vem a necessidade constante de mudanças, de forma a encontrar maneiras de se sobressair em relação aos concorrentes, reduzir custos, melhorar a confiabilidade dos processos e trazer inovações que agreguem à empresa. Segundo Brown e Harvey (2006), a necessidade de mudança e a alta frequência de mudança são as únicas constantes nas organizações.

Empresas de todo o mundo competem entre si e crescem para atender mercados de diferentes países, com uma base de consumidores diversificada, estando envolvidas em diferentes cenários econômicos, culturais e sociais. Somando-se isso à rápida evolução tecnológica e temos então não apenas mudanças constantes, mas também complexas, gerando muitos desafios a serem superados para que a empresa possa se manter competitiva (WILLIAMS, 2011).

Nesse cenário de rápidas mudanças as empresas procuram investir na flexibilidade de suas operações, de modo a facilitar mudanças organizacionais, alcançar melhorias em produtividade, proteger margens de retorno e habilitar crescimento (WILLIAMS, 2011; EY, 2015).

2.2. Integração de Sistemas

A integração de sistemas de gestão pode trazer reduções significativas em custos, tempo e outros recursos valiosos para a empresa. Um sistema integrado deve englobar todas áreas de uma

organização, desde a produção, qualidade do produto e entrega do mesmo, até o controle financeiro. Trabalhando de forma integrada é possível simplificar o entendimento dos objetivos da organização, direcionar e focar ações, além de facilitar o entendimento de cada funcionário quanto ao seu papel e impacto dentro da organização e seus outputs (ZUTSHI e SOHAL, 2003).

Foi a partir desse cenário que a Procter & Gamble (P&G) iniciou na década de 90 a implementação de um sistema que foi desenvolvido pela própria empresa que fosse compreensível em todas esferas da organização, que integrasse todas áreas, processos e principalmente pessoas, a fim de aumentar a qualidade, produtividade, reduzir custos e, conseqüentemente, aumentar sua margem de lucro (WILLIAMS, 2014).

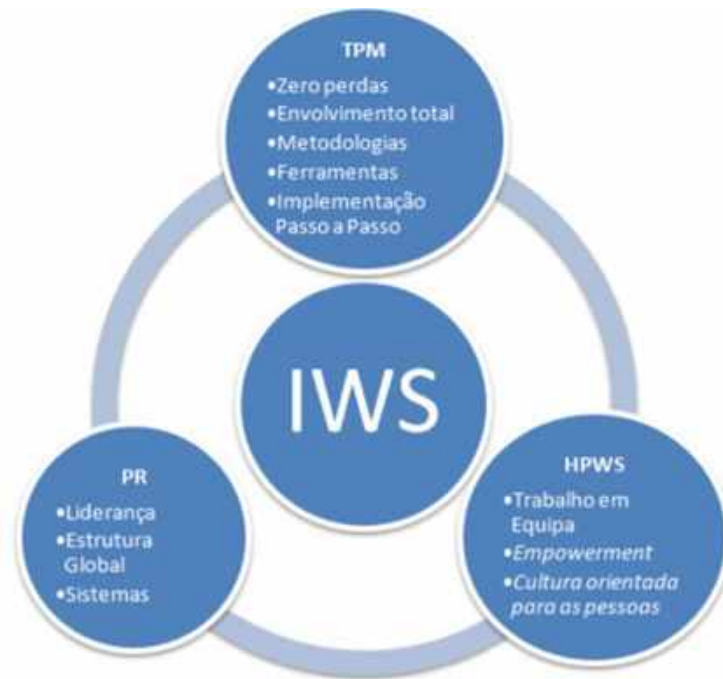
2.3. Procter & Gamble

A Procter & Gamble (P&G) é uma empresa multinacional que produz bens de consumo, tendo sido fundada em 1837 por William Procter e James Gamble. Embora a empresa tenha iniciado com a fabricação e venda de sabonetes, hoje se diversificou e ampliou seu portfólio para diversos produtos de higiene, além de ampliar sua operação e participação para mais de 100 países (LUZ, 2008). No Brasil ela atualmente atua com 14 marcas, sendo muitas amplamente conhecidas e líderes de mercado, como Gillette, Pampers e Ariel.

Segundo Govender (2016), a P&G possui fábricas que operam com nível de eficiência dos equipamentos entre 85 a 90%, com tempo médio entre paradas (MTBF) de 240 minutos e com linhas de produção tendo apenas uma ou duas paradas não planejadas por dia em várias fábricas. Govender atribui os resultados alcançados através da integração de várias práticas e pelo trabalho feito juntamente com a Toyota por mais de 30 anos para criar um sistema que auxiliasse o desenvolvimento da empresa.

As unidades da P&G utilizavam, entre a década de 60 e 90, três sistemas diferentes a fim de desenvolver seus funcionários e alcançar resultados melhores, mas de forma individual, sendo eles o Total Productive Maintenance (TPM), Process Reliability (PR) e High Performance Work System (HPWS) (OLIVEIRA, 2010).

Figura 1 - Fundamentos do IWS



Fonte: Oliveira (2010)

A partir da observação de resultados positivos em fábricas que aplicavam mais de um sistema, foi desenvolvido em meados da década de 90 o sistema que integrava os três sistemas citados anteriormente, sendo batizado de Integrated Work System, visto que seu intuito é de integrar os outros três sistemas (Oliveira, 2010).

“O IWS é uma estratégia de desenvolvimento de capacidade organizacional direcionada para alcançar e sustentar resultados, através de 100% de envolvimento dos colaboradores e implementação de uma mentalidade de zero perdas e defeitos, assegurando que todos os estão alinhados, empenhados e participam ativamente na persecução dos objetivos de negócio, através de uma aprendizagem contínua e uma utilização das capacidades que vão adquirindo. A mentalidade zero perdas promove a identificação de perdas de negócio no sistema, de forma a priorizar as mesmas e, conseqüentemente, eliminá-las” (OLIVEIRA, 2010).

Inicialmente o IWS foi implementado em 12 fábricas da P&G, onde seus resultados foram monitorados e comparados com as fábricas que implementavam apenas um dos sistemas englobados no IWS, tendo em vista as melhorias alcançadas e resultados superiores às outras fábricas que ainda não haviam aderido ao novo sistema, a P&G expandiu o IWS globalmente para todas suas unidades (OLIVEIRA, 2010).

Para o atingir os 100% de envolvimento dos funcionários os objetivos devem ser claro para todos e o IWS deve trabalhar com métricas que andem lado a lado deles, sendo assim, os objetivos são

compilados em um documento do IWS que é chamado de Compelling Business Needs (CBN), o CBN funciona como um resumo dos objetivos gerais da organização, dialogando com os funcionários em indicadores que unam todos em um objetivo comum. Os resultados do CBN são acompanhados e avaliados mensalmente, além de serem revistos a cada três anos (OLIVEIRA, 2010).

Ao longo de sua implementação o IWS trouxe muitos resultados para a P&G e contribuiu no aumento de *market share* para muitas de suas marcas, além de reduzir custos em até 10% em diversos produtos (WILLIAMS, 2014).

Após décadas de testes e aperfeiçoamento o IWS teve o material adquirido pela empresa de consultoria corporativa Ernst & Young (EY), que atualmente oferece consultorias para implementação dos conceitos de IWS em outras empresas (REIS ET AL., 2017).

2.4. Integrated Work System

O IWS pode ser descrito como um sistema muito inclusivo e focado na eficiência interna, tendo foco na melhoria da confiabilidade da manufatura, redução de custos, perdas e aumento de produtividade e eficiência das máquinas (GOVENDER, 2016).

O desempenho de cada fábrica dentro do IWS é acompanhado em uma avaliação de 5 fases, sendo que os objetivos necessários para que sejam alcançadas novas fases dentro do IWS estão ligados a filosofia de zero perda e 100% de envolvimento dos funcionários (WILLIAMS, 2014; SAKIB, 2018), o intuito de dividir o sistema em etapas é para que sejam construídas as bases para as próximas fases, de modo que o sistema possa não só atingir resultados como sustentá-los e evoluir de forma orgânica (OLIVEIRA, 2010).

Govender (2016) desenvolveu um trabalho extenso sobre os fatores críticos para o sucesso da implementação do IWS em uma fábrica localizada na África do Sul. No trabalho de Govender o IWS foi testado durante 12 semanas em três diferentes fábricas e, após ser considerado um sucesso, foi então implementado em outras seis fábricas, ficando a fábrica da África do Sul como a sétima a ter o IWS implementado após a fase de testes.

No trabalho, Govender apresenta os resultados dos testes feitos nas três primeiras fábricas durante o período de 12 semanas, além dos resultados da implementação na fábrica da África do Sul, sendo que para esta, o estudo durou 16 semanas, trazendo redução do número médio de paradas por dia em 60%, aumento de volume de produção em 18%.

Govender (2016) caracteriza o IWS como um sistema que combina elementos de Lean Manufacturing no aspecto de eliminação de perdas, Seis Sigma para controle de processos e

Controle Total da Qualidade (TQC) e Total Productive Maintenance (TPM) para buscar melhorias na eficiência dos equipamentos.

A EY ratifica em seu material sobre o IWS o que foi dito por Govender e acrescentam que o sistema também é fundado pelas práticas de *Equipment Ownership* (funcionários “donos de equipamentos), Sistemas Diários de Gerenciamento (DMS) e que o primeiro passo da jornada do IWS inicia com a abordagem *Run-to-Target* (RTT) para a manufatura, sendo este também criado pela P&G e focado em três aspectos: Execução diária de processos fundamentais de forma bem estruturada, busca constante por zero perdas através de ferramentas estatísticas de fácil utilização e líderes em posição de motivar e empoderar os funcionários, para que a mudança seja liderada pelos funcionários técnicos.

Sakib (2018) aponta os objetivos do IWS como: Operações otimizadas, alta flexibilidade e tempo de setup nulo, zero defeitos de qualidade, zero acidentes, zero custos que não agreguem valor e estoque no formato Just-in-Time.

Em suma, o objetivo do IWS é aumentar a eficiência da produção, buscando isso através da diminuição de perdas e focando na redução dos tipos mais frequentes de paradas (GOVENDER, 2016).

Govender (2016) e Williams (2014) afirmam que as melhorias propostas e almejadas pelo IWS só são atingíveis se a organização tiver o engajamento de todos, e descreve o IWS como um sistema que visa a melhoria de eficiência dos equipamentos, diminuição de perdas e defeitos de fabricação através da integração de atividades, pessoas e ferramentas.

Ao contrário de outras abordagens onde são utilizados pequenos grupos de experts para analisar e propor melhorias, o IWS preza pelo desenvolvimento de todos funcionários, para que todos sejam capazes de identificar e resolver problemas. O IWS é essencialmente um sistema bottom-up, onde os operadores lideram a transformação e são treinados para serem equipment owners, sendo a filosofia por trás disso a de que os operadores adquiram senso de donos de um equipamento e do processo, engajados para identificar e eliminar perdas.

Engajar, empoderar, criar a mentalidade correta e desenvolver todos funcionários para a criação de um ambiente de zero perdas é o significado do IWS, segundo a EY (2013). Para atingir esse engajamento, um dos pontos principais é a participação dos líderes como facilitadores do processo, auxiliando os operadores, passando tempo na linha de produção para conhecer a realidade e as dificuldades do processo e então capacitando funcionários, dando as ferramentas necessárias para atingir resultados. Ainda de acordo com a EY, “a única maneira que um líder agrega valor é desenvolvendo e avaliando as pessoas para as quais ele dá apoio”.

Tratando de engajamento, Jonsson e Leshammar (1999) recomendam indicadores tangíveis para melhor entendimento e participação dos funcionários, por isso, é de suma importância a definição dos Indicadores-chave de Performance corretos.

2.4.1. Indicadores-chave de Performance

Para acompanhar e analisar o progresso de uma organização até seus objetivos são utilizados indicadores-chave de performance, *Key Performance Indicators* (KPI), no caso do IWS, por ser um sistema que busca o engajamento de todos, é importante que todos tenham ciência dos objetivos a serem atingidos e como suas ações podem auxiliar na busca destes objetivos, sendo assim, o IWS utiliza KPI's que sejam relevantes e ao mesmo tempo, tangíveis e de fácil entendimento (GOVENDER, 2016).

Jonsson e Leshammar (1999) recomendam indicadores tangíveis para melhor entendimento dos funcionários em chão de fábrica, sendo assim, segundo Govender (2016), tratando de produção, existem três KPI's mais relevantes para o IWS, sendo eles: Volume de Produção, o número de paradas de máquina e Eficácia Geral do Equipamento (OEE, de Overall Equipment Effectiveness).

O OEE, apesar de mais complexo é, segundo Gupta e Garg (2012) o indicador mais eficaz para promover melhorias na fabricação, é também o indicador principal para avaliação da implementação do TPM (Jeong e Phillips, 2001; Ljungberg, 1998). Este indicador é calculado através do produto da disponibilidade do equipamento, performance e taxa de qualidade (Ljungberg, 1998):

$$\text{Disponibilidade} = \left(\frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de Paradas}}{\text{Tempo de Carga}} \right) * 100 \quad (1)$$

$$\text{Performance} = \left(\frac{\frac{\text{Quantidade Produzida}}{\text{Tempo de Operação}}}{\text{Tempo Disponível}} \right) * 100 \quad (2)$$

$$\text{Taxa de Qualidade} = \left(\frac{\text{Quantidade Produzida} - \text{Quantidade Rejeitada}}{\text{Quantidade Produzida}} \right) * 100 \quad (3)$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} * \text{Performance} * \text{Taxa de Qualidade} \quad (4)$$

Este indicador é amplamente utilizado e relevante para operações por englobar tipos diferentes de perdas do processo e assim apresentar possíveis focos de melhoria (Jonsson e Lesshammar, 1999). Apesar de um bom indicador para análise mais aprofundada, o OEE é, entretanto, complexo e

muito abstrato para parte dos trabalhadores devido à complexidade de seu cálculo, é aqui então que entram os outros dois indicadores citados: volume de produção e número de paradas.

O acompanhamento do desempenho real versus o planejado tanto de volume de produção quanto número de paradas facilita a percepção dos funcionários de quando a operação está funcionando de acordo, ou quando há algum detalhe a ser tratado.

O número de paradas apesar de não ser um indicador muitas vezes citado na literatura vem de encontro com os objetivos do IWS, a busca pela redução do número de paradas e o engajamento de todos, sendo assim, no caso desse sistema é um indicador fundamental, além influenciar diretamente no OEE (GOVENDER, 2016).

Govender (2016) destaca que o indicador de número de paradas está muito ligado à filosofia do IWS, já que o sistema foca na redução de tipos mais frequentes de paradas, para assim alavancar os índices de OEE. Ainda que o OEE seja um indicador mais completo, o indicador de número de paradas possibilita a visualização mais aproximada do que acontece no chão de fábrica, quais paradas mais estão acontecendo, quanto, quando e onde estão acontecendo.

A diminuição do número de paradas gera um efeito cascata, onde consequentemente ganha-se tempo de máquinas funcionando, o que se traduz para aumento de volume produzido, que consequentemente diminui os custos fixos por produto e diminui a necessidade de gastos como horas extra (GOVENDER, 2016).

Não apenas isso, com máquinas mais autônomas e com menos falhas o tempo antes demandado ao trabalhador para que fizesse intervenções e reiniciasse as máquinas agora é mitigado e o permite focar em outras tarefas que possam agregar mais (GOVENDER, 2016).

Sakib (2018) argumenta que para análise de eficiência da produção um quarto indicador é de extrema relevância, o tempo médio entre falhas (MTBF, de *Mean Time Between Failures*), este indicador é calculado em minutos, trazendo um índice confiabilidade da máquina, ou seja, o tempo em média que ela consegue funcionar sem intervenções corretivas.

Um conceito dentro do IWS, que vem de encontro com a necessidade de engajamento, é a criação de uma cultura que facilite a implementação das ideias propostas pelo IWS, capacite operadores de máquinas e a liderança da linha de produção, Govender (2016) diz que isso é atingível através das práticas de Manutenção Autônoma, que é um dos pilares do IWS.

2.4.2. Pilares IWS

Assim como o TPM, o IWS é sustentado por pilares, sendo doze no total, os pilares possuem sistemas e ferramentas que habilitam a companhia para atingir as metas definidas no CBN. Cada pilar tem sua função específica, mas compartilham um objetivo central: foco na linha de produção e no monitoramento para diminuição de paradas na linha, fazendo isso através dos sistemas diários de gerenciamento (DMS) como o *Clean-Inspect-Lubricate* (CIL), *Centre-Line* (CL) e *Defect Handling* (DH), estes sistemas servem como medidas preventivas para qualquer perda ou defeito que já foram detectados (OLIVEIRA, 2010; GOVENDER, 2016).

Figura 2 - Pilares do IWS



Fonte: adaptado de Ernst eYoung (2013)¹

Os pilares do IWS são os seguintes (OLIVEIRA, 2010):

- Pilar de *Work Process Improvement* (WPI, ou Melhoria do Processo de Trabalho) visa otimizar processos em busca de melhores resultados financeiros e em produtividade;
- O intuito do *Focused Improvement* (FI) é encontrar e eliminar defeitos e elevar os resultados dos KPI's, em especial o OEE;
- Pilar de Qualidade (Q) é responsável por garantir que os processos não produzam produtos com defeitos, que gerem perdas e reclamações;

¹ Disponível em: <http://www.ey.com> -> EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential.pdf

- Pilar de Liderança (LDR) é responsável por disponibilizar aos líderes da organização as ferramentas necessárias para conduzir a implementação do IWS para a contínua busca e sustentação dos resultados almejados.
- Pilar de *Progressive Maintenance* busca manter as máquinas em estado ideal de funcionamento com poucos gastos.
- Pilar de Educação e Treinamento (ET) é responsável pela capacitação dos funcionários, de forma que agregue os conhecimentos necessários para melhor funcionamento da operação, habilitando a organização e os funcionários a alcançarem melhores resultados.
- Pilar de *Supply Network* (SN) – É responsável por tudo que envolve Logística no processo de produção, busca a melhor sincronia possível entre a cadeia de suprimentos e a organização, além do elo entre produto final e consumidor.
- Pilar de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (HSE) zela pela segurança de todos funcionários, sendo responsável por criar sistemas que maximizem a segurança de todos, reduzindo acidentes. No que tange o Meio Ambiente, é responsável por promover iniciativas de redução de impactos ao mesmo.
- Pilar de Organização (ORG) é responsável por auxiliar e habilitar a organização para que sejam alcançados os objetivos definidos no CBN.
- Pilar de *Autonomous Maintenance* (AM, ou Manutenção Autônoma) busca a produção autônoma e sem defeitos.
- Pilar de *Initiative Management* (IM) – Confere sistemas que permitem definir, desenhar e implementar projetos a um custo eficiente e eliminando defeitos e perdas.

Para auxiliar no controle de indicadores cada pilar conta com sistemas diários de gerenciamento, no próximo tópico serão detalhados os sistemas destinados aos pilares de manutenção AM e PM.

2.4.3. Sistemas Diários de Gerenciamento

Para atingir os objetivos de OEE o IWS utiliza sistemas que fazem envolver a checagem diária da atual condição dos maquinários, a esses sistemas é dado o nome de DMS, de Daily Management System, os sistemas devem ser seguidos pelos funcionários da linha de produção para assegurar que tudo esteja em condição de alcançar os resultados esperados (SAKIB, 2018).

2.4.3.1. Centerline

Para reduzir a variabilidade dos processos e garantir que os parâmetros dos maquinários estejam corretos é empregado o sistema de Centerline (CL). O CL utiliza de marcações visuais nos equipamentos para indicar as posições e condições ideais de uma máquina, sejam elas aspectos de

posicionamento físico ou condições como temperatura, velocidade, pressão, de forma que estabeleça padrões que garantam a melhor condição de funcionamento. (SAKIB, 2018; OLIVEIRA, 2010).

Segundo Reis et al. (2017) “a parametrização é realizada conforme o manual do fabricante e se faz de forma visual, pois o objetivo é que seja possível visualizar o padrão correto sem muito esforço.”

2.4.3.2. Limpeza, Inspeção e Lubrificação

O DMS de Limpeza, Inspeção e Lubrificação (CIL, para Cleaning, Inspection, Lubrication), é um sistema crítico para o IWS e para o funcionamento das máquinas. Neste sistema serão feitas as três ações que o dão nome, Limpeza, Inspeção e Lubrificação, atentando para que sejam garantidas as condições da máquina e serão também revisados os planos de CIL de acordo com o histórico de paradas, o CIL deve estar em constante evolução, alterando sua periodicidade, ações e ferramentas quando necessário (OLIVEIRA, 2010; REIS ET AL., 2017).

De acordo com Reis et al. (2017) “a limpeza é realizada para se fazer a inspeção; a inspeção é realizada para encontrar defeitos; e os defeitos são encontrados para assim que solucionados, reduzam as paradas e quebras.”

Segundo Sakib (2018), a limpeza é feita para voltar a máquina para sua condição base, fazendo ela performar melhor, inspeções ajudam a encontrar e corrigir defeitos, prevenindo paradas e quebras, e a lubrificação ajuda a estender a vida útil das peças e faz com que a máquina rode sem dificuldades.

Sakib (2018) aponta em seu estudo que sem o CIL as máquinas não funcionariam de forma ideal, sendo assim, 30 minutos são reservados para CIL em cada turno de 8 horas. Para garantir que o DMS esteja sendo executado de forma correta é utilizado um checklist com instruções que indicam as tarefas a serem executadas, e como executá-las (REIS ET AL., 2017).

2.4.3.3. Defect Handling

São considerados defeitos todos os pontos que não estejam de acordo com a condição ideal da máquina, defeitos podem deteriorar a máquina ao longo do tempo, podendo causar quebras, prejudicar sua performance e causar paradas não planejadas, o DMS de Defect Handling (DH) é responsável por encontrar, analisar e corrigir defeitos, que devem ser analisados de forma extensiva para que sejam encontradas suas causas raiz, evitando que voltem a acontecer (SAKIB, 2018; REIS ET AL., 2017).

“O processo de mapeamento dos defeitos começa desde a identificação do mesmo, a documentação, a correção do defeito, a análise em torno das contra medidas e por fim a atualização dos padrões do equipamento (CIL, CL, Planos de Manutenção e etc).” (Reis et al., 2017)

2.4.3.4. Breakdown Elimination

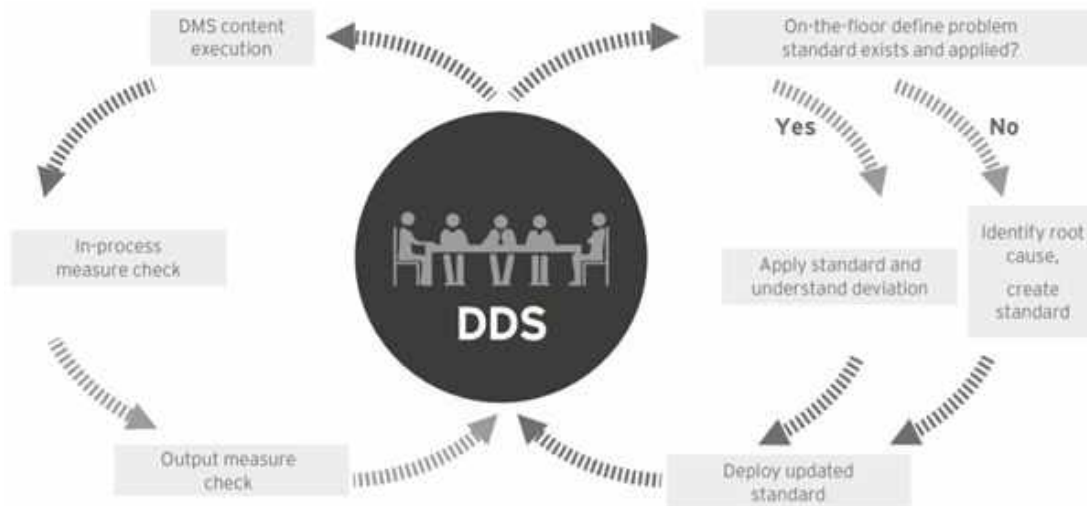
O *Breakdown Elimination* (BDE), pode ser entendido pela sua tradução: eliminação de quebras. Quebras vão além de prejudicar o desempenho de uma máquina, como o caso dos defeitos. São classificadas como quebras as paradas que só onde a máquina só conseguirá funcionar novamente mediante troca de peças, mas vão além de simples trocas de peças podendo levar horas para serem consertadas. A Limpeza pode evidenciar indícios de problemas que podem levar a quebras, e a inspeção de um defeito junto com o tratamento de sua causa raiz podem fazer isso da mesma forma, por isso a relevância dos DMS's anteriores. Este DMS é responsável por encontrar a causa raiz de uma quebra e tratar a causa para que seja sanada e não ocorra novamente, fazendo isso através da mudança dos planos de manutenção, limpeza e inspeção (SAKIB, 2018; REIS ET AL., 2017).

2.4.3.5. Daily Direction Settings

A *Daily Direction Setting* (DDS) é uma reunião diária onde são abordados os resultados (OEE, MTBF, Volume de Produção) e os maiores problemas encontrados no dia anterior. A partir da DDS será gerado um plano de ação para o dia, buscando resolver problemas que não tenham sido solucionados, através de contra medidas definidas na reunião (SAKIB, 2018).

De acordo com a Ernst e Young (2013) a DDS complementa os DMS's, conferindo a execução dos mesmos e focando em eliminação de defeitos e sustentação dos CL, ajudando a manter equipamentos e processos dentro da condição base.

Figura 3 - Fluxo de uma DDS



Fonte: Ernst e Young (2013)²

2.4.4. Manutenção Produtiva Total

O TPM é um dos elementos principais de onde o IWS se baseia, aproveitando a mentalidade de zero perdas, envolvimento total e ferramentas, isso se deve à eficiência do TPM para redução dos custos de manutenção e número de paradas que podem chegar até 30% e 97%, respectivamente (OLIVEIRA, 2010).

Um dos maiores custos de produção é o de manutenção, representando, em média, 28% dos custos totais, além disso, reparos feitos em uma Manutenção Corretiva custam o triplo de um reparo feito em Manutenção Preventiva (Mobley, 1990). Além de custos, a manutenção é de extrema importância para garantir que não haja paradas excessivas de produção, problemas de qualidade e de segurança.

As estratégias de manutenção foram surgindo e evoluindo ao longo do tempo. Até a década de 40 predominava a manutenção reativa, ou seja, pouca atenção era dada aos maquinários antes de haver uma quebra ou parada, todos ajustes eram feitos reativamente (MCKONE E WEISS, 1998).

Após este período, indo até o início da década de 60 iniciou-se a olhar a manutenção com mais cautela, com a chegada do Preventive Maintenance (Manutenção Preventiva, no português), realizando análises do equipamento e inspeções periódicas, com propósito de prevenir falhas e reduzir o tempo de manutenção, além de já iniciar uma conscientização sobre o Mean Time Between Failures (MTBF), o tempo médio entre paradas (MCKONE E WEISS, 1998).

² Disponível em: https://www.ey.com/en_gl/alliances/pg

A consolidação do Preventive Maintenance abriu portas para o Productive Maintenance (PM), que engloba os conceitos de manutenção preventiva, uma vez que esta já era mais reconhecida por mais economicamente eficiente que a corretiva, junto com estratégias de manutenibilidade, que visa modificar equipamentos para facilitar sua manutenção (MCKONE E WEISS, 1998).

Após um período de consolidação do PM, Seiichi Nakajima, olhando as oportunidades de melhoria dentro das indústrias japonesas, construiu na década de 70 o sistema de manutenção Total Productive Maintenance (TPM).

O TPM constrói em cima dos conceitos de PM e amplia a abordagem, considerando a qualidade não só dos processos, mas também do produto como uma responsabilidade da manutenção. O TPM visa melhorar a eficácia dos equipamentos e aumentar seu tempo de vida útil, uma vez que o reparo e manutenção de um maquinário é menos custoso que a aquisição de um novo.

O criador do TPM, Nakajima (1988, apud Gupta e Garg, 2012), descreve o TPM como uma abordagem inovadora para manutenção que otimiza a efetividade dos equipamentos, elimina quebras e promove práticas de manutenção autônoma através do envolvimento de todos funcionários em atividades diárias.

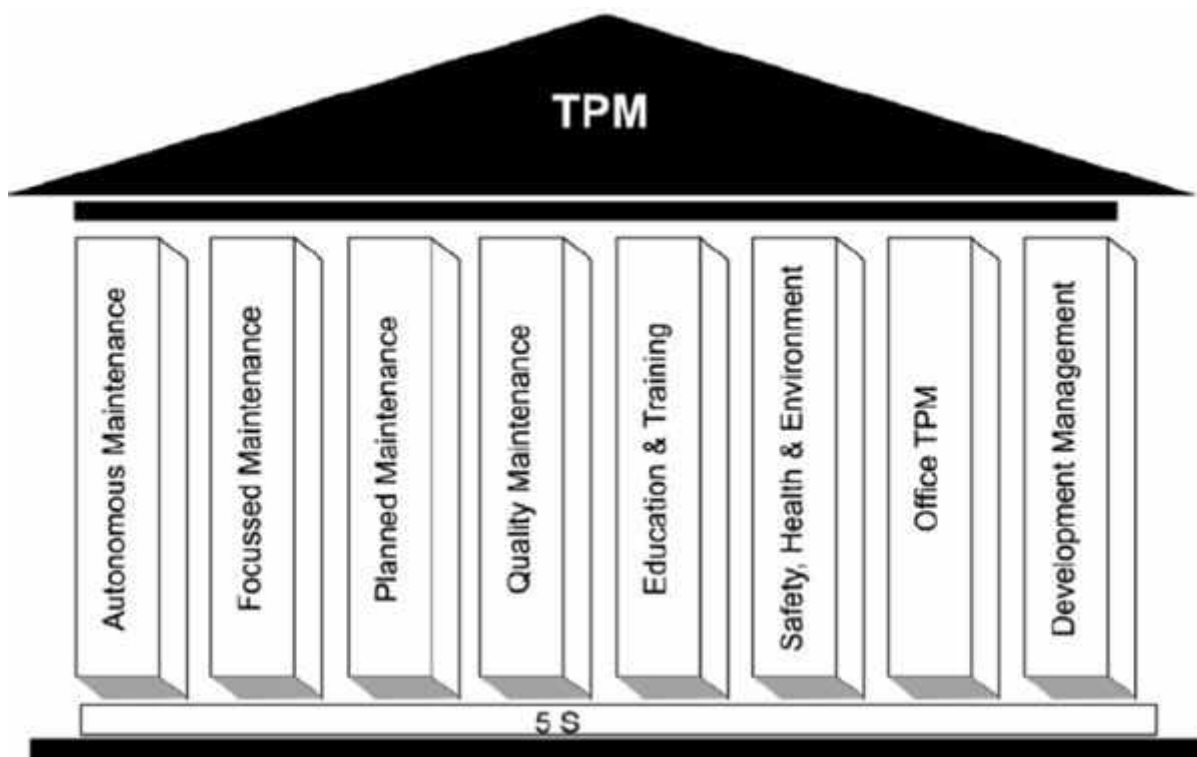
Entre as diferenças do PM para o TPM, a maior delas é justamente a letra “T”, de Total, uma vez que o PM opta por trabalhar com especialistas de manutenção, enquanto no TPM o Total vem da participação total, envolvendo todos operadores e dando a eles a responsabilidade de cuidar do seu equipamento. (Chan et. al., 2005). Segundo Gupta e Garg (2012) o TPM não é apenas uma nova política para a manutenção, mas uma cultura, pois cria uma forma de enxergar e propõe a participação de todos na manutenção.

O total em TPM também remete à total eficácia, tendo o foco em manter todos equipamentos na melhor condição possível para que evitar paradas desnecessárias, garantindo a eficiência operacional. Isso é feito através da elaboração de planos de manutenção que garantam melhor acompanhamento dos maquinários, implementando mais a Manutenção Preventiva, mas monitorando manutenções desnecessárias.

Gupta e Garg (2012) descrevem o TPM como uma abordagem que envolve as equipes de operação e manutenção, trabalhando juntas para redução de estrago, minimização de tempo de máquinas paradas e melhoria na qualidade do produto. Os objetivos do TPM segundo eles são: a maximização do Overall Equipment Effectiveness (OEE), criação de um sistema de manutenção preventiva para todos equipamentos, participação de todos dos funcionários, capacitação operários para que eles possam ter iniciativas em ações corretivas.

A participação total dos funcionários na manutenção e criação de um sentimento de responsabilidade pelo maquinário são as bases do Autonomous Maintenance (AM), que é um dos pilares do TPM.

Figura 4 - Pilares do TPM



Fonte: DAWOOD E SAHIB (2017)

2.4.4.1. Pilares do TPM

O TPM possui 8 pilares (Figura 4), tendo inclusive alguns em comum com o IWS, como o de E&T, Qualidade, EHS, e o Autonomous Maintenance (AM), ou Manutenção Autônoma, onde este trabalho foi desenvolvido.

De acordo com Pinto (2012) a limpeza é a primeira etapa para implementação do AM, sendo assim, antes de abordá-lo, deve-se primeiro estabelecer o pilar de Focused Maintenance. Neste pilar, apesar de já haver sido abordada a limpeza no 5S, serão definidas as rotinas de limpeza, lubrificação e inspeção a serem seguidas, mas de forma específica para os maquinários, sendo então estipuladas a periodicidade das limpezas, forma correta de executar e ferramentas a serem utilizadas. O objetivo final deste pilar é a redução de e eliminação de defeitos e perdas através de análises feitas comparando o estado atual das máquinas e as condições ideais estabelecidas pelo Pilar (PINTO, 2012; OLIVEIRA, 2010).

Muito do conceito de IWS vem do empoderamento e criação de uma mentalidade de Ownership nos funcionários, tudo isso passa pelo AM, o objetivo deste pilar é desenvolver os funcionários e criar a mentalidade de que eles não apenas operam as máquinas, mas que são também responsáveis pela manutenção delas (GUPTA E GARG, 2012).

Com os operadores mais atentos à manutenção e condição das máquinas, as atividades de manutenção triviais deixam de sobrecarregar a equipe de manutenção, que agora ganha tempo para focar em manutenções que demandem uma análise mais profunda (LUZ, 2008).

Segundo Suzuki (1994), o AM tem também como objetivo a garantir as condições básicas dos equipamentos estabelecidos no Pilar de Focused Maintenance, de modo a facilitar o acompanhamento e para garantir que estejam em bom estado, assim evitando deterioração.

Os pilares de AM e Focused Maintenance são dinâmicos, ou seja, as práticas definidas deverão ser analisadas com frequência, à medida que novas e/ou melhores práticas forem encontradas ou o cenário mude, o AM deve se adaptar e propor melhorias (PINTO, 2012).

Os padrões de CIL definidos no pilar de Focused Maintenance, por exemplo, podem ser alterados para eliminar paradas e defeitos de qualidade de acordo com novas descobertas acerca de partes da máquina sujas ou não lubrificadas que não tenham sido detectadas anteriormente (GOVENDER, 2016).

Todos pilares do TPM acabam, de uma forma ou de outra, convergindo para o conceito de diminuir perdas, sendo assim, quanto aos pilares restantes, podem ser resumidos da seguinte forma (OLIVEIRA, 2010; LUZ, 2008):

O pilar de *Planned Maintenance* é responsável por definir planos de manutenção de forma que previna defeitos nas máquinas, a ideia central deste pilar é detectar possíveis falhas antes mesmo que aconteçam.

O pilar de *Quality Maintenance* é encarregado de analisar defeitos no produto e buscar suas causas dentro do processo, assim habilitando a produção a atender os requisitos dos clientes e atingir os KPI's de qualidade.

O pilar de *Education & Training* (E&T), de forma similar ao pilar de mesmo nome no IWS, trata de capacitar os funcionários da companhia como um todo, seja aprofundando conhecimentos em uma área onde já trabalham, compreendendo melhor seu papel e entendimento dos processos em que trabalham, podendo contribuir cada vez mais com análises preventivas que evitem e previnam falhas, ou ampliando para conceitos de outras áreas, trazendo uma visão mais completa do processo como um todo.

Assim como o pilar de E&T, o pilar de *Safety, Health & Environment* no TPM é basicamente o mesmo que no IWS, sendo responsável pelas três palavras que o nomeiam, Segurança, Saúde e Meio Ambiente. É responsabilidade deste pilar garantir que os funcionários estejam trabalhando sob condições que não prejudiquem sua saúde e que estejam seguros de qualquer tipo de acidente a todo momento e de monitorar os impactos causados ao Meio Ambiente pela operação, propondo ações que reduzam esse impacto. Em suma, este pilar busca criar um espaço de trabalho seguro e sem acidentes.

O pilar de *Office* TPM, como o nome indica, é responsável por difundir os conceitos de TPM para áreas que não estão diretamente ligadas ao processo de produção, buscando maior eficiência e padronização das atividades, além de eliminar atividades que não agreguem valor.

Por último, o pilar de *Development Management* engloba os processos que estão ligados à criação de processos ou produtos novos, garantindo que ocorram de forma planejada e que já seja abordado, desde a concepção de um novo produto ou processo, a prevenção de perdas nos mesmos.

2.6. Ferramentas Utilizadas

O IWS, por integrar diversos sistemas, possui inúmeras ferramentas à sua disposição. Serão nomeadas e descritas em seguida as ferramentas utilizadas neste trabalho.

2.6.1. 6W2H

O 6W2H é utilizado para desenhar o plano de uma ação, definindo pontos que dão nome à ferramenta, os 6 “W’s” (what, who, when, where, why, with) e os 2 “H’s” (how e how much (Paladini, 2000):

Tabela 1 - Modelo de 6W2H

What (o que)	O que está acontecendo/será feito?
Who (quem)	Quem está/deve ser envolvido?
When (quando)	Quando acontece/irá acontecer?
Where (onde)	Onde acontece/será realizado
Why (por quê)	Motivo pelo qual a ação será feita
With (com o que)	O que será utilizado para realizar a ação
How (como)	Detalhamento da metodologia a ser utilizada
How much (quanto)	Quantia de recurso a ser utilizado

Fonte: Paladini (2000)

2.9.2. Diagrama de Ishikawa

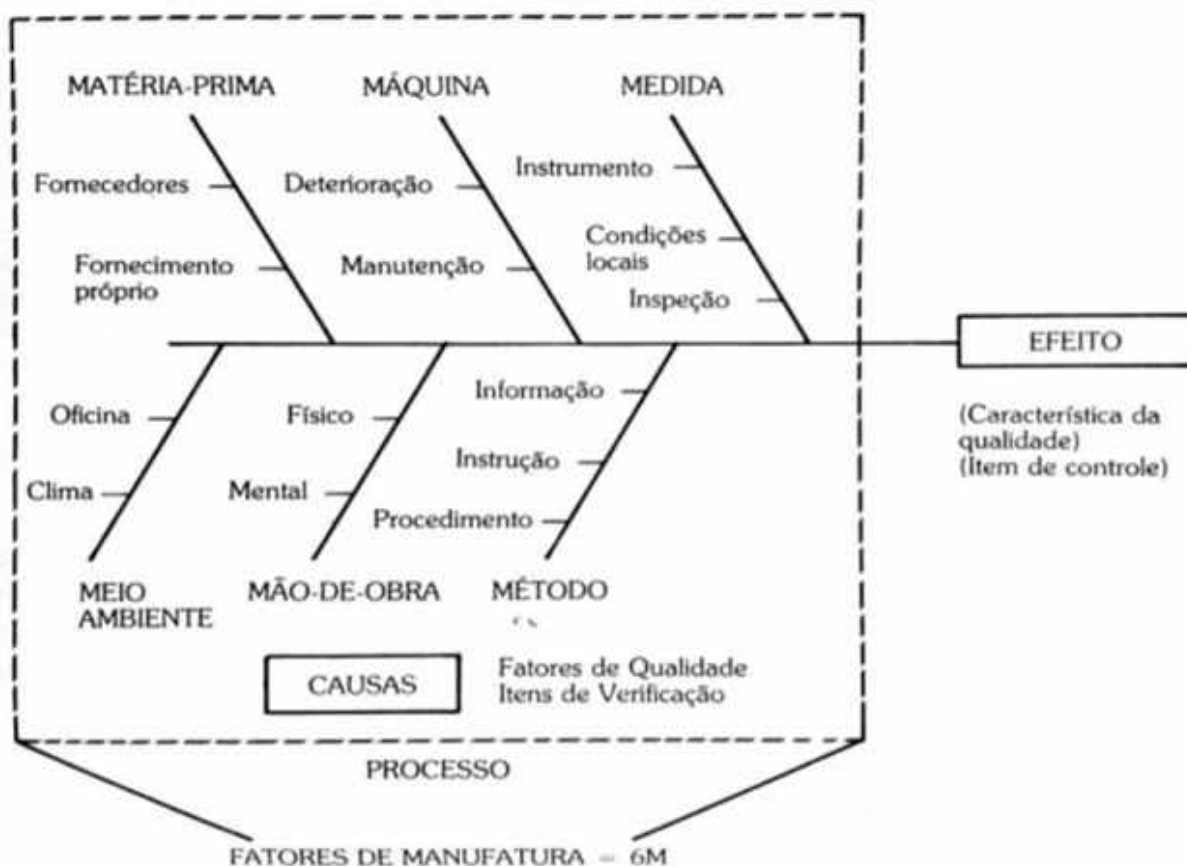
“O primeiro passo no entendimento do controle de processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito” (FALCONI, 1992).

O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta da Qualidade criada por Kaoru Ishikawa, a ferramenta também é conhecida como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Espinha de peixe. O Diagrama é utilizado para mapear as possíveis causas de um problema, sua elaboração baseia-se na definição do problema a ser estudado e o brainstorming de possíveis causas, que podem ser agrupadas em diferentes categorias, mas que usualmente serão agrupadas conforme os “6 M’s” (Sakurada, 2001):

- Mão-de-obra: Possíveis falhas humanas no processo, como falta de capacitação, inexperiência ou imprudência;
- Materiais: Inconsistências com a matéria-prima, qualidade baixa ou condição inadequada;
- Método: Práticas aplicadas que possam estar incorretas ou que precisem de atualização ou adequação;
- Máquina: Condições que estejam fora dos parâmetros de base e possam causar mal funcionamento do maquinário;
- Meio-ambiente: Local de trabalho com condições impróprias, seja temperatura, iluminação, falta de limpeza ou layout;

· Medida: Controles de processo que possam estar descalibrados e apresentando informações incorretas ou que não reportem com frequência desejável.

Figura 5 - Modelo de Diagrama de Ishikawa



Fonte: Falconi (1992)

2.9.3. Work Point Analysis

O *Work Point Analysis* (WPA) é a ferramenta mais utilizada pelo IWS para análises focalizadas em equipamentos. Nesta ferramenta é escolhida uma parte específica da máquina onde foi detectado um problema e são detalhadas as partes da máquina e do processo que ocorre naquele ponto (OLIVEIRA, 2010).

Na primeira etapa do WPA é definido o work point (WP) a ser estudado, o WP é um local onde o equipamento e o produto ou matéria-prima entram em contato. Na segunda etapa são listadas as perdas que ocorrem no WP definido. Para auxiliar no entendimento, na terceira é apresentado o esquema (desenho ou foto) do local e seus mecanismos, na quarta é descrito, detalhadamente, o processo sendo feito e na quinta os planos já em andamento para o WP (CIL e CL já definidos ou mapeados).

De acordo com Manfredini (2009) o WPA melhora a compreensão dos componentes, sistemas e função do local do equipamento sendo estudado, auxiliando na criação de novos padrões de inspeções e reduzindo a ocorrência de pequenas paradas. Exemplos detalhados de WPA podem ser encontrados no trabalho de Manfredini (2009) e Oliveira (2010).

2.9.4. 5 Porquês

Dentro do tópico de busca de causa raiz, Ohno (1997) diz que o estudo para encontrar as causas deve ser completo, para que as ações tomadas estejam corretas. A ferramenta dos 5 Porquês é utilizada especificamente para esta razão, a busca pela causa raiz.

Segundo Ohno (1997), por trás de sintomas triviais é que estará a causa verdadeira do problema. Sendo assim, a ferramenta dos 5 Porquês sugere que seja questionado o porquê do problema ter acontecido e reiterar o processo até que seja encontrada a causa raiz de um problema.

De acordo com Weiss (2011, apud Aguiar 2014), os passos para aplicação da ferramenta são esses:

1. Inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema;
2. Pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira;
3. Para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte por que novamente;
4. Continue perguntando por que até que não se possa mais perguntar mais por quês;
5. Ao cessar as respostas dos porquês significa que a causa raiz foi identificada.

Ainda que a ferramenta seja chamada de “5 Porquês”, de acordo com Weiss (2011, apud Aguiar 2014) o processo pode variar havendo menos ou mais reiterações dos “porquês”, a depender da complexidade do problema.

Para melhor visualização abaixo está um exemplo de Ohno (1997) de utilização da ferramenta:

- “1. Por que a máquina parou? Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
2. Por que houve uma sobrecarga? Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.
3. Por que não estava suficientemente lubrificado? Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.
4. Por que não estava bombeando suficientemente? Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.

5. Por que o eixo estava gasto? Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.”

Olhando para o exemplo de Ohno (1997) pode-se perceber que o fato de um fusível ter queimado não é a razão do problema, mas apenas um sintoma. O intuito da ferramenta é evitar que seja feita apenas a troca do fusível queimado e considerar o problema como resolvido, mas sim olhar a fundo o que causou tudo, corrigindo a causa raiz para que não sejam tratados apenas os sintomas e para que o problema estudado não volte a acontecer.

3. Metodologia

O método é o conjunto das atividades que permite alcançar o objetivo, trazendo conhecimentos válidos e verdadeiros (Marconi e Lakatos, 2003), neste trabalho o método utilizado foi o Método Hipotético-Dedutivo, utilizando-se do modelo proposto por Bunge (1974): reconhecimento dos fatos, descoberta do(s) problema(s), seleção dos fatores relevantes, criação de hipóteses centrais, teste de hipóteses, conclusões e sugestões para trabalhos posteriores.

Quanto à abordagem, a pesquisa é classificada como quantitativa e aplicada. Quantitativa por avaliar dados que podem ser quantificados e busca resultados que também sejam, buscando uma resposta através da análise de dados brutos, obtidos com auxílio de ferramentas neutras (Fonseca, 2002), e aplicada uma vez que busca a solução de um problema específico (Gerhardt e Silveira, 2009).

4. Desenvolvimento

4.1. Empresa Estudada

A Empresa onde foi desenvolvido este trabalho é uma multinacional do ramo alimentício, detentora de diversas marcas líderes de mercado não apenas no Brasil, como em outros países. Com mais de 100 anos de história e milhares de funcionários pelo país, a empresa atende atualmente todos estados do Brasil, além de exportar diversos de seus produtos para outros países.

4.2. Área Estudada

A manutenção é uma das áreas mais importantes, tanto em questão de custos, que segundo Mobley (1990) representam mais de um quarto dos custos totais de produção, quanto em questão de impacto no volume produzido. Organizando este pensamento de forma sucinta: máquinas paradas não produzem e, conseqüentemente, não geram lucro à empresa.

O objetivo final da manutenção é evitar que as máquinas fiquem paradas, mas este objetivo não deve ser alcançado pelo mero ato de religar uma máquina que possa estar em condição subótima, o

objetivo será alcançado como subproduto das ações que zelam pela saúde do maquinário e seus componentes, como a lubrificação, limpeza, reparo ou troca de peças, atenção aos insumos utilizados e cuidados gerais com a utilização do equipamento.

A área estudada é a manutenção de maquinários de produção. A indústria onde o estudo foi feito possui dezenas de módulos de produção, trabalhando cada um com diferentes marcas e máquinas, ainda que o layout se repita. Cada módulo possui uma máquina empregada na produção, uma máquina de embalagem e uma de empacotamento.

A indústria funciona com as máquinas operando 24 horas por dias em 3 turnos, operando praticamente em todos dias do ano, isso torna o cumprimento das rotinas das máquinas ainda mais importante. Cada máquina possui planos de DMS e rotinas de manutenção específicos a ela, ficando definidas as rotinas de CIL, controle de CL, registros de DH e BDE, além dos planos de manutenção, que possuem periodicidade de acordo com o tempo de vida útil dos componentes da máquina e planos de recorrência mais espaçada, onde a operação é interrompida por algumas horas para limpeza e manutenção mais completa da máquina.

4.3. Descrição do Problema

Alguns estudos utilizando outras ferramentas foram feitos previamente a este trabalho, e embora tenham obtido resultados momentâneos, nenhum deles foi capaz de atingir uma melhora de resultado sustentável, que se mantivesse por um período prolongado.

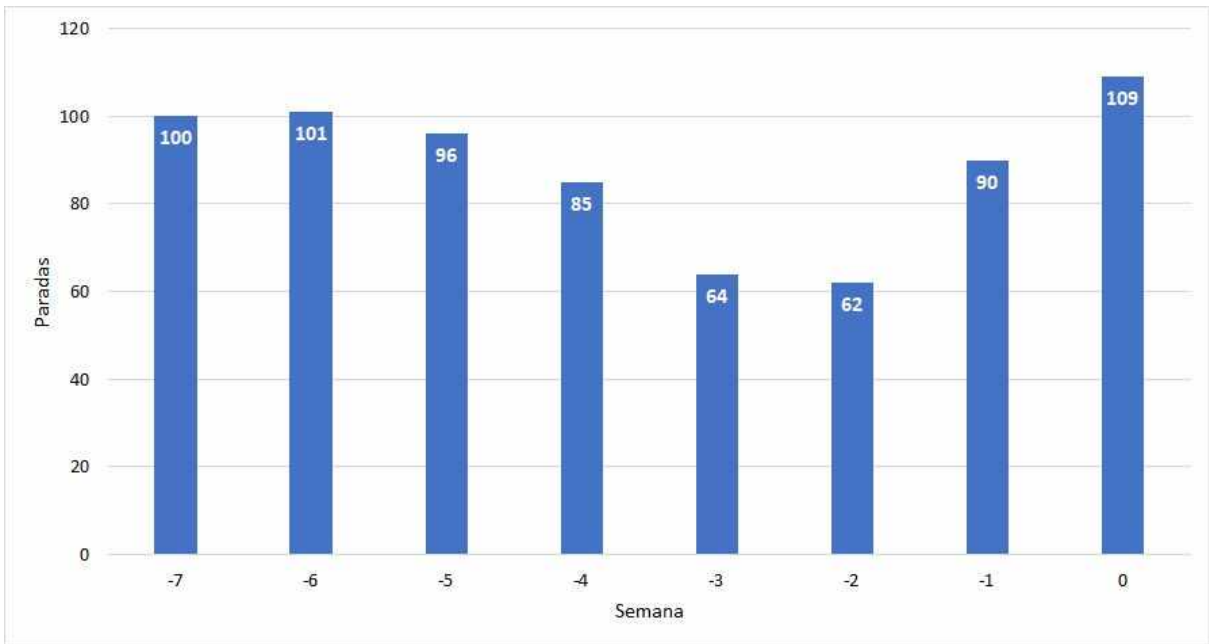
Paradas de máquina, incluindo as não programadas, já são esperadas, inerentes ao processo. Sendo assim, o estudo feito não sugere uma “cura” para a falha encontrada, mas uma maneira de buscar sua causa e reduzir o número de acontecimentos e, conseqüentemente, o impacto nos resultados.

A parada analisada neste estudo encaixa-se no grupo de paradas crônicas, por acontecer com muita frequência e por poder ser rapidamente remediada realizando limpeza da máquina. Entretanto, a frequência com que acontecia e o histórico de meses de paradas acima do considerado razoável gerou um impacto considerável, criando-se uma necessidade de analisá-la mais a fundo de modo a encontrar e tratar a causa, e não apenas remediá-la.

Sobre a parada em si, trata-se do entupimento de uma área da máquina de produção, em uma etapa do processo anterior à transferência do produto pronto para a empacotadora. Notou-se que periodicamente ocorria um acúmulo de produtos semiacabados e componentes numa área que contém diversos rolamentos, uma vez que estes eram impedidos de rodar o sensor da máquina acusava o problema e parava.

Em uma DDS, enquanto era tratado o plano diário e discutidos os maiores impactos negativos do dia anterior, foram apresentados os números de acontecimentos da parada estudada aqui. De acordo com os dados, há quase 2 meses a parada estava ocorrendo acima do considerado aceitável/esperado, mas especificamente no mês corrente os números estavam ainda maiores que nos dois meses anteriores como representado abaixo no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Número de paradas ao longo dos últimos 2 meses



Fonte: Autor

Como o número vinha caindo consideravelmente nas semanas anteriores, havia uma expectativa de que ações anteriores houvessem surtido efeito para resolução, entretanto, na semana anterior ao início do estudo e na própria semana zero (marco do início do estudo) houve um aumento súbito nos números, levando este problema a uma nova ordem de prioridade.

A parada não havia sido tomada como prioridade a ser analisada por ter uma opção de remediação simples e rápida. Não era necessário nenhuma ação complexa ou dispendiosa, nem eram feitas trocas de peças, apenas alguns minutos de limpeza. Sempre que a máquina parava por conta do entupimento, operadores a abriam era feita uma limpeza, descartando o produto que havia ficado entupido e em seguida reiniciava-se a máquina.

Tendo em vista o impacto cada vez maior e o fato das limpezas estarem funcionando apenas como medida corretiva, iniciou-se a busca pela causa raiz.

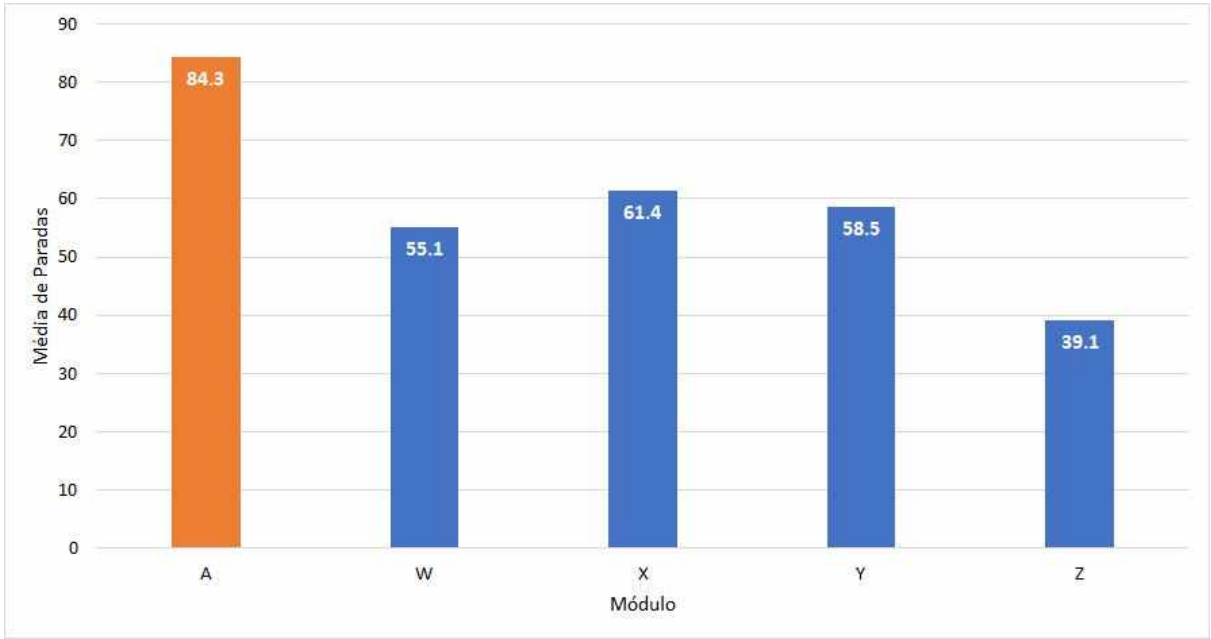
4.4. Análise da Causa Raiz

4.4.1. Levantamento de Dados

A análise iniciou-se com a busca por dados, primeiramente com outros módulos de produção, para considerar se historicamente a fábrica já havia sofrido com o mesmo problema, seja em outras máquinas do mesmo modelo ou outras máquinas que cumprem a mesma função.

Os dados obtidos demonstraram que alguns módulos sofrem do mesmo problema, mas todas em frequência menor, conforme apresentados no gráfico abaixo (sendo módulo “A”, o módulo estudado aqui).

Gráfico 2: Média de paradas por entupimento nos módulos ao longo dos últimos 2 meses



Fonte: Autor

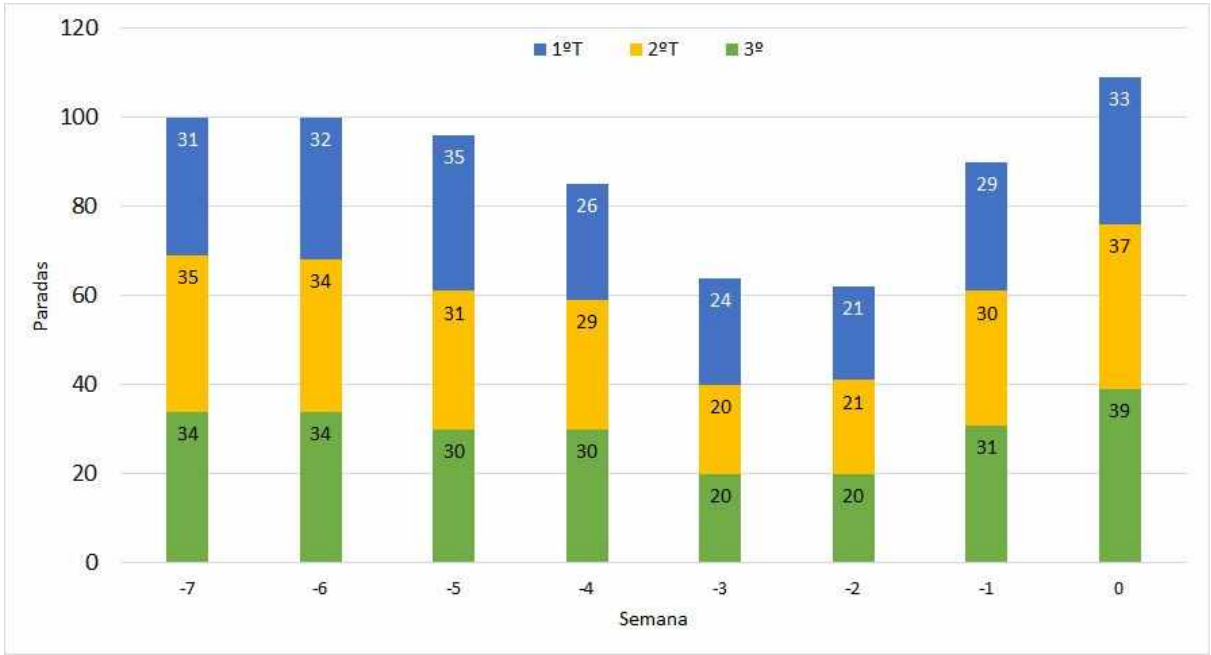
Os números do módulo “A” demonstram uma diferença considerável perante os outros, entretanto, os outros módulos possuem máquinas mais novas e modernas, o que contribui para a redução dos números e deve ser levado em consideração quando comparados. De qualquer maneira, a idade da máquina no módulo “A” não justifica de forma isolada os resultados.

Dos módulos que possuem o mesmo modelo (módulos “X” e “Y”), foram obtidas informações acerca de determinados pontos da máquina que já haviam sido trabalhados e costumam estar

relacionados a esta parada. Com a informação obtida, já de antemão foram classificados o cilindro de sucção e recipiente de aglutinante como WP.

Após a coleta desses dados, foi feito também o acompanhamento *in loco* dos três turnos de produção em datas diferentes, para conhecimento mais próximo do entupimento no decorrer da produção. A conclusão da análise foi de que não havia variação significativa da ocorrência de entupimento entre os três turnos, também não havia mudança na maneira como a parada é tratada.

Gráfico 3: Paradas por entupimento por turnos ao longo dos últimos 2 meses



Fonte: Autor

4.4.2. WPA

Com as informações obtidas foi possível direcionar a execução de dois WPA, sendo um para o cilindro de sucção e outro para o recipiente de aglutinante.

Nesses WPA inicialmente foram detalhados os princípios de funcionamento de maneira detalhada, iniciando a descrição pelas conexões que existem entre cada parte móvel no WP e a ação sendo desempenhada. O WPA continuou com a descrição dos princípios de funcionamento acompanhando a matéria-prima durante sua transformação, quais ações a transformam e quais as condições corretas para o processo de produção.

Então foram levantadas todas inspeções em andamento para aquele WP, CIL e CL em vigor e planos de manutenção programados.

Foi feito um levantamento extenso de todos componentes envolvidos na ação desenvolvida no WP, os que participam diretamente do processo, como facas e reservatórios, componentes que garantem o posicionamento correto da matéria-prima, como esteiras, e aqueles asseguram a continuidade do processo, como a lubrificação, pressão e temperatura corretas.

Foram feitas análises ainda mais minuciosas em partes menores como parafusos e engrenagens, para averiguar se CL definidos anteriormente deveriam ser modificados ou se estavam fora da posição correta.

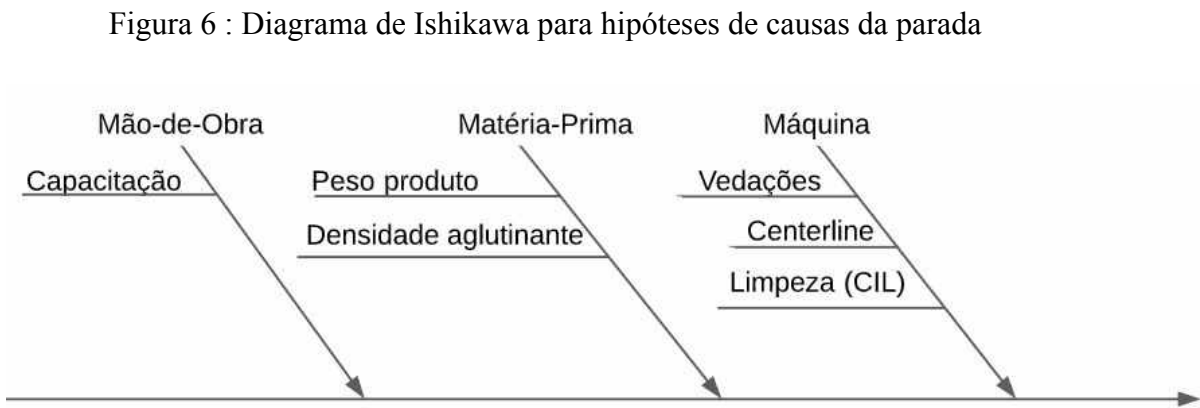
Ao final do WPA tornou-se mais fácil visualizar quais as possíveis inconsistências levavam ao entupimento, foi então elaborado um Diagrama de Ishikawa com as hipóteses.

4.4.3. Ishikawa

Através da observação detalhada feita no WPA dois problemas maiores foram constatados: elementos se soltavam mesmo após a adição do aglutinante e, matéria-prima não estava aderindo ao cilindro de sucção corretamente.

Em ambos os casos, o resultado era de produtos saindo do fluxo esperado e acabando alojados na parte inferior da máquina, causando os entupimentos. Foi constatado que a máquina, após uma limpeza extensa, levava em média 45 minutos para entupir novamente, mas após a primeira parada a frequência aumentava para praticamente uma parada a cada 20 minutos.

As inconsistências encontradas e esse detalhe entre o tempo de paradas foi avaliado e foram levantadas algumas hipóteses, disposta no diagrama de Ishikawa como abaixo:



Fonte: Autor

Em relação ao problema de descolamento das partes durante a rotação do produto as seguintes hipóteses foram consideradas:

1. Densidade do Aglutinante: caso estivesse com densidade maior que a estipulada, o aglutinante poderia estar sendo aplicado em quantia menor à desejada, escoando de forma mais viscosa e lenta, deixando o produto com quantia insuficiente para garantir a junção das partes;
2. Centerline: Para garantir a aplicação do aglutinante da forma correta, deve-se garantir que a matéria-prima esteja corretamente posicionada;

Quanto ao produto problema do produto escapando do cilindro de sucção foram levantadas as hipóteses abaixo:

1. Peso poderia estar acima do planejado, causando a força da sucção a não ser suficiente para segurar o produto;
2. Vedações com integridade comprometida, causando a perda de capacidade de sucção do cilindro.

Além dos dois maiores problemas citados, foram levantadas também as hipóteses de possível melhoria/modificação a ser feita nos padrões de CIL e capacitação dos funcionários para quando se depararem com este caso em específico.

4.4.4. Análise de Hipóteses

Com todas hipóteses levantadas o estudo foi direcionado para a análise das mesmas, partindo inicialmente com a avaliação das hipóteses relacionadas a matéria-prima.

4.4.4.1. Hipóteses relacionadas a Matéria-Prima

A primeira hipótese testada foi a relacionada ao peso produto estar excedendo o correto, para esta hipótese buscou-se a informação da atualização das balanças instaladas na linha de produção, constatando que haviam passado por revisão no mês anterior, descartando parcialmente essa hipótese. Em seguida, a equipe de Qualidade foi acionada para fazer um teste com peso padrão, constatando que as balanças estavam de fato calibradas.

Para a hipótese relacionada à densidade do aglutinante foi feita análise do produto e ficou constatado que a densidade em si estava correta, entretanto havia acúmulo de produto condensado no bico, o que causou o entupimento de parte do bico, consequentemente diminuindo a vazão do produto. Foi feita pesquisa acerca do produto, para conferir se havia ocorrido troca de fornecedor ou de produto, ambas possibilidades não eram verdadeiras. Dado que esta hipótese demonstrou-se verdadeira, foi tomada como medida corretiva a alteração de CIL para o recipiente que recebe o

aglutinante, reduzindo o intervalo de limpeza de 10 para 7 dias, para impedir que o entupimento voltasse a ocorrer.

4.4.4.2. Hipóteses relacionadas ao Maquinário

Uma vez que estava sendo feita a análise do aglutinante, ocorreu paralelamente o teste da hipótese do Centerline estar incorreto. A hipótese analisada era de que o recipiente ou tambor de sucção poderiam estar em uma altura não ideal, comprometendo a aplicação correta do aglutinante, assim causando a falta do mesmo e, conseqüentemente, a separação dos materiais em uma etapa seguinte. Não foram encontrados quaisquer indícios de variação no Centerline definido previamente, portanto a hipótese foi descartada.

Por fim, foi analisada a hipótese da perda de poder de sucção do cilindro devido ao comprometimento das vedações do sistema de vácuo. Tendo em vista que a outra hipótese relacionada ao produto escapar do cilindro (a hipótese de peso acima do correto) não se provou verdadeira, já havia expectativa de que houvesse algo a ser corrigido nesta hipótese.

Aferindo a pressão (vácuo) que estava chegando no módulo foi possível detectar que a mesma encontrava-se abaixo do requerido para o funcionamento correto do cilindro, a partir desta informação foi acionado o departamento responsável pelo fornecimento de utilidades (energia, água, vácuo) para aferição da pressão que estava sendo fornecida para o módulo.

O departamento de utilidades retornou com um estudo que demonstrava que o vácuo que sendo fornecido ao módulo estava na medida correta, comprovando a hipótese de que o problema no sistema pneumático encontrava-se entre a chegada no módulo até o cilindro de sucção na máquina.

Com o escopo sendo limitado ao módulo a busca tornou-se mais fácil, sendo em pouco tempo encontrado o problema central, a falta de manutenção da unidade de conservação do módulo. Por não haver um plano de manutenção para esse componente, o mesmo encontrava-se comprometido e com diversas perdas de pressão. Duas aferições foram feitas para comprovar de maneira irrefutável a hipótese, aferindo-se a tubulação antes de passar pela unidade e após a unidade, a diferença de pressão foi notável, ficando então comprovado o problema.

4.4.5. 5 Porquês

Com todas hipóteses analisadas e causas encontradas, foi elaborado uma tabela de “5 Porquês” para simplificação das causas e listagem das ações a serem tomadas para correção.

Tabela 2: 5 Porquês

O quê?	Por quê?	Por quê ?	Por quê ?	Por quê ?	Plano de Ação
Entupimento do recipiente de aglutinante	Intervalo entre limpezas muito grande	Plano de CIL desatualizado	-	-	Ajustar plano de CIL para prevenir futuros entupimentos
Falta de vácuo no cilindro de sucção	Perda de vácuo na chegada do módulo	Falta de manutenção na unidade de conservação	Não havia plano de manutenção ou troca	-	Criar de plano de manutenção

Fonte: Autor

Ainda que houvesse a opção de trocar a unidade de conservação e outros componentes do sistema pneumático do módulo, a decisão tomada foi de minimizar quaisquer impactos financeiros do projeto, buscando primeiramente opções com custo zero.

A partir do plano de ação resumido na tabela de “5 Porquês” colocou-se em prática as medidas para correção das falhas no cilindro de sucção e entupimento do recipiente, assim garantindo a redução no número de paradas de máquina.

4.5 Resultados

Para garantir que as ações tomadas estavam de fato surtindo efeito as implementações ocorreram gradativamente, uma de cada vez. Foi feita uma reunião com cada uma das equipes dos turnos para garantir que todos estivessem cientes das mudanças nos procedimentos.

Ao longo das duas primeiras semanas foi feito o estudo do problema, busca por conhecimento prévio com outras equipes e levantamento de dados, na terceira foram feitos os WPA.

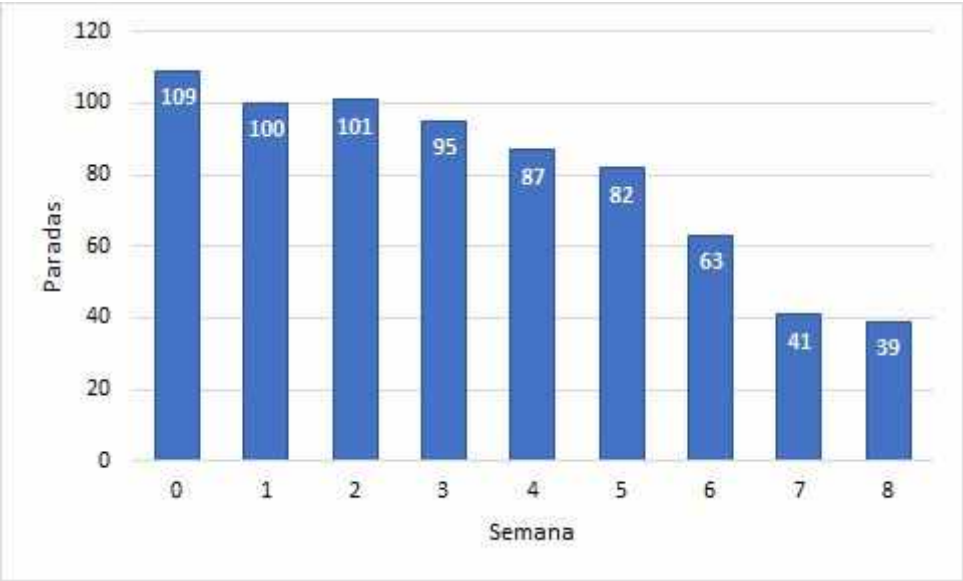
No final da terceira semana foi encontrado o entupimento no recipiente de rolamento, fazendo logo em seguida uma primeira limpeza antes mesmo de ser definido o novo intervalo ideal para o CIL, dessa forma, na semana 3 já é possível ver como benefício inicial uma queda considerável no número de paradas semanais.

Esse benefício continuou a ser colhido nas semanas restantes, mas sendo perceptível a partir dos resultados da quinta semana um indício de que a redução atingida através da limpeza do recipiente não conseguiria reduzir o número de paradas mais do que o resultado da última semana.

Como mencionado anteriormente, as medidas foram tomadas de forma gradativa, de forma que os estudos acerca do vácuo utilizado no módulo já apresentavam os dados que comprovaram problemas na unidade de conservação, mas a manutenção na mesma apenas foi realizada no último dia da semana 5, ficando então claro os benefícios dessa ação a partir da sexta semana.

Com os resultados obtidos na sétima semana o módulo conseguiu ficar abaixo do número semanal esperado para a parada, com a consolidação do resultado na semana seguinte o estudo para busca de maneiras para diminuir o número de paradas foi finalizado.

Gráfico 4 - Número de paradas ao longo das semanas após início do estudo



Fonte: Autor

Os resultados em si ainda variam um pouco, chegando a transitar semanas acima e outras abaixo do ideal, ainda que nunca tendo voltado para níveis críticos como o do início do estudo.

5. Conclusão

Mesmo em grandes empresas, as possibilidades para melhorias são muitas. No estudo relatado foi possível encontrar alguns exemplos disso. A complexidade da operação pode causar que detalhes pequenos, como a manutenção de uma peça, passem despercebidos. É em casos como esses que as

ferramentas do IWS, como o WPA, são de grande valia, trazendo análises detalhadas das menores partes e efeitos no processo produtivo, possibilitando ações calculadas para melhorar resultados.

Não apenas isso, os pilares do IWS em constante desenvolvimento, como o AM, garantem que ainda que a situação, pessoas, maquinários sejam outros, o conhecimento sempre será mantido e processos estão também sempre prontos para serem adequados para atender novos cenários. O entupimento do aglutinante é um exemplo claro disso. Ainda que tenha sido encontrado o entupimento, não foi possível garantir de fato o motivo do mesmo ocorrer. Entretanto, a constante análise e evolução do processo garante que adequações sejam feitas para corrigir tais acontecimentos.

5.1. Trabalhos Futuros

Com o aprendizado adquirido neste estudo, ações similares podem futuramente ser desenvolvidas em outros módulos, tendo em vista que alguns possuem máquinas iguais ou similares às estudadas aqui, podendo vir a sofrer dos mesmos problemas.

Em especial, uma ação específica para limpeza de unidades de conservação deve ser considerada, tendo em vista o alto impacto deste item na performance do módulo como um todo e o pouco conhecimento e mapeamento de CIL e planos de manutenção existentes anteriormente para ele.

Por último, ainda que os resultados aqui apresentados não sejam inconclusivos, o histórico das ações feitas no módulo demonstra ganhos momentâneos em performance, seguidos pelo aumento dos números de parada de volta ao padrão anterior, sendo assim, trabalhos futuros devem ser feitos para monitorar o desempenho do módulo acerca da parada estudada aqui, reiterando análises para garantir a estabilidade dos resultados.

6. Referências

- AGUIAR, M. C. **Análise de Causa Raiz: levantamento dos métodos e exemplificação.** 2014.
- BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão de qualidade, produção e operações.** 2010.
- BROWN, D. R. **An experiential Approach to organization development.** 2006.
- CHAN, F. T., et. al. **Implementation of total productive maintenance:A case study.** 2003.
- FALCONI, V. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** 1992.
- GOVENDER, R. **Critical Success Factors for implementing a labour productivity improvement initiative in a competitive South African manufacturing plant for greater international competitiveness.** 2016.
- GUPTA, A. K., & GARG, R. K. **OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study.** 2012.
- JEONG, K.-Y., & PHILIPS, D. T. **Operational efficiency and effectiveness measurement.** 2001.
- JONSSON, P., & LESSHAMMAR, M. **Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE.** 1999.
- KWAK, Y. H., & ANBARI, F. T. **Benefits, obstacles, and future of six sigma approach.** 2004.
- LINDERMAN, K. et. al. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective.** 2001.
- LJUNGBERG, O. **Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM.** 1998.
- LUZ, J. T. **Implementação de Sistema de Gestão Integrada na Procter & Gamble Porto.** 2008.
- MANFREDINI, A. **Manutenção Autónoma em Operações na Procter & Gamble Porto.** 2009.
- MCKONE, K. E., & WEISS, E. N. **TPM Planned and Autonomous Maintenance: Bridging the Gap Between Practice and Research.** 1998.
- MOBLEY, R. K. (1990). **An Introduction to Predictive Maintenance.** 1990.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção.** 1997.
- OLIVEIRA, A. M. **Projecto de Implementação de Módulos de Qualidade na Procter & Gamble.** 2010.
- PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática.** 2000.
- PINTO, J. N. **Implementação da metodologia TPM numa empresa de produção de elevadores.** 2012.

REIS, R., et. al. **Implementação de Metodologia de trabalho para zero perdas em indústria do gênero alimentício.** 2017.

SAKIB, S. **Implementation of the Integrated Work System in the Secondary Manufacturing Department of British American Tobacco Bangladesh.** 2018.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** 2001.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries.** 1994.

WILLIAMS, T. **Transformational Leadership Influence on Rapid Organizational Change in Procter and Gamble Global Manufacturing Operation.** 2014.

Unlocking manufacturing's full performance potential. Disponível em: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential/\\$FILE/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential/$FILE/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential.pdf). Acesso em: 23 de Maio de 2020.

The future of operational excellence — beyond lean. Disponível em: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-run-to-target-manufacturing-looking-beyond-lean/\\$FILE/EY-run-to-target-manufacturing-looking-beyond-lean.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-run-to-target-manufacturing-looking-beyond-lean/$FILE/EY-run-to-target-manufacturing-looking-beyond-lean.pdf). Acesso em: 03 de junho de 2020.

ZUTSHI, A., & SOHAL, A. **Requirements for a Successful Integrated Management System: The experiences of Australian Organisations.** 2003.