

PADRONIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DO PILAR DE MANUTENÇÃO PROFISSIONAL PERTENCENTE A METODOLOGIA WCM EM UMA EMPRESA DA LINHA BRANCA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS-AM

Wander Sousa Pereira ⁽¹⁾ (sousa.wander@hotmail.com), Camila Costa Pinto ⁽¹⁾ (camila.pinto@ifam.edu.br), Paulo Fernando Figueiredo Maciel ⁽¹⁾ (paulo.figueiredo@ifam.edu.br), Michaella Socorro Bruce Fialho ⁽¹⁾ (michaella.fialho@ifam.edu.br), Benjamim Batista de Oliveira Neto ⁽¹⁾ (benjamim.batista@ifam.edu.br)

⁽¹⁾ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

RESUMO: *No atual cenário globalizado, a busca pela excelência na gestão da manutenção é fundamental para que as empresas mantenham sua competitividade no mercado internacional. Com o advento da indústria 4.0, surge o conceito do World Class Manufacturing (WCM), focado na eliminação de desperdícios e na melhoria contínua da eficiência através de pilares técnicos e gerenciais. Nesse contexto, o Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) assume um papel crucial na elaboração de planos e políticas que garantam a eficácia dos processos de manutenção. Este artigo destaca a importância do PCM como um facilitador essencial para alcançar e manter os padrões de excelência exigidos pelo WCM através do projeto de implantação do Pilar de Manutenção Profissional em uma indústria de linha branca localizada no polo industrial de Manaus-AM. Como resultado da reestruturação, incluindo a criação de indicadores, melhoria no controle de dados e aumento na eficiência dos atendimentos houve a redução significativa no número de produtos perdidos de 39.903 un no ano de 2020 para 20.962 un no ano de 2021 assim como redução do downtime dos equipamentos saindo de 1,63% para 0,73%.*

PALAVRAS-CHAVE: MANUTENÇÃO, PCM, WCM, MELHORIA, PROCESSOS.

STANDARDIZATION OF MAINTENANCE PLANNING AND CONTROL THROUGH THE PROFESSIONAL MAINTENANCE PILLAR OF THE WCM METHODOLOGY IN A WHITE GOODS COMPANY IN THE INDUSTRIAL HUB OF MANAUS-AM

ABSTRACT: *In today's globalized scenario, pursuing excellence in maintenance management is crucial for companies to maintain their competitiveness in the international market. With the advent of Industry 4.0, the concept of World Class Manufacturing (WCM) emerges, focusing on waste elimination and continuous improvement in efficiency through technical and managerial pillars. In this context, Maintenance Planning and Control (PCM) plays a crucial role in developing plans and policies to ensure the effectiveness of maintenance processes. This article underscores the importance of PCM as an essential facilitator to achieve and maintain the excellence standards required by WCM through the implementation project of the Professional Maintenance Pillar in a white goods industry located in the industrial hub of Manaus, Brazil. As a result of restructuring efforts, including the establishment of indicators, improved data control, and enhanced service efficiency, there was a significant reduction in lost products from 39,903 units in 2020 to 20,962 units in 2021, along with a decrease in equipment downtime from 1.63% to 0.73%.*

KEYWORDS: MAINTENANCE, PCM, WCM, IMPROVEMENT, PROCESSES.

1. INTRODUÇÃO

O papel do setor de manutenção evoluiu significativamente, deixando de ser apenas um suporte para se tornar um protagonista nos resultados corporativos. Contudo, desafios como limitações orçamentárias, conflitos de prioridades e programas de gestão ineficazes podem comprometer sua eficiência. Em meio a um cenário de mudanças políticas e organizacionais, uma empresa renomada no setor de eletrodomésticos, especializada na fabricação de condicionadores de ar e micro-ondas e situada no polo industrial de Manaus-AM, identificou-se a necessidade de aprimorar as diretrizes e procedimentos do setor de manutenção.

Com base nessa percepção, uma empresa de consultoria especializada foi contratada para realizar uma auditoria externa e implementar um projeto de melhoria interna nos processos, proporcionando orientação e avaliação imparcial para auxiliar no direcionamento estratégico da organização. Os resultados dessa auditoria foram estruturados com base na abordagem do World Class Manufacturing (WCM), focando especialmente no pilar 5 de Manutenção Profissional (MP). O objetivo deste trabalho é analisar a metodologia de implantação das diretrizes do pilar MP no setor de manutenção industrial, sob a perspectiva do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), reconhecendo a interdependência entre os diversos setores conforme preconizado pela abordagem do WCM.

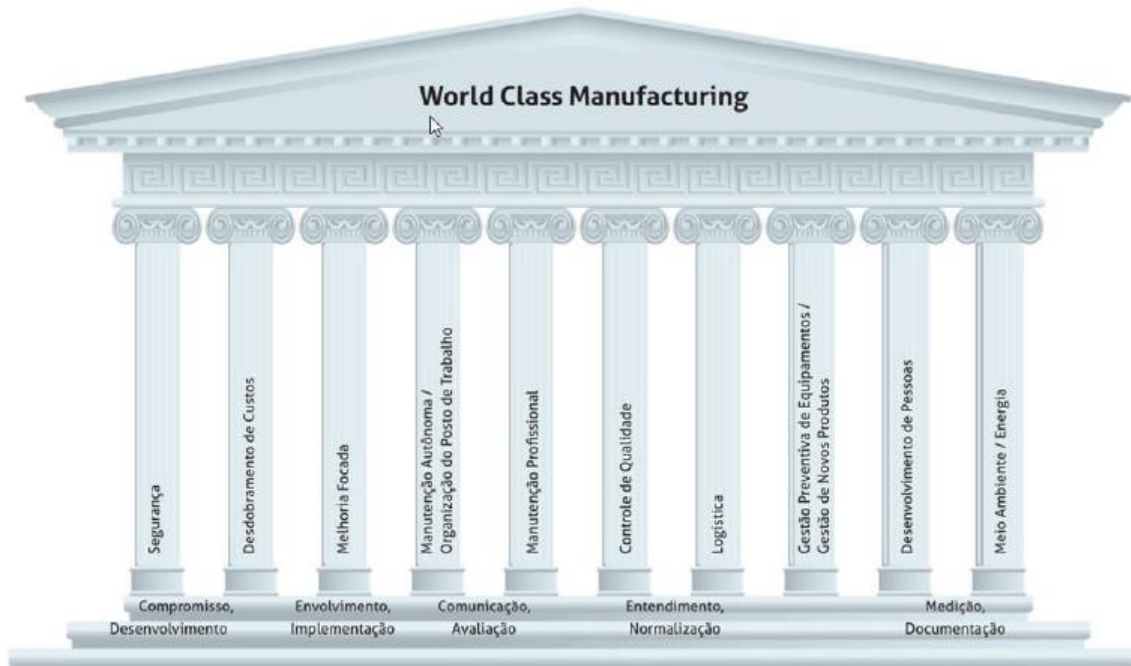
O processo produtivo da empresa envolve duas vertentes principais, o setor de Fabricação responsável pela produção de componentes dos condicionadores de ar e o setor de Montagem encarregado de realizar a montagem, teste e embalagem dos produtos acabados, seguindo linhas de montagem seriadas para atender à demanda do consumidor final. Dentro da companhia, a manutenção industrial desempenha um papel crucial na garantia do funcionamento eficiente dos equipamentos nas áreas de fabricação e montagem, além de fornecer suporte para as instalações de utilidades.

1.2 World Class Manufacturing e o Pilar de Manutenção Profissional.

“O termo World Class Manufacturing foi primeiramente utilizado por Hayes e Wheelwright em 1984 como um conjunto de práticas, implicando que os usos dessas melhores práticas conduziriam ao um nível superior de desempenho. Esta abordagem baseada na prática de produção de classe mundial foi ecoada por numerosos autores desde então” (FLYNN, 1999).

Baseado nas metodologias do *Just In Time (JIT)*, *Total Quality Control (TQC)*, *Total Industrial Engineering (TIE)* e *Total Productive Maintenance (TPM)* o objetivo final do WCM é criar uma organização flexível e ágil que possa responder rapidamente às mudanças do mercado e às necessidades dos clientes, mantendo altos padrões de eficiência e qualidade. Segundo Yamashima (2010) o WCM é composto por 10 pilares técnicos e 10 pilares gerenciais conforme Figura 1. Os pilares técnicos do WCM são fundamentos essenciais que orientam as práticas de melhoria contínua e otimização de processos na manufatura. Já os pilares gerenciais são peças-chave para garantir a eficácia e sustentabilidade dessas iniciativas, fornecendo a estrutura necessária para apoiar e integrar os pilares técnicos.

FIGURA 1. Estrutura do World Class Manufacturing



Fonte: VEIGA (2018)

Dentre esses pilares, o de Manutenção Profissional (MP) se concentra em desenvolver e implementar estratégias avançadas de manutenção que vão além das práticas básicas de manutenção autônoma. Segundo Castilho (2022) este pilar compreende todas as atividades relacionadas à construção de um sistema de manutenção capaz de reduzir a zero as quebras e as pequenas paradas das máquinas e de obter economias, por meio da utilização de práticas de manutenção baseada na capacidade de alongar a vida dos componentes (manutenção preditiva). O desdobramento do pilar ocorre através de sete passos de implantação sendo os três primeiros focados na resolução após a ocorrência, os dois passos seguintes operando de maneira preventiva, e os dois últimos focados em antecipar a falha de maneira proativa. A Figura 2 ilustra a sequência de implantação do pilar MP onde os principais ganhos são:

- Maximização da Eficiência dos Equipamentos.
- Prevenção de Falhas
- Aumento da Confiabilidade
- Redução de Custos

FIGURA 2. Passos da implantação da engenharia da manutenção conforme pilar MP



Fonte: Autor (2021)

2. PROBLEMA INICIAL

Paradas programadas e não programadas de manutenção impactam na paralisação da fabricação de produtos. As perdas decorrentes dessas interrupções são registradas em um documento interno da empresa chamado de “diário de bordo da produção” e expressas como uma porcentagem do total produzido, denominada *downtime*. Em 2020 a meta do *downtime* para o setor de manutenção era de 0,91% do total de produtos manufaturados, porém ao final do período o valor encontrado foi 1,63% conforme Tabela 1.

TABELA 1. Produtos Manufaturados em 2020 - Planejado x Realizado

	Produtos Manufaturados(un)	Downtime	Produtos Perdidos(un)
Planejado	2.126.551	0,91%	19.351
Realizado	2.448.026	1,63%	39.903

Fonte: Autor (2021)

A partir da Tabela 1, é possível verificar que para o ano de 2020 o planejamento era de 19.351 produtos perdidos, porém, ao final do período houve um total de 39.903 unidades contabilizadas por perdas decorrentes de paradas para manutenção, uma variação de 90,7% de produtos perdidos a mais em relação ao previsto para o ano. Esse valor foi o estímulo para a iniciar o projeto de reestruturação dos processos do setor

de manutenção cujo objetivos finais foram a diminuição do valor do *downtime* para o ano de 2021 e o aumento da disponibilidade dos equipamentos da planta. Dessa forma, toda a reestruturação seguiu os fundamentos da política da WCM, em especial o pilar de Manutenção Profissional (MP).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de reestruturação foi programado para 12 meses de duração começando em abril de 2021 a abril de 2022 com a avaliação prévia em dezembro de 2021. O Cronograma do projeto foi elaborado seguindo o modelo da Figura 3 onde foram considerados os *steps* principais a serem adotados da fundação e origem dos dados até a análise das atividades que já foram feitas. Vale ressaltar que apesar da sequência dos *steps* sugerida pelo pilar MP, as melhorias dos processos foram distribuídas junto a equipe para que as atividades de reestruturação fossem realizadas de forma simultânea onde o resultado fosse o cumprimento da metodologia do pilar.

FIGURA 3. Cronograma Macro do projeto

CRONOGRAMA DO PROJETO													
ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	RESPONSÁVEL DIRETO	abr/21	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22
Avaliação inicial	CONSULTORIA	CONSULTOR, COORDENADOR	Realizado										
Auditora	CONSULTORIA	CONSULTOR	Realizado										
Resultado da auditoria,	CONSULTORIA	CONSULTOR		Realizado									
Montagem da estratégia e apresentação do plano de ação	CONSULTORIA/EMPRESA	CONSULTOR, COORDENADOR		Realizado									
Estruturação do Núcleo de Engenharia de Manutenção (NEMM), com as definições do Organograma e os colaboradores de cada atividade;	CONSULTORIA/EMPRESA	CONSULTOR, COORDENADOR			Realizado								
Inventário, elaboração da árvore de equipamentos	CONSULTORIA/EMPRESA	CONSULTOR, PCM			Realizado								
Definição da estratégia de criticidade e Classificação, utilizando o padrão WCM conforme o critério TGPC (AA, A, B, C);	CONSULTORIA/EMPRESA	PCM				Realizado	Realizado						
Criar e Revisar os fluxogramas de atuação da Manutenção; definir os conceitos de manutenção	CONSULTORIA/EMPRESA	CONSULTOR, PCM				Realizado	Realizado						
Criar ou ajustar os planos de manutenção para os equipamentos conforme a Metodologia RCM Básico	CONSULTORIA/EMPRESA	PCM						Realizado	Realizado				
Elaboração do calendário anual de preventivas;	CONSULTORIA/EMPRESA	PCM							Realizado				
Inserir os planos de manutenção no Sigma (CMMS);	CONSULTORIA/EMPRESA	PCM								Realizado	Realizado	Realizado	
Start conforme o nivelamento 52 semanas;	CONSULTORIA/EMPRESA	CONSULTOR, COORDENADOR									Realizado	Realizado	Realizado
Nova auditoria	CONSULTORIA/EMPRESA	CONSULTOR, COORDENADOR										Realizado	Realizado

LEGENDA:

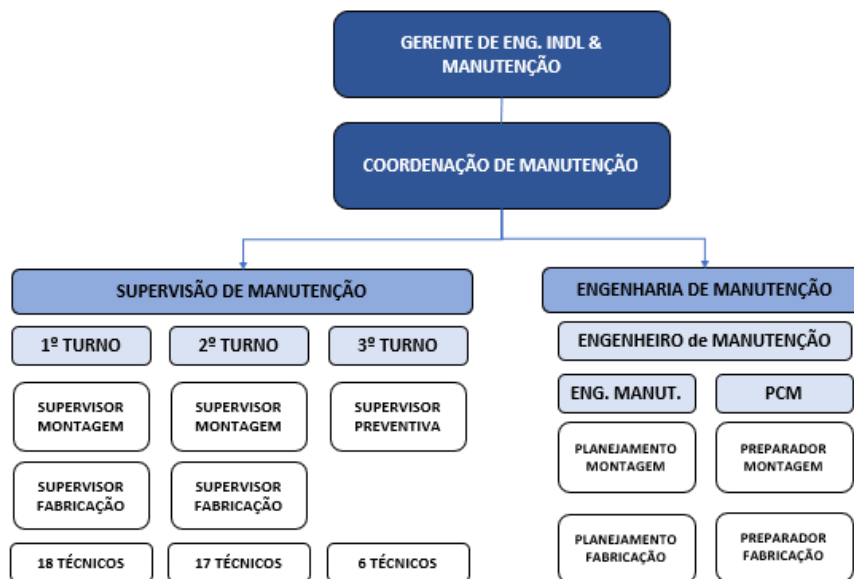
- Realizado
- Atrasado
- Programado
- Reprogramado

Fonte: Autor (2021)

3.1 Definição das atividades e estruturação do Núcleo de Engenharia de Manutenção

Para elaboração do projeto todo corpo do setor de manutenção foi direcionado às atividades de reestruturação, conforme ilustrado na Figura 4. A equipe de planejamento de manutenção foi posicionada em paralelo à gestão de equipes. Diferente de outros modelos, onde o PCM é subordinado aos supervisores, neste caso, o objetivo foi separar claramente as duas frentes de trabalho promovendo uma cooperação mútua o que evita o acúmulo de tarefas por ambas as equipes. O planejamento elabora as estratégias, enquanto a equipe de execução as implementa. Com o feedback dos planos, foi possível realizar melhorias, criando um ciclo de melhoria contínua.

FIGURA 4. Organograma do setor de manutenção



Fonte: Autor (2021)

As duas equipes de planejamento e controle de manutenção foram compostas de 1 engenheiro de manutenção, responsável pela elaboração dos planejamentos e indicadores, um técnico de planejamento responsável por captar recursos necessários e dar suporte ao projeto de TPM da planta. Com isso podemos notar que no setor de engenharia de manutenção as atribuições foram recalculadas de maneira que os setores de Montagem e Fabricação pudessem contar com duas equipes exclusivas para as suas demandas. Foi notável a diferença do modelo anterior onde não havia essa segregação e acarretava muitas atividades a serem gerenciadas e a falta de efetividade na obtenção de resultados. A Figura 5 traz um recorte do plano de ação - estruturação do Núcleo de Engenharia de Manutenção (NEMM) baseado em no método 5W2H de análise e planejamento estratégico o qual foi usado para definir os papéis de responsabilidade e as atividades a serem executadas.

FIGURA 5. Recorte da estruturação do núcleo de engenharia de manutenção

PLANO DE AÇÃO - ESTRUTURAÇÃO DO NÚCLEO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO (NEMM)											
ITEM	CAPÍTULO	CAUSA (O que você vai atacar ou melhorar)	O QUE FAZER (Ação ou contramedida)	QUEM (Responsável)	QUANDO (Prazo Conclusão)	PORQUE (Justificativa da Ação)	COMO (Detalhamento da Ação)	ONDE (Local)	QUANTO (Custo Planejado)	STATUS	CONCLUSÃO
1	GERAL	Estruturação do Núcleo de Engenharia	Estruturação do Núcleo de Engenharia de Manutenção	coordenador	30/05/21	Criar Sistemática de análise e proatividade no processo de manutenção	Aprovação/contratação e ou transf. de 01 Engenheiro Senior e no início 1 analistas de manutenção (ESTAGIÁRIO NO INÍCIO)	Processo de Manutenção		Concluído	
2	STEP 0	Estruturação do Núcleo de Engenharia	Inventário dos equipamentos;	Auditor - NEMM (Núcleo de Engenharia de Manutenção)	30/06/21	Terms uma acuracidade real dos equipamentos na planta e que passarão pela Reclasseificação;	Realizar todo o levantamento dos equipamentos por fábrica	Todos os setores das plantas;		Concluído	
3	STEP 1	Estruturação do Núcleo de Engenharia	Definição da estratégia e realizar nova avaliação de criticidade, utilizando o padrão WCM conforme o critério TGPC (AA, A, B, C);		30/07/21	Definir a real importância dos equipamentos para os processos produtivos	Realizar a classificação dos equipamentos no critério a ser definido em reunião, na classificação envolver algum dos setores da empresa, como Eng.º de Processos, Segurança, Qualidade, Meio Ambiente, produção e Manutenção, para chegar ao consenso.	Todos os setores das plantas;		Concluído	
4	STEP 1	Estruturação do Núcleo de Engenharia	Elaboração da estrutura dos equipamentos (árvore Hierárquica)		30/08/21	Estruturar a árvore dos equipamentos	Elaboração da estrutura em forma de árvore, decompondo a máquina em sistemas, subsistemas e componentes	Todos os setores das plantas;		Concluído	

Fonte: Autor (2021)

Depois da verificação da mão de obra disponível e a sequência de trabalho elaborada, as atividades foram balanceadas para que o processo de reestruturação fosse realizado de maneira mais eficiente, os dados aqui levantados foram os que tiveram envolvimento direto com o setor de planejamento e controle de manutenção, porém, sempre ressaltando a importância do suporte em paralelo das demais atividades puxadas pelos coordenadores e demais membros do time de manutenção.

3.2. Classificação dos equipamentos

Para a construção da base de dados, foi realizado o inventário dos ativos sob responsabilidade direta da equipe de manutenção, a partir desse número, pôde-se classificar a importância no processo e assim elaborar os planos de manutenção conforme a sua criticidade.

3.2.1 Classificação de ativos via TGPC (Tempo, Influência, Probabilidade e Criticidade).

O critério TGPC, baseado no padrão WCM, é uma ferramenta utilizada para avaliar a criticidade dos equipamentos em uma organização. Ele classifica os equipamentos em categorias (AA, A, B, C) de acordo com sua importância para a operação e manutenção. Essa classificação permite uma alocação mais eficiente de recursos humanos e econômicos para a manutenção, alinhando as prioridades da manutenção aos objetivos da organização conforme o *Cost Deployment*. Essa estratégia de avaliação de criticidade visa identificar os

equipamentos que têm maior impacto na segurança, qualidade do produto, custos de manutenção, consumo energético, impacto ambiental e desempenho do processo produtivo. Esses equipamentos são considerados críticos devido ao seu alto coeficiente de utilização e sua influência significativa em vários aspectos do funcionamento da organização, como tempo de reparação, grau de influência, probabilidade de avaria e a criticidade do equipamento.

É importante ressaltar a coerência dos resultados da classificação com o *Cost Deployment*. Isso significa que os recursos de manutenção serão alocados de acordo com as prioridades estratégicas da empresa, garantindo uma gestão alinhada com os objetivos organizacionais. Com base na análise de criticidade, as máquinas podem ser subdivididas em quatro classes numeradas, onde < 20%: Classe C; 20%-80% : Classe B; 80%-95%: Classe A; >95%: Classe AA.

A classificação dos ativos foi realizada juntamente com os setores envolvidos diretamente com os equipamentos, ou seja, para chegar aos coeficientes, foram considerados a visão do setor de manutenção juntamente com os responsáveis do setor de fabricação para as máquinas de responsabilidade direta do mesmo e do setor de montagem para o maquinário das linhas de produção, após as reuniões para classificar os ativos, o novo mapa de equipamentos e sua criticidade ficou resumido na Figura 6.

FIGURA 6. Resumo da classificação dos equipamentos via TGPC

RESUMO POR ÁREAS									
Setor	Total Equipamentos	AA	%	A	%	B	%	C	%
TUBULAÇÃO	91	9	9,89%	34	37,36%	44	48,35%	4	4%
ALETADO P1	24	15	62,50%	4	16,67%	5	20,83%	0	0%
ALETADO P3	11	10	90,91%	1	9,09%	0	0,00%	0	0%
MONTAGEM - COND3	53	30	56,60%	1	1,89%	20	37,74%	2	4%
MONTAGEM - COND4	45	28	62,22%	1	2,22%	14	31,11%	2	4%
MONTAGEM - COND5	45	26	57,78%	5	11,11%	13	28,89%	1	2%
MONTAGEM - COND6	40	21	52,50%	0	0,00%	19	47,50%	0	0%
MONTAGEM - COND7	46	27	58,70%	12	26,09%	7	15,22%	0	0%
EVAP 02,03,04 E 05	52	11	21,15%	22	42,31%	19	36,54%	0	0%
MWO	19	5	26,32%	5	26,32%	7	36,84%	2	11%
WRAC	65	27	41,54%	1	1,54%	18	27,69%	19	29%
INJEÇÃO PLÁSTICA	4	4	100,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
UTILIDADES	26	9	34,62%	8	30,77%	9	34,62%	0	0%
		AA		A		B		C	
TOTAL	521	222	42,61%	94	18,04%	175	33,59%	30	6%

Fonte: Autor (2021)

3.3.2. Documentação dos Equipamentos e dados técnicos

Durante o processo de inventário das máquinas e equipamentos, foi realizado um levantamento dos manuais e documentações relevantes. Estes foram cuidadosamente segregados e organizados dentro da sala

do PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). A classificação desses documentos foi realizada levando em consideração sua importância e sua relação ao setor de fabricação e de montagem dos equipamentos.

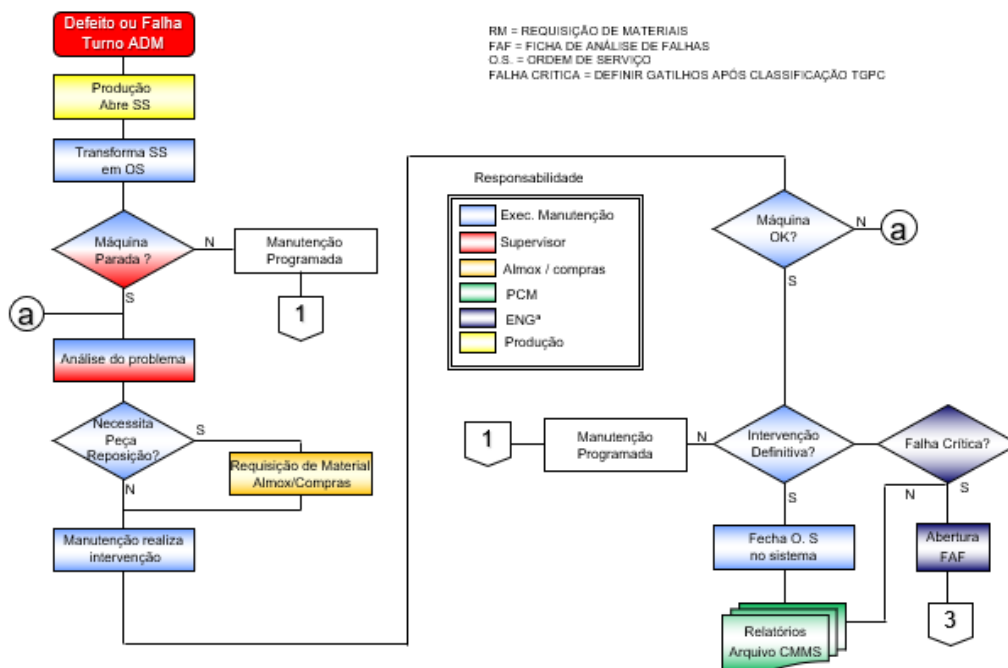
Essa estrutura permitiu a obtenção de informações vitais, como os planos de manutenção sugeridos pelo fabricante, os tipos de lubrificantes e outros materiais específicos recomendados para uso. Com o intuito de preservar e assegurar a segurança dessas informações, foi proposta a digitalização e o armazenamento em nuvem. Essa iniciativa não apenas facilita o acesso às informações para a manutenção, mas também garante a preservação a longo prazo desses dados, contribuindo para a eficiência operacional e a confiabilidade dos equipamentos industriais.

3.4 Definição dos fluxos do processo de manutenção

Os fluxos internos foram revisados a fim de organizar a equipe internamente, separando os conceitos e métodos, bem como atribuindo responsabilidades específicas para cada ação. Isso gerou uma sinergia efetiva, evitando retrabalho e conflitos de informações. Nessa etapa foi importante as atribuições claramente direcionadas, e coube ao responsável pelo PCM garantir que esses papéis fossem cumpridos e que o fluxo de trabalho ocorresse de maneira correta, na Figura 7 podemos ver um desses fluxos com os novos papéis de responsabilidades direcionados. Essa organização interna contribui para a eficiência e eficácia das atividades de manutenção, garantindo um ambiente de trabalho mais produtivo e colaborativo.

FIGURA 7. Fluxo de atendimento corretivo revisado

FLUXOGRAMA DA MANUTENÇÃO CORRETIVA



Fonte: Autor (2021)

3.5 Definição e controle de informação.

Concluído o processo de revisão dos fluxos de trabalho, foram definidas as fontes de informação que seriam utilizadas para ser a base dos cálculos das metas do setor. Dentro da empresa, um banco de dados geral, conhecido como "*Diário de bordo*", foi utilizado para computar registros de produção e eventos associados, fornecendo uma base sólida para definição de intervenções. A segregação correta desses registros garantiu a assertividade nas tomadas de decisões, servindo de base para futuras ações.

Estratégias como a criação de um dashboard de manutenção no *Microsoft Excel* foram implementadas para melhorar o controle das informações das diversas áreas de atuação registradas no diário de bordo. Isso permitiu uma visão mais clara dos pontos críticos, eventos recorrentes e impactos causados pelas paradas de manutenção. Com o dashboard, foi possível controlar as informações das perdas nos setores de Fabricação e Montagem, monitorar o *downtime*, registrar os planos de ação e realizar um controle cíclico das informações

3.6 Implantação e controle de demanda via CMMS - SIGMA SAAS

Dado o grande volume de demanda e os processos já estabelecidos, a implementação de um sistema de gerenciamento eficiente tornou-se necessário para garantir que a quantidade massiva de informações fluísse rapidamente e fosse de fácil acesso. Considerando essa necessidade, a implantação de um programa CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) tornou-se de fundamental importância. O software escolhido pela empresa foi o SIGMA-SAAS e entre seus vários recursos, os principais objetivos foram direcionados para atender às seguintes demandas:

- Gestão da Manutenção Corretiva: Notas e Ordens de Manutenção
- Gestão da Manutenção Preventiva: Ordens estruturadas conforme PMP
- Gestão da Lubrificação: Ordens periódicas em função do pilar MA de TPM
- Gestão dos Custos da Manutenção: Gestão de estoque e recursos de atividades programadas

Para que todo processo fosse estabelecido conforme o *Cost Deployment* assim como os *steps* do pilar MP durante a migração dos dados para o sistema, os itens classificados via TGPC foram categorizados conforme seus valores. Isso permite o sistema priorizar e definir os padrões de alertas dos planos de manutenção, os dados gerados pelo CMMS também foram estratificados e registrados no dashboard da manutenção dando fluidez as informações.

3.7 Indicadores

Segundo Soeiro (2017) os indicadores de manutenção servem para justificar toda a estrutura, os recursos alocados nas atividades de manutenção e são os orientadores da eficácia do planejamento, do controle e dos

planos de manutenção. Os indicadores desempenham um papel crucial na análise de diversos dados gerados na indústria, abrangendo desde paradas ou falhas de máquinas até despesas com reposição de peças e gestão de estoque. São essenciais para direcionar o desenvolvimento dos processos organizacionais.

Para implementação do novo projeto alinhando os interesses do *step 3* do pilar MP os valores iniciais dos indicadores selecionados tinham como principal objetivo demonstrar os resultados mais relevantes da área, incluindo o índice de manutenções corretivas e preventivas, disponibilidade física dos equipamentos, aderência à programação realizada, índice de retrabalho, quantidade de ordens de serviços por etapa e área, e o índice de apontamento de mão de obra.

3.8 Elaboração do calendário anual de preventivas

Após implantação dos processos até aqui descritos, o novo calendário de 52 semanas foi elaborado para os equipamentos conforme mostrado na Figura 8. Nessa nova configuração as particularidades de cada equipamento foram avaliadas junto com as informações do fabricante com a finalidade de estratificar dados para a elaboração do grau de criticidade, histórico de falhas e custo por reparo.

FIGURA 8. Recorte plano de Manutenção de Preventiva

Classificação TGPC	TAG	EQUIPAMENTO / MÁQUINA	Tipo	Tempos	Period.	PLANO DE MANUTENÇÃO																											
						MÊS	JANERO				FEVERERO				MARÇO				ABRIL				MAIO				JUNHO						
						SEMANA	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Prensas de aletas																																	
AA	PAL-001	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-003	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-004	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-005	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-007	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-008	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-012	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
AA	PAL-016	PRENSA DE ALETAS	ELE	15	SEMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	20		Situação																											
Bengaleiras Horizontal																																	
AA	BHO-001	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
AA	BHO-002	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
AA	BHO-003	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
B	BHO-005	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
B	BHO-006	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
B	BHO-007	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
AA	BHO-008	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
AA	BHO-009	BENGALERA HORIZONTAL	ELE	375	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	198		Situação																											
Expansora de Aleta																																	
B	MEA-001	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
B	MEA-002	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
B	MEA-003	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
B	MEA-004	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
AA	MEA-008	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
AA	MEA-009	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
AA	MEA-013	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
A	MEA-039A	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO(39A)	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
A	MEA-039B	MÁQUINA DE EXPANDIR ALETADO(39B)	ELE	54	BIMESTRAL	Planejamento																											
			MEC	86		Situação																											
Máquina de Brasagem																																	

Fonte: Autor (2021)

O foco principal do novo plano de manutenção preventiva foi garantir a vida útil do equipamento focando numa manutenção por confiabilidade. As atividades a serem realizadas foram analisadas pontualmente conforme Figura 9, fazendo com que serviços que não agregavam valor fossem descontinuados reduzindo o tempo de parada de máquina para manutenção e por consequência aumentando a disponibilidade do equipamento.

Figura 9. Recorte Check-list de Manutenção Preventiva

SISTEMA / MÁQUINA / LINHA :		MEA 13 / ESTAÇÃO DE ALETADOS				CLASSIFICAÇÃO MÁQUINA:		B		
CHECK LIST: MECÂNICO										
SUB-SISTEMA	TAG	COMPONENTE	AÇÃO A REALIZAR	Tempo Previsto	Periodicidade	Estado Máquina	OK / NOK	REFERÊNCIA DE PEÇAS	CÓDIGO SAP	Especialidade
CONJUNTO HIDRAULICO		MOTOR (BOMBA HID)	VERIF. ACOPLAMENTO / PROTEÇÃO	0:02	3M	ON		vulkan 4"		MEC
		BOMBA HIDRAULICA	VERIF. FIXAÇÃO N/SUPORTE	0:02	3M	ON				MEC
			VERIF. VAZAMENTO / FIX. D/FLANGES	0:02	3M	ON				MEC
			VERIF. RUÍDO	0:02	3M	ON				MEC
		FILTRO (ENTR. D/BOMBA)	VERIF. ESTADO DO FILTRO	0:02	3M	ON		sperry-wickers / mod. 50FC IP 11		MEC
			VERIF. VAZAMENTO	0:02	3M	ON		elem. 361892		MEC
		MANGUEIRAS	VERIF. VAZAMENTO / CONEXÕES	0:02	3M	ON				MEC
			VERIF. BOLHAS / ISOL. DANIFICADA	0:02	3M	ON				MEC
		VÁLVULAS	VERIF. VAZAMENTO	0:02	3M	ON				MEC

Fonte: Autor (2021)

4. CONCLUSÃO

O projeto de reestruturação da manutenção foi realizado em três etapas fundamentais: análise, execução e revisão. Um dos maiores desafios da implementação foi a execução das atividades em paralelo ao processo produtivo. No entanto, mesmo durante a execução do projeto, obtivemos resultados positivos significativos, como a redução no número de produtos perdidos e o aumento da disponibilidade dos equipamentos. Esses resultados foram revisados na pré-avaliação de dezembro de 2021 e comparados com os dados do mesmo período em 2020.

Após a definição das responsabilidades entre as equipes de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção) de fabricação e montagem, cada equipe foi incumbida de identificar os equipamentos ativos e classificá-los de acordo com a criticidade usando o método TGPC. Com esses dados registrados no CMMS SIGMA, conseguimos estabelecer o Passo Zero, que aborda a preparação inicial das atividades.

A implementação do SIGMA para a gestão de demanda resultou em uma taxa de atendimento de ordens de manutenção de 95%, com um total de 12.828 solicitações. O uso do *dashboard* de manutenção para a compilação desses dados permitiu a conclusão dos Passos 1 e 2 do Pilar de Manutenção Profissional (MP) do WCM, que tratam da prevenção da degradação acelerada, análise de avarias e reversão da degradação. Isso ajudou a eliminar pontos críticos e a aumentar o tempo de operação das máquinas. Essa efetividade de atendimento é atribuída ao cumprimento do Passo 3, que envolve a definição de padrões de manutenção realizada através da revisão dos fluxos de atendimento.

Com base nas informações registradas nas ordens de manutenção no SIGMA e utilizando os recursos do dashboard, foi possível elaborar um histórico de ocorrências dos equipamentos. Esses dados foram cruciais para revisar os planos de manutenção preventiva, tornando o novo calendário mais objetivo e focado em contramedidas para os pontos fracos das máquinas, além de prolongar a vida útil dos equipamentos. Isso está alinhado com o objetivo do Passo 4 do Pilar MP.

Com os planos de manutenção revisados, o calendário para o ano de 2021 foi redesenhado de acordo com a classificação dos equipamentos pelo método TGPC. Essa abordagem permitiu uma análise crítica e detalhada, resultando em uma taxa de cumprimento de 98% para um total de 1.062 atividades programadas, cumprindo assim o Passo 5 do pilar.

A partir das atividades preventivas, refinamos o quadro para criar um cenário de manutenção baseada em confiabilidade, desenvolvendo um cronograma de manutenção preditiva, conforme descrito no Passo 6. Esse cronograma inclui análise de vibração, termografia e análise de óleo. Paralelamente, foram geradas notas periódicas de inspeção de linha no software CMMS, o que garantiu que a lista de pendências fosse constantemente atualizada para atender às necessidades das máquinas de maneira assertiva. Dessa forma, cumprimos o Passo 7 do programa de reestruturação dos processos.

Como resultado, após a implementação dos novos procedimentos baseados no Pilar MP do *World Class Manufacturing*, houve uma redução significativa na perda de produtos no período de 2021. Para uma produção total de 2.875.350 produtos, a perda total foi reduzida a 20.962 produtos devido à atuação da manutenção. Isso gerou um impacto positivo no *downtime*, que caiu para 0,73%, superando a meta de 0,91%. Esses resultados evidenciam o compromisso da empresa com a excelência operacional e a busca contínua por melhorias e inovação na área de manutenção, fundamentais para garantir a competitividade e sustentabilidade a longo prazo.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. F. S.; SILVA, C. V. IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO PROFISSIONAL PERTENCENTE A METODOLOGIA WCM EM UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO AUTOMÁTICO, *XXVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica*, Curitiba, Brasil, 2021.

CASTILHO, P. C. UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA WCM (WORLD CLASS MANUFACTURING) PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE REFUGO EM PEÇAS PRODUZIDAS PELO PROCESSO DE METALURGIA DO PÓ. Dissertação em Engenharia Mecânica - Universidade de Taubaté, 96p., 2022.

CORTEZ, P. R. L. Análise das Relações entre o Processo de Inovação na Engenharia de Produto e as Ferramentas do WCM: Estudo de Caso Em Uma Empresa do Setor Automobilístico. *XXX ENGEPE – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, São Paulo, Brasil, 2010.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; FLYNN E. J. World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright’s foundation. *Journal of Operations Management*, 17(3), 249–269, 1999.

GARCEZ, T. V.; FARIAS, D. PRIORIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO ALINHADA COM A VISÃO ESTRATÉGICA DO WCM. *XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Vol.1, P.413-424, 2016.

PERASSOLLI, C. M.; REGATTIERI, C. R. MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL (WCM): um estudo de caso aplicado à manutenção industrial em uma empresa do ramo metalúrgico. *Interface Tecnológica*, v. 16, n. 1, p. 680–691, 2019.

SOEIRO, M. V. A. Gestão da manutenção, Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 208 p., 2017

VEIGA, L. F. Estudo do pilar manutenção autônoma pela metodologia WCM (World Class Manufacturing). Faculdade Pitágoras BH – Barreiro, 2018.

YAMASHIMA, H. Challenge to world class manufacturing. *International Journal of Quality of Reliability Management*, Kyoto, 12(34), p.30-31, 2007.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder o dom da vida e por me abençoar nessa caminhada, aos meus mestres orientadores pela jornada acadêmica, meus pais e irmã pelo apoio sempre presente e minha esposa Rose e filha Melina que são minha inspiração e fonte de amor incondicional.