

OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS FERROVIÁRIOS EM UMA SIDERURGIA, COM IMPLANTAÇÃO DA INSPEÇÃO OPERACIONAL

Jefferson Fernandes de Melo ⁽¹⁾ (jefferson.melo2@yahoo.com.br), Lucas Costa Brito ⁽²⁾ (lucas.brito@ufu.br),
Hermes Dias Godinho ⁽³⁾ (hermes@iesae.com.br), Jorge Nei Brito ⁽⁴⁾ (brito@ufs.ju.br)

⁽¹⁾ Gerdau S.A.; Engenharia de Manutenção

⁽²⁾ Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC)

⁽³⁾ Instituto de Ensino Superior Albert Einstein (IESAE); MBA em Engenharia de Manutenção e Gestão de Operações Industriais

⁽⁴⁾ Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção (DEMEP)

RESUMO: Neste trabalho apresenta-se a identificação e redução de perdas produtivas do transporte ferroviário de logística interna, utilizando a Manutenção Autônoma, pilar da TPM - Manutenção Produtiva Total. O transporte ferroviário sofria com alta indisponibilidade de equipamentos e falta de efetivo de manutenção para atendimento de todas as quebras, impactando diretamente na produção da empresa. A implantação da Inspeção Operacional nos equipamentos ferroviários contribuiu para a redução do "Tempo de Manutenção Não Programado (TMNP)", inicialmente previsto 20%, alcançando 23% no primeiro ano. Destaca-se também a melhoria da capacitação técnica dos "Operadores" e a quebra do paradigma de rivalidade entre "Manutenção" e "Operação" que passou a ser um trabalho de "Equipe Multidisciplinar".

PALAVRAS-CHAVE: Transporte Ferroviário, TPM, Manutenção Autônoma.

OPTIMIZATION OF RAIL RESOURCES IN A STEEL INDUSTRY, WITH IMPLEMENTATION OF OPERATIONAL INSPECTIONS

ABSTRACT: The identification and reduction of productive losses in the internal logistics rail transport, using Autonomous Maintenance, a pillar of TPM - Total Productive Maintenance is shown. Railway transport suffered from high equipment unavailability and lack of maintenance staff to attend to all breaks, directly impacting the company's production. The implementation of the Operational Inspection in the railway equipment contributed to the reduction of the "Unscheduled Downtime (TPNP)", initially foreseen by 20%, reaching 23% in the first year. Also noteworthy is the improvement of the technical qualification of the "Operators" and the breaking of the rivalry paradigm between "Maintenance" and "Operation", which effectively became a work of "Multidisciplinary Team".

KEYWORDS: Railway Transport, TPM, Autonomous Maintenance.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

1. INTRODUÇÃO

O aumento de produção da empresa, diante o cenário competitivo das siderurgias, busca cada vez mais a melhoria contínua da performance de seus ativos. Maior disponibilidade, maior confiabilidade e menor custo de manutenção, são os principais indicadores para atendimento à alta produtividade exigida no setor, Lafraia (2014).

O transporte ferroviário da logística interna da usina siderúrgica, onde este trabalho foi realizado, é composto por 3 locomotivas 127 t. GE UM10B, 9 locomotivas GE 72 t, 3 "Locotratores Trackmobile Titan" e uma malha ferroviária de mais de 100 km de extensão. É responsável pelo abastecimento de matérias primas, transporte entre os processos de produção, expedição e entregas de produtos acabados.

A empresa possui uma "Manutenção Ferroviária" própria constituída de mantenedores, técnicos de inspeção, planejadores e programadores. É responsável por garantir o atendimento logístico interno, atuando de forma preventiva, corretiva e em grandes reformas.

O TPM, sigla em inglês que significa "Total Productive Maintenance", em português "Manutenção Produtiva Total", composto por oito pilares do TPM, Figura 1.

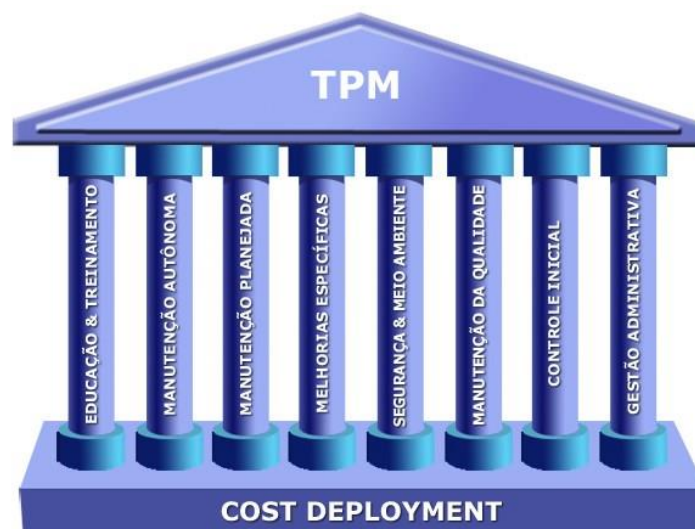


FIGURA 1. Oito Pilares do TPM. Fonte: KTSUNE (2014).

O TPM é um método de gestão que identifica e elimina perdas existentes nos processos produtivo, administrativo e logístico, maximiza a utilização do ativo empresarial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Além disso, desenvolve conhecimento capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e capacidade dos processos, sem investimentos adicionais.

Atuando também na cadeia de suprimentos e na gestão de materiais, reduz o tempo de resposta, aumenta a satisfação do cliente e fortalece a posição da empresa no mercado.

O TPM tem como fundamento um engajamento total de todas as pessoas da organização e uma aplicação efetiva e sistêmica do "Programa 5S". Esses dois fundamentos dão a base para os. Por sua vez, a aplicação dos oito pilares do TPM tem como meta o resultado de zero perdas, zero erros, zero defeitos, zero desperdícios, zero poluição e zero acidentes.

2. MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A "Manutenção Autônoma", um dos oito pilares do TPM, é o processo de aprimoramento do conhecimento técnico dos operadores. O propósito é torná-los aptos a promover pequenas intervenções em seus equipamentos como inspeções, reapertos, lubrificação e etiquetagem, garantindo maior produtividade e performance operacional do equipamento. O principal objetivo da metodologia é resgatar o sentimento de "dono" do operador diante de seu ambiente de trabalho.

De acordo com Imai e Godoy (2015), a "Manutenção Autônoma" é uma etapa de suma importância, pois é o ponto de partida da implementação efetiva do TPM. Atua com o enfoque no operador, mudando sua visão sobre o trabalho, capacitando-o e habilitando-o para a "Gestão Autônoma." O operador passa a ter o domínio sobre o equipamento de trabalho, podendo tanto prever falhas, quanto tomar providências necessárias para evitar que anomalias se desenvolvam e se transformem em falhas e quebras. Quando ocorrem as quebras, o conhecimento técnico do operador é muito válido para a "Equipe de Manutenção", contribuindo para uma rápida identificação do problema.

Através dos estudos desenvolvidos foram identificadas 300 anomalias instaladas, sendo 30 falhas e 1 quebra, Figura 2.

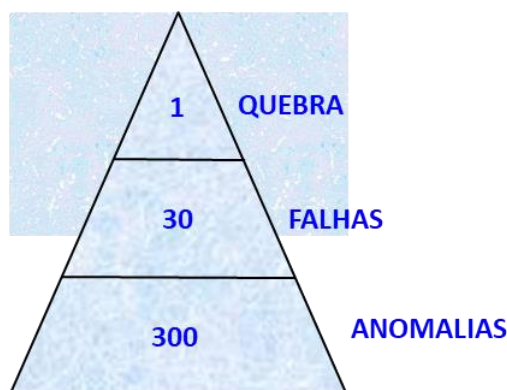


FIGURA 2. Relação Anomalia x Falha x Quebra. Fonte: Cartilha de MA interna (2021).

- **Anomalia:** Anormalidades em componentes dos equipamentos. Ex: vazamentos de óleo, parafusos quebrados etc.
- **Falha:** É a ocorrência que provoca a perda parcial ou total das funções de um componente sem paralisação da máquina.
- **Quebra:** É a ocorrência em um ou mais componentes que provoca uma perda de desempenho da função que impossibilite o uso da máquina.

De acordo com Leite *et al.* (2011), no paradigma do passado "O homem de manutenção sente-se bem quando executa um bom reparo". Já no paradigma moderno "O homem de manutenção sente-se bem quando ele consegue evitar todas as falhas não previstas".

A detecção precoce de falha potencial (detecção do defeito incipiente), portanto dentro do período hábil na "Curva P-F", Figura 3, resulta nos ganhos apresentados a seguir.

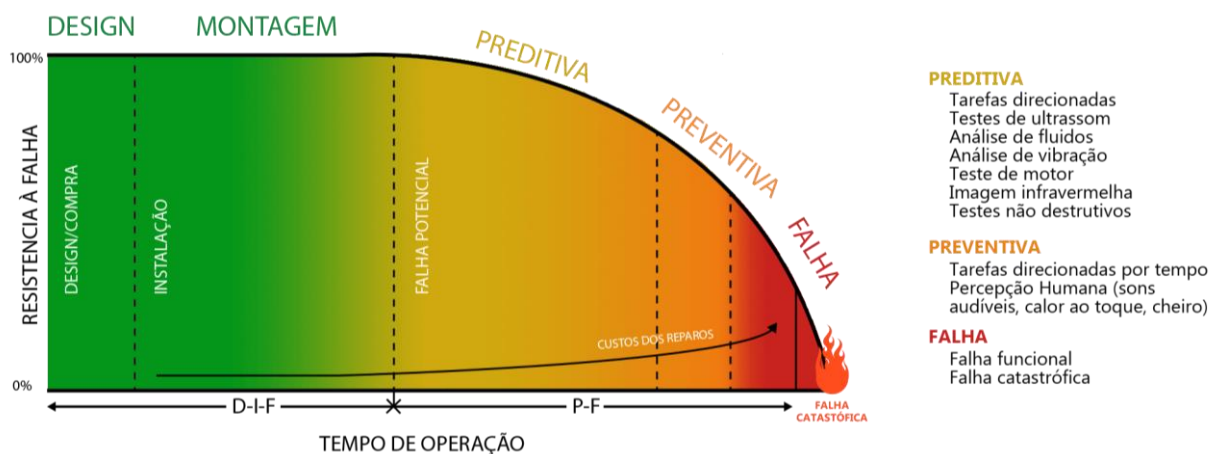


FIGURA 3. Curva PF. Fonte: Dynamox (2020).

- Menos ações de "Manutenção Não-Planejada".
- Menos custos de reparo.
- Mais tempo de disponibilidade de ativos.
- Maior confiabilidade para componentes, máquinas e seus processos.

Segundo Dynamox (2020), a "Curva P-F" é tipicamente usada na análise de confiabilidade dos ativos monitorados, com base nos conceitos do RCM (do inglês "Reliability Centered Maintenance", que em português significa "Manutenção Centrada na Confiabilidade").

Ainda segundo Dynamox (2020), na "Curva P-F", o desempenho ou condição de um ativo declina ao longo do tempo, levando a falha funcional (isto é, perda de função para a qual se destinava). Desta forma, o objetivo da "Curva P-F" é determinar o intervalo "P-F". Ou seja, o intervalo

"Os desafios da engenharia industrial na produção de alimentos, energia renovável e na promoção da qualidade de vida das pessoas."

entre a "Falha Potencial" e a "Falha Funcional. Para fomento da "Curva P-F", são utilizadas técnicas de "Manutenção Preditiva" e "Manutenção Sensitiva" que avaliam a condição da máquina, dando maior efetividade às previsões de custo de reparo de cada estágio da vida útil do equipamento. Portanto, outra aplicação prática desta curva é justificar a importância destas técnicas de manutenção ao longo do ciclo de vida útil de um equipamento ou componente.

A implantação da "Manutenção Autônoma" é realizada em sete passos, conforme apresentado na Figura 4. Importante destacar a importância do "Programa 5S" para o sucesso de qualquer ferramenta de gestão.

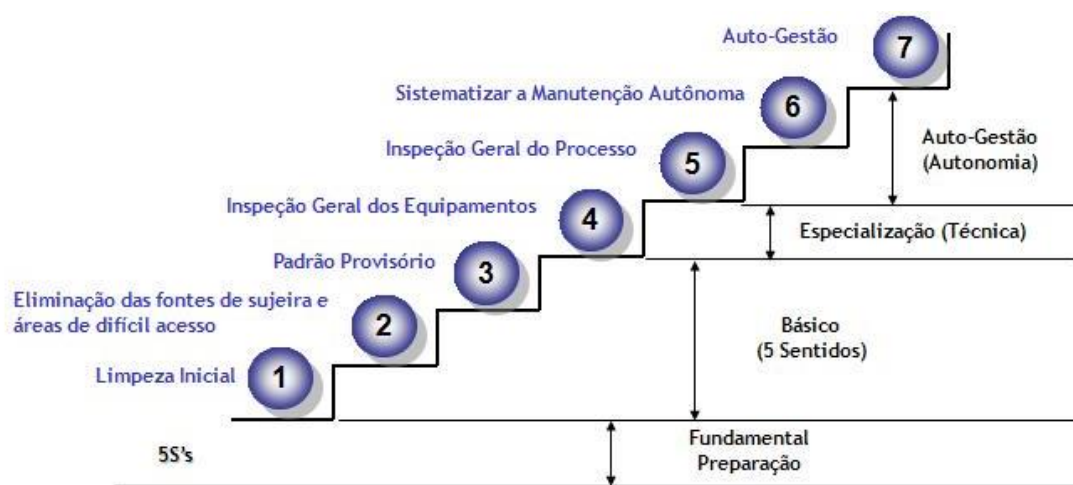


FIGURA 4. Os 7 passos da Manutenção Autônoma.

FONTE: <http://superenvase.blogspot.com/2010/02/pilar-manutencao-autonoma.html>.

2.1. O Papel do Operador na Manutenção Autônoma

Os "Operadores" devem assumir responsabilidade pela operação correta dos seus equipamentos de acordo com os POP's (Procedimentos Operacionais Padrões). Erros operacionais podem provocar falhas graves nos equipamentos. Essas falhas podem ser minimizados, ou até mesmo eliminadas, através do treinamento contínuo dos operadores pelo seu "Coordenador".

Os "Operadores" devem relatar anomalias nos equipamentos de forma rápida e precisa. Eles devem tomar as ações corretivas que estiverem ao seu alcance e para as quais foram treinados. Diariamente devem fazer a inspeção operacional e repassar à "Equipe de Manutenção" toda anomalia identificada que não foi corrigida.

De acordo com Leite et al. (2011), os "Operadores" devem compreender o funcionamento dos seus equipamentos e mecanismos por detrás das falhas. Eles conduzem a "Manutenção Autônoma" conforme os padrões e cooperam com as equipes de manutenção para garantir o

cumprimento satisfatório das ações preventivas. Os "Operadores" fazem os pequenos reparos, aprendem novas habilidades e se esforçam para melhorar seu conhecimento técnico sobre os equipamentos.

3. IMPLANTAÇÃO DA INSPEÇÃO OPERACIONAL NOS EQUIPAMENTOS FERROVIÁRIOS

3.1. Plano de Ação

Para o sucesso na implantação de um projeto é muito importante a definição de um "Plano de Ação" detalhado, Figura 5. Trata-se de um planejamento que define ações necessárias para atingir os objetivos, cronograma, prazos e responsáveis por cada ação.

O quê	Quem	Quando	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Capacitar os operadores no módulo de manutenção MAN-057 - Manutenção Autônoma para Operadores	Operação	01/06 a 30/06					
Definir os padrinhos dos operadores dos equipamentos	Operação	01/06 a 30/06					
Definir os padrinhos da manutenção	Manutenção	01/06 a 30/06					
Mapear o perfil de perdas dos equipamentos ferroviários	Eng. Manut.	20/06 a 07/07					
Mapear os modos de falhas dos equipamentos ferroviários	Eng. Manut.	11/07 a 18/07					
Elaborar o check list de inspeção operacional (papel ou S3i)	Eng. Manut.	18/07 a 31/07					
Treinar os operadores no preenchimento correto das etiquetas	Eng. Manut.	31/07 a 22/08					
Realizar limpeza inicial	Operação	31/07 a 22/08					
Definir indicadores para avaliação periódica da Inspeção Operacional	Eng. Manut.	15/08 a 30/08					
Eliminar as fontes de sujeira	Operação	22/08 a 25/09					
Treinar os operadores na execução do check list (inspeção operacional)	Manutenção	25/09 a 10/10					
Treinar os operadores na execução de pequenos reparos, limpeza e lubrificação	Manutenção	10/10 a 31/10					

FIGURA 5. Cronograma de implantação. Fonte: Autor (2021).

3.2. Definição de Padrinhos Operadores e Mantenedores

Para cada equipamento, foi definido os "Padrinhos Operadores e Mantenedores" e as atribuições e responsabilidades a cada um, Figura 6. Cada equipamento foi identificado com os nomes de seus "donos" e para facilitar o entendimento trabalho, foi traçado um fluxo do processo de "Inspeção Operacional", Figura 7.

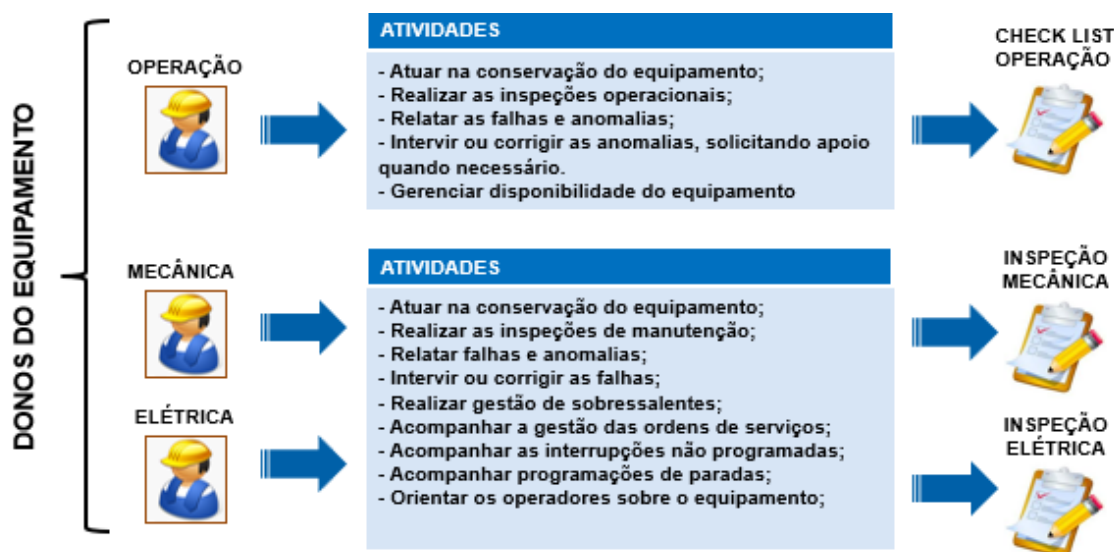


FIGURA 6. Definição de Padrinhos Operadores e Mantenedores. Fonte: Autor (2021).

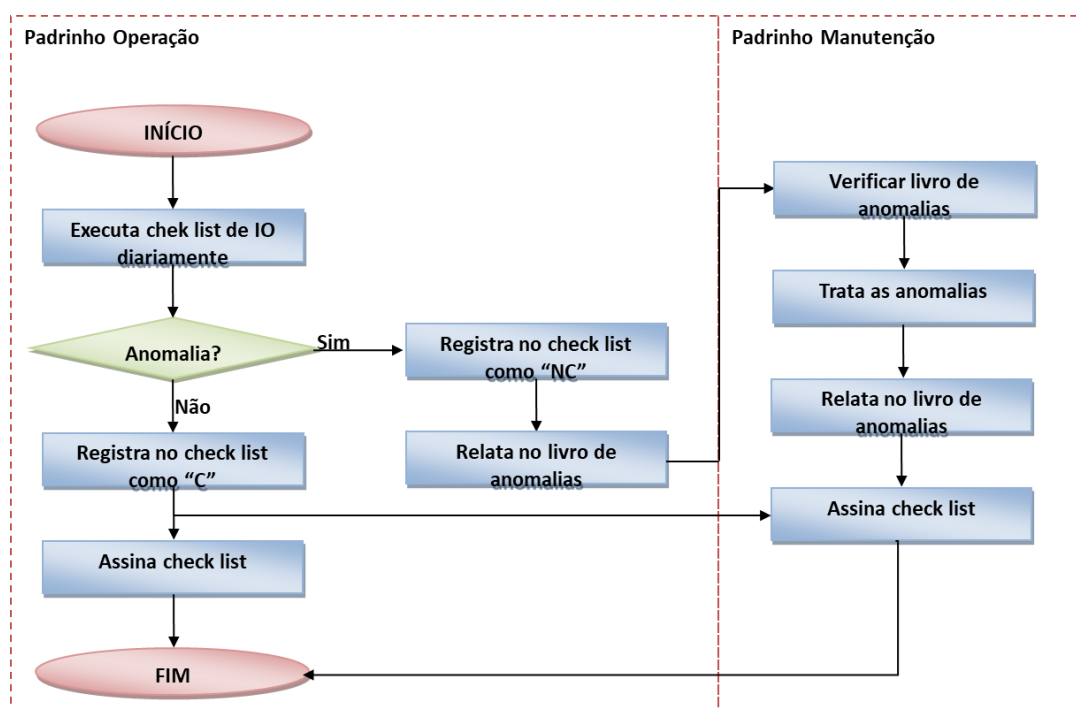


FIGURA 7. Fluxo de trabalho dos Padrinhos Operadores e Mantenedores. Fonte: Autor (2021).

3.2. Perfil de Perdas

Os dados apresentados a seguir são reais e foram coletados no "Sistema de Controle de Paradas do Transporte Ferroviário" da empresa. Utilizou-se um período de amostragem de um ano, para estratificação das paradas não programadas e identificação dos maiores problemas associados à baixa disponibilidade de equipamentos ferroviários, Figura 8.

"Os desafios da engenharia industrial na produção de alimentos, energia renovável e na promoção da qualidade de vida das pessoas."

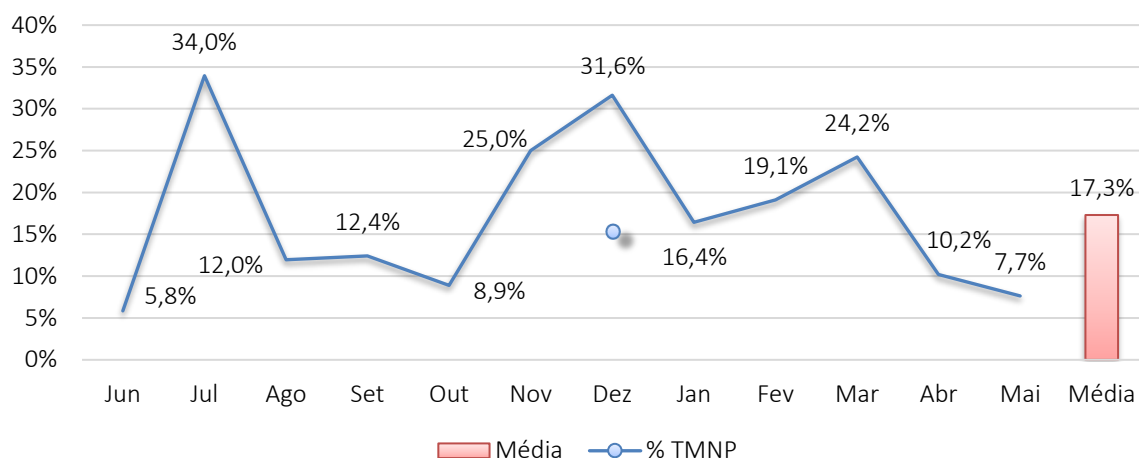


FIGURA 8. Indisponibilidade Física dos Equipamentos. Fonte: Autor (2021).

Analisando o histórico por grupo de equipamentos observa-se que os Locotratores são os equipamentos mais críticos, com maior número de falhas e maior complexidade, ocasionando maior tempo de reparo. Locotratores e Locomotivas 127 t tem maior "Tempo Médio de Reparo (TMPR)", do inglês "Mean Time to Repair (MTTR)", Figura 9.

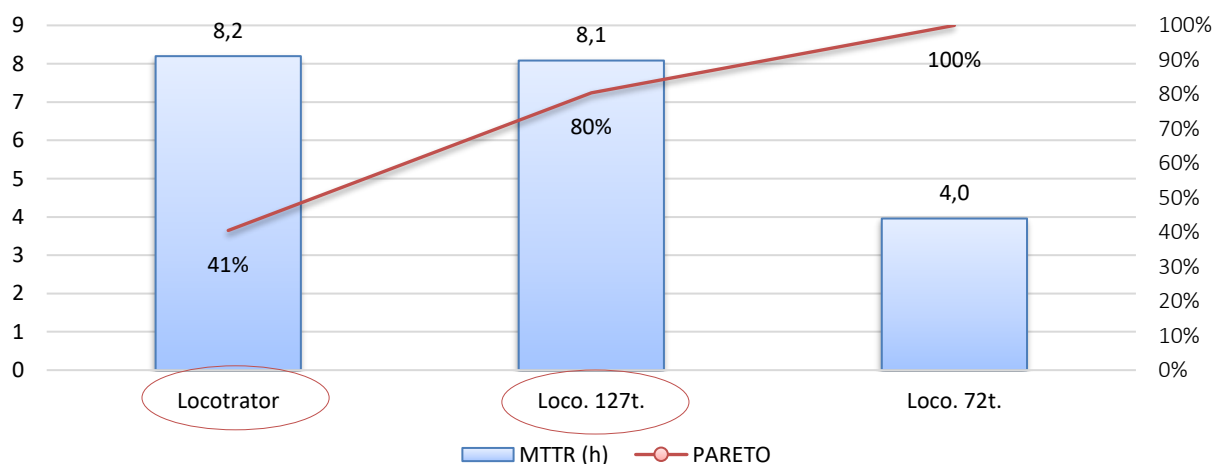


FIGURA 9. Tempo Médio Para Reparo (MTTR) | Equipamentos. Fonte: Autor (2021).

Os Locotratores e Locomotivas 72 t tem menor "Tempo Médio Entre Falhas (TMEF)", do inglês "Mean Time Between Failures (MTBF)", Figura 10. Os três grupos foram mapeados para implantação do projeto, porém priorizou-se os equipamentos com maior MTTR.

Outra observação importante diz respeito ao TMPR. Ele é maior quando a falha ocorre fora do horário de trabalho da "Manutenção Ferroviária, Figura 11.

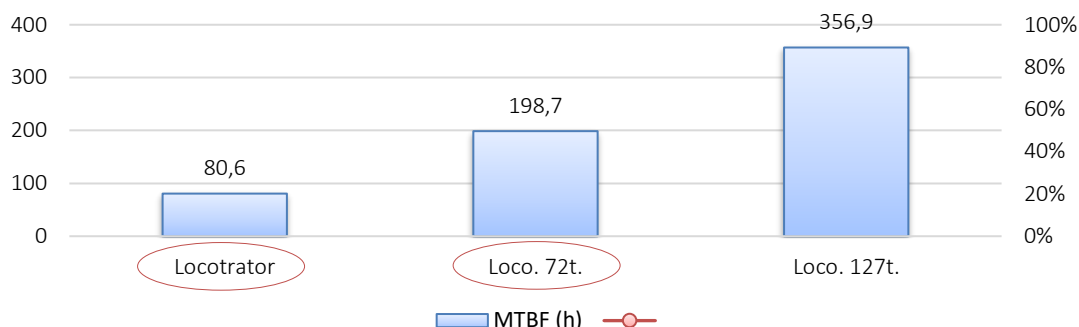


FIGURA 10. Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) | Equipamentos. Fonte: Autor (2021).

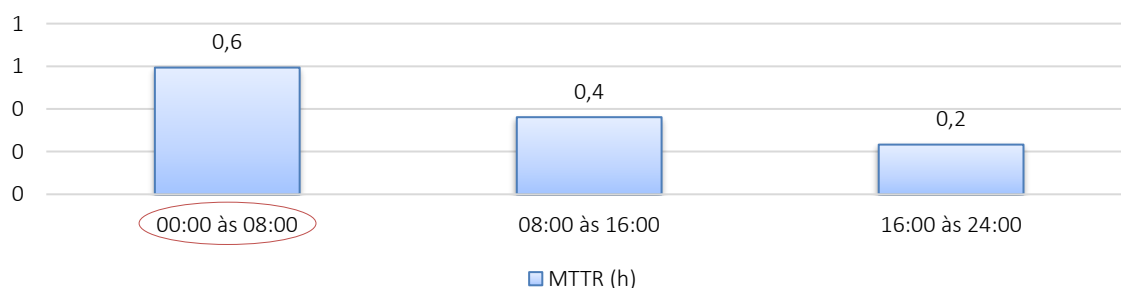


FIGURA 11. Tempo Médio Para Reparo | Turno. Fonte: Autor (2021).

Para definição dos principais pontos de atuação na inspeção operacional, cada grupo de equipamentos foi estratificado por conjuntos de componentes, conforme apresentados a seguir.

3.2.1. Locatratroes

Na Figura 12 tem-se a comparação do MTTR e MTBF para os Locatratroes.

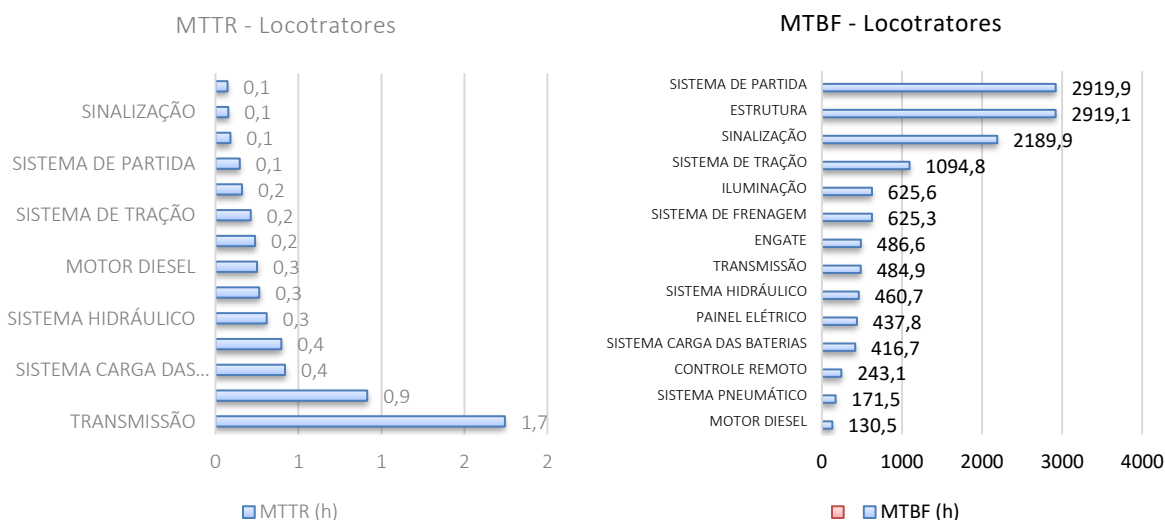


FIGURA 12. MTTR x MTBF | Locatratroes. Fonte: Autor (2021).

3.2.2. Locomotivas 127 t

Na Figura 13 tem-se a comparação do MTTR e MTBF para as Locomotivas 127 t.

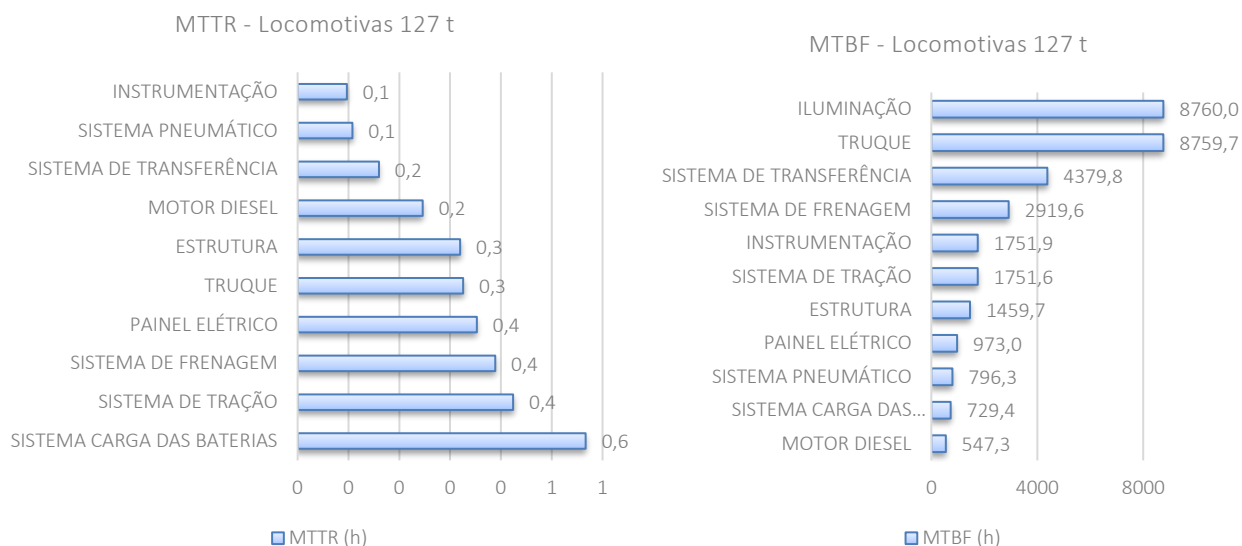


FIGURA 13. MTTR x MTBF | Locomotivas 127 t. Fonte: Autor (2021).

3.2.3. Locomotivas 72 t

Na Figura 14 tem-se a comparação do MTTR e MTBF para as Locomotivas 72 t.

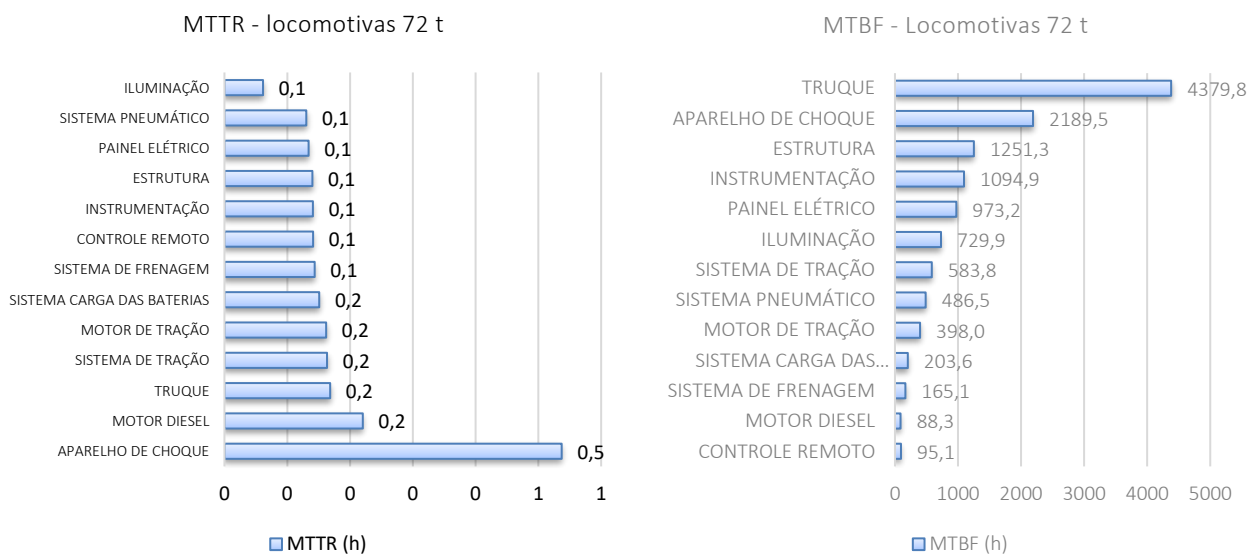


FIGURA 14. MTTR x MTBF | Locomotivas 72 t. Fonte: Autor (2021).

3.3. Modos de Falhas

O "Modo de Falha" é uma causa de falha, ou uma forma possível, pela qual um sistema pode falhar. Para evitar falha potencial tem-se de dar importância e tratar as principais causas.

Neste trabalho foi realizado o levantamento dos principais "Modos de Falha" relacionados aos grupos de componentes com maior índice de interrupção. Para cada "Modo de Falha" identificado, pesquisou-se as causas e estabeleceu-se ações para o "Operador", Figura 15. Assim, é possível ele identificar e providenciar o reparo com maior rapidez.

MAPEAMENTO DE MODOS DE FALHAS - LOGÍSTICA INTERNA							
4º Nível Equipamento	5º Nível Unidade Função	6º Nível Componente	Modo de Falha	MTTR (h)	MTBF (h)	Causa	Ação
Locomotivas 127t	Painel Elétrico	Acelerador/Controlador	Não acelera	2,4	8759,9	Falha elétrica	Verificar funcionamento
Locomotivas 127t	Sistema De Carga Das B	Baterias	Baterias descarregadas	6,2	796,1	Falha elétrica	Verificar amperímetro do gerador auxiliar
Locomotivas 127t	Estrutura	Cabine Do Motor	Quebra de fixação	24,9	8759,0	Vibração ou má fixação	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Estrutura	Cabine Do Motor	Travamento	9,0	8759,6	Falta de lubrificação ou batida contra	Verificar funcionamento da porta
Locomotivas 127t	Estrutura	Cabine Do Motor	Quebra	7,2	8759,7	Batida contra ou calor	Inspeção visual dos vidros
Locomotivas 127t	Estrutura	Cabine Do Motor	Trinca	3,0	8759,9	Batida contra ou calor	Inspeção visual dos vidros
Locomotivas 127t	Estrutura	Cabine Do Motor	Quebra de parafuso de fixação	1,0	4380,0	Vibração ou má fixação	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Truque 01	Cilindro De Freio	Não funciona	24,3	8759,0	Travamento ou baixo ar	Verificar funcionamento dos cilindros de freio
Locomotivas 127t	Truque 01	Cilindro De Freio	Desgaste de sapatas	2,8	8759,9	Desgaste das sapatas	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Truque 01	Cilindro De Freio	Desregulado	1,0	8760,0	Desgaste das sapatas	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Compressor De Ar	Pólia solta	3,1	8759,9	Quebra do eixo	Verificar funcionamento do compressor
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Compressor De Ar	Vazamento de ar	2,6	2919,9	Desgaste de componentes (aneis de v	Inspeção auditiva
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Compressor De Ar	Vazamento de óleo	2,6	8759,9	Desgaste de componentes (aneis de v	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Compressor De Ar	Correia rompida	2,4	8759,9	Desgaste normal de trabalho ou fim de	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Compressor De Ar	Baixa eficiência	2,3	4379,9	Vazamento de ar	Inspeção auditiva
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Compressor De Ar	Nível baixo de óleo	1,3	4379,9	Vazamento	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Painel Elétrico	Contatores	Sem tração	3,2	2189,9	Falha elétrica	Verificar funcionamento
Locomotivas 127t	Painel Elétrico	Controle transição	Corte de tração	38,0	8758,4	Falha elétrica	Verificar transição de velocidade da máquina
Locomotivas 127t	Painel Elétrico	Controle transição	Falha eletrônica	3,8	4379,8	Falha eletrônica	Verificar transição de velocidade da máquina
Locomotivas 127t	Sistema De Carga Das B	Gerador Auxiliar	Não carrega	94,7	8756,1	Falha elétrica	Verificar amperímetro do gerador auxiliar
Locomotivas 127t	Painel Elétrico	Iluminação	Não funciona	0,7	8760,0	Falha elétrica	Verificar funcionamento dos faróis e iluminação de trab
Locomotivas 127t	Sistema Pneumático	Manipulador Freio Da Cor	Atuando emergência	5,4	8759,8	Desgaste de componentes (aneis de v	Verificar funcionamento do manipulador automático
Locomotivas 127t	Motor Diesel	Radiador	Vazamento de água	14,5	2919,4	Furo devido desgaste (corrosão) ou ba	Inspeção visual
Locomotivas 127t	Motor Diesel	Radiador	Nível baixo de água	0,6	8760,0	Vazamento	Inspeção visual

FIGURA 15. Mapeamento de "Modos de Falhas". Fonte: Autor (2019).

3.4. Check List

Tendo como base os "Modos de Falha", e ações propostas, foi criado o "Check List" para cada "Padrinho|Equipamento", Figura 16. Este documento é semelhante a uma "Inspeção de Pré-uso", porém direcionado para a manutenção. Tudo que é identificado pelos "Operadores", fica registrado e serve de guia para os "Mantenedores". Na Figura 17 tem-se o "Check List" da Locomotiva 127 t.

CHECK LIST DE INSPEÇÃO OPERACIONAL							Célula: Ferroviária Abastecimento e Entregas																		DONOS:	Operação	Mecânica	Elétrica										
							Equipamento: Locomotiva 952																															
							Mês: Agosto / 2014																			XXXX	YYYYY	ZZZZ										
							C = Conforme / NC = Não Conforme																															
Equipamento (Foto/Desenho)	Frequência	Item	Check	Como	Providências na Detecção de Anomalias	Aspectos de segurança	Tempo (Min.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	D	7	Verificar funcionamento da iluminação e faróis.	Conferindo o funcionamento dos faróis e iluminação de trabalho via painel elétrico.	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	2																															
	D	8	Verificar sistema de arrefecimento.	Conferindo o nível de água no radiador e verificando focos de vazamentos	Registrar anomalia e providenciar abastecimento.	Abrir registro para liberação de vapor, antes de abrir a tampa do radiador.	2																															
	D	9	Verificar sistema de arrefecimento.	Observando a temperatura do motor no painel (< 95°C)	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	1																															

FIGURA 16. Exemplo de "Check List" | Inspeção Operacional. Fonte: Autor (2021).

Equipamento (Foto/Desenho)	Frequência	Item	Check	Como	Providências na Detecção de Anomalias	Aspectos de segurança	Tempo (Min.)
	D	1	Verificar carga do gerador auxiliar	Funcionando o equipamento e conferir amperímetro de carga das baterias.	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	1
	D	2	Verificar freios	Conferindo pressão da aplicação de freio (45 PSI).	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que a reversora na posição neutro.	1
	D	3		Fazendo teste de frenagem e verificando a regulagem dos cilindros de freio	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar se a via está livre.	2
	S	4		Conferindo desgaste e alinhamento das sapatas de freio	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	3
	D	5		Verificando o funcionamento do manipulador automático.	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	1
	S	6	Verificar sistema de transferência	Conferindo o tensionamento da correia de acionamento do alternador de rodas e fixação.	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	1
	D	7	Verificar funcionamento da iluminação e faróis.	Conferindo o funcionamento dos faróis e iluminação de trabalho via painel elétrico.	Registrar anomalia e acionar a manutenção.	Certificar que o manipulador de freio esteja com aplicação total e reversora na posição neutro.	2

FIGURA 17. "Check List" | Locomotiva 127 t. Fonte: Autor (2021).

As anomalias identificadas durante a inspeção operacional ou eventuais são registradas como "não conforme" no "Check List" e anotadas no livro de registro de anomalias, Figura 18.

Os padrinhos de manutenção verificam periodicamente o livro de relato de anomalias, tomam as devidas providencias e registram as ações tomadas para solução dos problemas identificados.

RELATO DE ANOMALIA - INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTO							
OPERADOR				MANTENEDOR			
DATA	ITEM	COLABORADOR	ANOMALIA	(Nº) NOTA / ORDEM DE SERVIÇO	DATA	RESPONSÁVEL	AÇÃO TOMADA

FIGURA 18. Livro de Relato de Anomalias. Fonte: Autor (2021).

3.5. Limpeza Inicial

Fazer limpeza, não significa aparência bonita. Fazer limpeza detalhada, significa ter contato manual com todas as partes e cantos do equipamento, visualizar e detectar as pequenas falhas. De acordo com Imai (2015), "Limpeza é Inspeção".

Durante a limpeza detalhada o "Operador" coloca em prática os cinco sentidos humanos, conforme apresentados a seguir. Na Figura 19 tem-se um exemplo de "Limpeza Inicial".

- **Visão Crítica:** Olhos que enxergam.
- **Olfato:** Desenvolver sensibilidade para detectar cheiro.
- **Ouvir:** Distinguir ruídos e comparar.
- **Tato:** Diagnosticar pelo toque aquecimento, vibração e calor.
- **Paladar | Falar:** Falar, verbalizar o que é detectado.

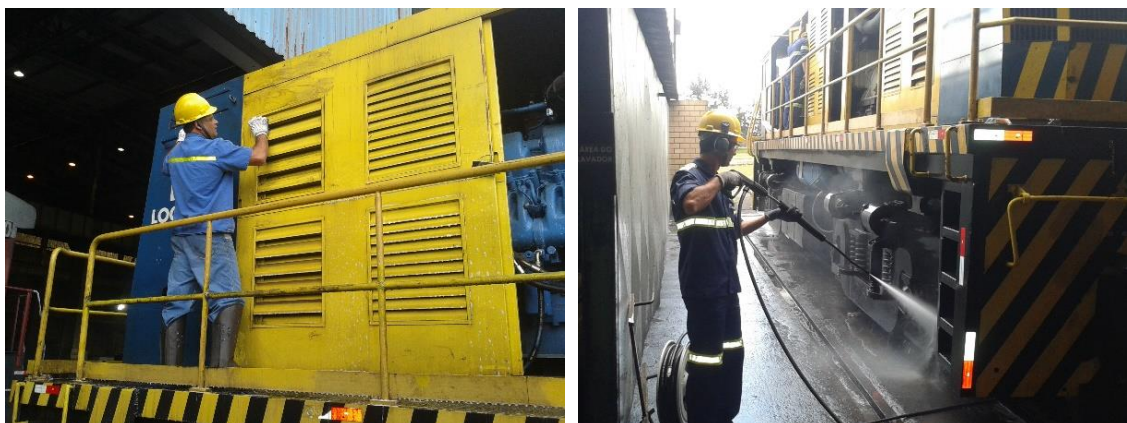


FIGURA 19. Limpeza Inicial. Fonte: Autor (2021).

3.6. Definição de Indicadores

Após implantação do projeto, definiu-se uma meta de redução 20% no "Tempo de Manutenção Não Programada (TMNP)" da logística interna, em relação aos últimos 12 meses. O indicador de cada equipamento foi gerenciado de forma individual pelos "Padrinhos de Manutenção e Operação", Figura 20.

"Os desafios da engenharia industrial na produção de alimentos, energia renovável e na promoção da qualidade de vida das pessoas."

TMNP Equip. Ferroviários	Meta	Real	Farol
	4,58%	5,02%	✗

TMNP Locotratores 21t.	Meta	Real	Farol
	7,39%	1,59%	✓

TMNP Locomotivas 127t.	Meta	Real	Farol
	1,77%	8,45%	✗

TMNP Locotrator 261	Meta	Real	Farol
	7,39%	0,51%	✓

TMNP Locotrator 262	Meta	Real	Farol
	7,39%	0,11%	✓

TMNP Locotrator 263	Meta	Real	Farol
	7,39%	4,15%	✓

TMNP Locomotiva 951	Meta	Real	Farol
	1,77%	4,79%	✗

TMNP Locomotiva 952	Meta	Real	Farol
	1,77%	8,47%	✗

TMNP Locomotiva 953	Meta	Real	Farol
	1,77%	12,10%	✗

Obs.: Problemas no sistema de tração

FIGURA 20. Tempo de Parada Não Programada para Manutenção (TMNP). Fonte: Autor (2021).

3.7. Padronização

Pensando na reciclagem do conteúdo de capacitação e treinamento de novos "Operadores", criou-se um "Procedimento Operacional Padrão (POP)" com descrição detalhada de todas as operações necessárias para execução do "Check List" de "Inspeção Operacional", Figura 21.

5.2.2 – Fazer teste de frenagem:

Frequência:

- Diária.

Como:

- Realizar o procedimento de verificação da pressão dos freios;
- Tracionar a locomotiva com velocidade inferior a 5 km/h;
- Acionar aplicação máxima no manipulador de freio independente (B);
- Verificando o funcionamento dos freios da locomotiva;
- Verificar a atuação dos cilindros de freio com avanço de aproximadamente 4 polegadas (D).

Ação:

- Registrar anomalia e acionar a manutenção.




Figura 4 – Manipulador de freio independente

Figura 5 – Cilindro de freio

FIGURA 21. Exemplo de ação no POP. Fonte: Autor (2021).

3.8. Capacitação no "Check List" de "Inspeção Operacional (IO)".

Os "Padrinhos da Manutenção" foram responsáveis por conduzir o treinamento dos "Padrinhos de Operação" no formulário de "Check List" de "Inspeção Operacional", Figura 22. Semanalmente, os "Mantenedores" fazem visita aos equipamentos para avaliação das pendências registradas e instruir os "Operadores" na solução de pequenos reparos em campo.



FIGURA 22. Capacitação dos "Operadores". Fonte: Autor (2021).

4. RESULTADOS E CONCLUSÃO

Antes de quantificar os ganhos do projeto, outros fatores positivos ficaram evidentes entre as "Equipes de Manutenção e Operação".

A interação foi essencial para o resgate da confiança entre as partes, transformando um antigo paradigma de rivalidade entre "Manutenção" e "Operação" em um trabalho de "Equipe Multidisciplinar".

Durante as reuniões de gerenciamento do projeto, foi perceptível a evolução da motivação dos "Padrinhos" com os resultados obtidos. Além dos pontos observados durante a inspeção, frequentemente os "Operadores" passaram a sugerir oportunidades de melhorias nas condições de operação dos equipamentos.

A proposta inicial era reduzir 20% do "Tempo de Parada Não Programada (TPNP)" dos equipamentos ferroviários. Já no primeiro ano o resultado foi 23% a menos em relação aos 12 meses anteriores, Figura 23.

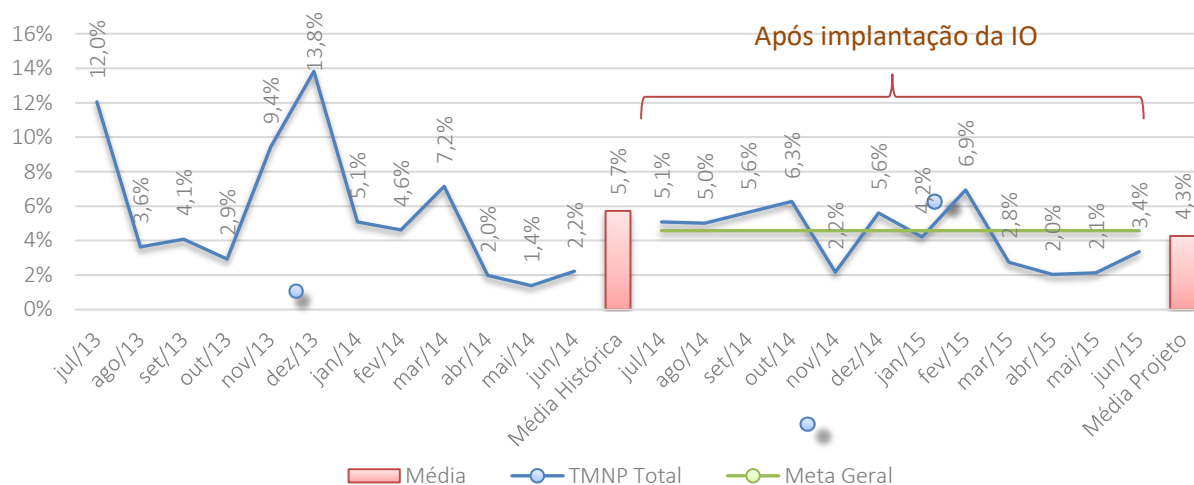


FIGURA 23. Indicador TMNP. Fonte: Autor (2021).

Evidentemente outras ações fora do projeto também contribuíram para este resultado, porém a "Inspeção Operacional" foi muito importante para a redução das paradas indesejadas.

A "Manutenção Autônoma" não requereu dos "Operadores" grande conhecimento técnico. Esta nova proposta de trabalho sugeriu ações simples que ao passar do tempo tornasse rotina para o "Operador" sem depender de uma folha de papel, resgatando deles o sentimento de "dono" do equipamento, sendo esse o principal objetivo do projeto.

REFERÊNCIAS

DYNAMOX. Curva P-F: Como o seu entendimento pode contribuir para a Manutenção. Publicado: 19 de agosto de 2020 em <https://dynamox.net/blog/curva-p-f-como-o-seu-entendimento-pode-contribuir-para-a-manuten%C3%A7%C3%A3o/>. Acesso: 28.05.2021.

IMAI, Y. e GODOY, S. 47º Curso para Formação de Facilitadores TPM². Guarulhos-SP, 2015.

LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. ED. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2014.

KTSUNE, Assessoria & Treinamentos, 2014. Os 8 Pilares do TPM. Disponível em: <<https://kitsuneassessoriaetreinamento.wordpress.com/2015/03/30/os-8-pilares-do-tpm/>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

LEITE, J. C. & GOMES, P. C. R. & MACIEL, P. H. L. & MEDEIROS, A. B. 2011. Manutenção Autônoma Aplicada na Melhoria dos Processos Industriais: Um estudo de caso em uma empresa do polo industrial de Manaus - PIM. Disponível em: < <https://www.inovarse.org/sites/default/files/>> Acesso em: 12 mar. 2021.