

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC): PESQUISA AÇÃO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA FÁBRICA DE PNEUMÁTICOS

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM): RESEARCH ACTION IMPLEMENTATION IN A FACTORY OF TYRES

Antônio Marcos Paiva Duarte¹, Gilberto Vargas Arenas Miranda², Márcio Zamboti Fortes³

^{1,2}Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli s/n, Jardim Morumbi, Taubaté, SP, CEP: 12060-440

¹E-mail: antoniompd@uol.com.br

²E-mail: gilware@unitau.br

³Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156, Sala E-431, São Domingos, Niterói, RJ, CEP: 21240-210. E-mail: mzf@vm.uff.br

RESUMO

O contexto econômico atual se caracteriza pela alta competitividade, baixos índices de rentabilidade e exigência dos consumidores. Trata-se da globalização, da livre concorrência, onde a sobrevivência das empresas depende basicamente da flexibilidade de suas estruturas, da sustentabilidade e sinergia de seus processos e da gestão efetiva e enxuta de seus negócios. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma Pesquisa-ação sobre a implantação da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma linha de produção de misturas negras de uma fábrica de pneumáticos localizada na região Sudeste do Brasil. A aplicação efetiva e disciplinar desta metodologia permitiu a realização de um mapeamento processual de fabricação com a identificação de 1015 modos de falhas e a análise de 937 tarefas de manutenção com uma taxa global de melhoria do Plano de Manutenção existente em 57,2% e, conseqüentemente, dos resultados sustentáveis em um cenário organizacional que necessita de taxas consistentes e contínuas de disponibilidade fabril e custos reduzidos de produção.

Palavras-chave: confiabilidade; mapeamento de processo; manutenção.

ABSTRACT

The current economic context is characterized by high competitiveness, low profitability and consumer demand. This is what can be termed globalization, competition, where the survival of companies largely depends on the flexibility of their structures, sustainability and synergy of their processes and lean and effective management of their business. This paper aims to present an Action Research on the methodology of implementation of Reliability-Centered Maintenance (RCM) in a production line of a mixture of black tire plant located in Southeastern Brazil. Effective The effective and disciplinary application of this methodology allowed a manufacturing procedural mapping with the identification of 1015 failure modes and analysis of 937 maintenance tasks with an overall improvement rate of existing Maintenance Plan in 57.2%, and consequently, the sustainable results in an organizational setting that requires consistent and continuous rates of plant availability and reduced costs of production.

Keywords: reliability; mapping process; maintenance.

1 – INTRODUÇÃO

Segundo Antonioli e Lima (2010), a globalização pode ser entendida como um conjunto de mudanças convergentes no sentido de um mundo mais integrado e interdependente, onde os negócios não apresentam um escopo unicamente local. Atrelado a este novo modelo, a atividade manutenção necessita ser estratégica e se integrar de modo efetivo ao processo fabril, pois como descreve Peres e Lima (2008) os custos de manutenção transformaram as áreas de manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial.

Neste contexto surgiu a necessidade de se implantar uma experiência piloto usando a metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), integrada ao sistema de Gestão da Manutenção já existente em uma das unidades de negócio, de uma empresa fabricante de pneumáticos localizada na região sudeste do Brasil, com a finalidade de que os ativos de uma linha de

produção, denominada de Grupo B, com capacidade diária de 90 toneladas de mistura negra pudessem cumprir as suas funções processuais.

O trabalho apresentado pode ser classificado como pesquisa-ação, pois, segundo Cauchick Miguel *et al.* (2010), a pesquisa-ação pode ser considerada uma variação do estudo de caso, se distinguindo no que tange a postura do pesquisador que no estudo de caso se comporta como um observador que não interfere no objeto de estudo e na pesquisa-ação, o mesmo utiliza a observação participante, interferindo no objeto de forma cooperativa com os outros participantes da ação, objetivando a resolver um problema e a contribuir efetivamente para a base do conhecimento.

2 – CONFIABILIDADE

Em seu sentido mais amplo, a confiabilidade está associada à operação bem sucedida de um produto ou sistema, ou seja, na ausência de falhas. Em análises de Engenharia,

todavia, é necessária uma definição quantitativa de confiabilidade, em termos de probabilidade, deste modo à confiabilidade segundo Estorilio e Posso (2011), pode ser definida como as chances de que um determinado produto ou sistema desempenhe a função básica para a qual foi projetado e instalado, durante um período de tempo pré-estabelecido e com condições de uso determinadas.

Billinton e Allan (1992) descrevem que para o cálculo dos atributos de Confiabilidade das funções processuais em sistemas reparáveis e com configuração em série, utiliza entre outros, os índices denominados de Taxa de Falhas do Sistema λ_s , que representa a quantidade de risco associada à perda da função em horas na unidade de tempo "t", o Tempo Médio entre Falhas (TMEF) que é o tempo médio de funcionamento do processo produtivo entre falhas que culminaram na parada da função processual, a Taxa de Reparos r_s , que é o tempo de reparo necessário para que processo produtivo retorne a operar em horas e o Tempo Médio para Reparos (TMPR) que é o tempo médio até a conclusão de reparos intrusivos realizados na função processual em virtude de uma Falha, sendo esses índices calculados por meio das equações matemáticas (1), (2), (3) e (4).

$$\lambda_s = \lambda_A + \lambda_B + \dots + \lambda_n \quad (1)$$

$$TMEF = \frac{1}{\lambda_s} \quad (2)$$

$$r_s = \frac{\lambda_A r_A + \lambda_B r_B}{\lambda_A + \lambda_B} \quad (3)$$

$$TMPR = \frac{\sum \text{tempo de panes}}{n^\circ \text{ de panes}} \quad (4)$$

Leão e Dos Santos (2009) afirmam que a missão da manutenção é garantir a disponibilidade (D) das funções processuais de um sistema para o atendimento das necessidades fabris com confiabilidade, segurança, qualidade, respeito aos custos e ao meio ambiente.

De modo mais abrangente, os autores Wuttke e Sellitto (2008) relatam que a disponibilidade na prática é expressa pelo percentual de tempo em que o sistema encontra-se operante, para componentes que operem continuamente. Esses mesmos autores, afirmam que a indisponibilidade de sistemas pode afetar à capacidade produtiva, aumentando custos e interferindo na qualidade do produto, já que falhas podem acarretar prejuízos para a imagem institucional das empresas, principalmente se incluírem aspectos de segurança (pessoal e patrimonial) e meio ambiente. Nesse sentido, Duarte *et al.* (2009) descrevem o significado dos índices empregados para calcular a disponibilidade (D) das funções processuais e respectivas equações matemáticas empregadas (5), (6) e (7):

Abertura Potencial (AP) = Tempo teórico disponível para que a função processo execute um programa de

produção pré-definido pelo setor de planejamento e controle da produção (PCP):

$$AP = n^\circ \text{ dias mês} \times 24 \times 60 \quad (5)$$

Sobrecapacidade (SCAP) = Qualquer parada Programada da função processo em virtude de não haver programas de produção desenvolvida pelo PCP;

Abertura Real (AR) = Somatório do Tempo real disponível para que a função processo execute um programa de produção pré-definido pelo PCP:

$$AR = AP - SCAP \quad (6)$$

Tempo de Parada da Função Processo (TPFP) = Qualquer parada não programada da função processo, sendo este tempo contabilizado em minutos.

$$D = \frac{AR - \sum TPFP}{AR} \times 100 \quad (7)$$

Em relação à manutenibilidade, Ramos Filho *et al.* (2010) a definem como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado no estado de poder executar as funções requeridas, quando a intervenção das equipes de manutenção é realizada sob determinadas condições e mediante procedimentos prescritos, ou seja, é a facilidade com que se pode realizar uma intervenção de manutenção.

Em conformidade com o descrito previamente, Zio (2009) descreve que a manutenção tem por objetivo elaborar um plano de manutenção consistente que possa assegurar confiabilidade e disponibilidade aos sistemas e ativos em conformidade com os requisitos de custeio, segurança, saúde e meio ambiente.

3 – MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma metodologia de gestão de ativos físicos utilizada na determinação de tarefas de Manutenção capazes de assegurar que um sistema ou processo atenda à necessidade de seus usuários, dentro do seu contexto operacional atual, com o desempenho esperado, bem como, faz a consideração sistemática das funções de um item físico, seus modos de falha e os critérios de priorização para definição de uma Política de Manutenção das funções de processo.

Niu *et al.* (2010) afirmam que a MCC é uma abordagem industrial de melhoria focada na identificação e no estabelecimento de melhorias operacionais do capital manutenção, que permitirá gerenciar os riscos de falha dos ativos de modo efetivo.

Neste sentido, Oliveira *et al.* (2010) ressaltam que em virtude de uma necessidade cada vez maior de melhorar a confiabilidade, vários métodos e técnicas para a redução de falhas têm se tornando populares.

Por meio de uma atuação sistemática e com foco na função do sistema, mapeia-se o processo fabril de modo a

priorizar as funções mais importantes para o processo produtivo e assim identificar as suas falhas funcionais, modos de falhas e consequências, proporcionando melhoria aos planos de manutenção que passam a gerar programações com foco nas tarefas que agreguem ao sistema, adequação das periodicidades, nivelamento de estoques, redução de itens e equipamentos a serem checados periodicamente ou até o reprojeto do sistema.

Conforme Souza e Lima (2003), a MCC deve ser aplicada em sete passos:

1. Selecionar a área do processo produtivo adequado para a aplicação da MCC;
2. Definir as funções e parâmetros de desempenho desejados;
3. Determinar as falhas funcionais;
4. Determinar o modo de falha, seus efeitos e conseqüências;
5. Selecionar o tipo de manutenção;
6. Formular e aplicar o plano de manutenção;
7. Melhoria contínua.

Resumidamente e conforme o relatório de Nowlan & Heap (1978), a MCC refere-se a um programa de manutenção elaborado para preservar a confiabilidade inerente de um item, de modo que ele cumpra a sua função no processo. A política consiste na seleção de tarefas embasadas nas características de confiabilidade, acompanhadas de uma análise lógica e sistêmica que visa à viabilidade técnica e econômica das ações a serem aplicadas.

4 – MAPEAMENTO DE PROCESSO

A excelência no desempenho das funções que compõe o processo de fabricação de mistura negra (napa de borracha composta basicamente de borracha natural, borracha sintética, negro de fumo, aceleradores e pigmentos químicos), requer que todas as atividades inter-relacionadas sejam compreendidas e gerenciadas segundo uma visão de processos. Tal necessidade visa à efetividade da cadeia de processos, de modo a atender os requisitos de qualidade e a superar as expectativas do cliente e consequentemente proporcionarem rentabilidade ao negócio por meio do emprego de recursos enxutos.

Assim, um processo dispõe de entrada, saída, tempo, espaço, ordenação, objetivo e valores que, interligados logicamente, irão resultar em uma estrutura para fornecer produtos ou serviços ao cliente.

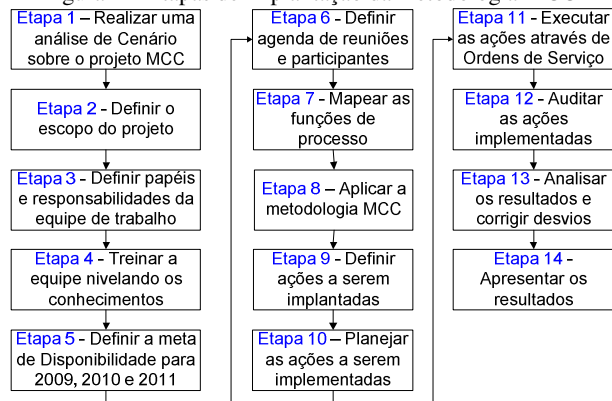
Conforme Müller *et al.* (2010), o mapeamento de processos é uma técnica representativa que utiliza uma linguagem gráfica e sequencial das tarefas necessárias para que um processo realize a entrega de um produto ou serviço. A sua análise estruturada permite o conhecimento do processo produtivo e a identificação de gargalos, ociosidades, funções críticas, cadeia de custos do produto e serviço, falhas existentes, bem como fomenta a integração entre os sistemas e a eliminação das etapas que não agregam valor ao processo.

5 – IMPLANTATAÇÃO DA METODOLOGIA MCC

O processo de implantação da MCC a partir do uso da ferramenta Mapeamento de Processo foi realizado em 14 etapas, tendo seu início na etapa 1 com uma análise de cenário (análise *swot*) sobre o projeto MCC e seu término na etapa 14 com a apresentação dos resultados para a Diretoria Industrial, conforme demonstrado na Figura 1, com início em setembro de 2008 e a participação de 15 colaboradores de diferentes áreas (Manutenção, Engenharia de Manutenção, Qualidade, Produção, Suprimentos), sendo que a coordenação do trabalho ficou a cargo da Equipe de Engenharia de Manutenção.

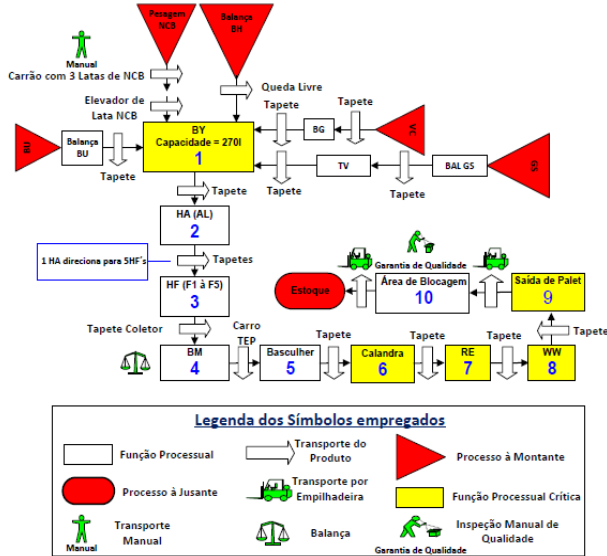
A diversificação das competências contribuiu de modo significativo para a definição dos objetivos quantitativos tangíveis a serem alcançados de Disponibilidade média Fabril de 78,5% em 2009, 80% em 2010 e 81,5% em 2011 pela Diretoria Industrial. Esse aumento progressivo de 1,5 pontos percentuais (p%) da meta até 2011 se deve ao fato do tempo necessário para a realização e aderência de todas as ações oriundas do plano de progresso da MCC.

Figura 1 – Etapas de implantação da metodologia MCC



Na Figura 2 é apresentado o modelo utilizado para o mapeamento das funções processuais de fabricação de misturas negras descrito na Etapa 7, e que culminou na definição de 10 Funções Processuais, nas quais 5 das funções foram definidas como críticas ao se aplicar a metodologia MCC descrita na Etapa 8 e apresentada parcialmente na Tabela 1, que abrange a análise realizada sobre a função processual de acondicionamento (WW – Função 8).

Figura 2 – Mapeamento do processo da linha de produção



Homogeneizador Finalizador (HF), que possui a função processual de realizar a dispersão dos agentes vulcanizantes e a obtenção das características reológicas de aplicação;

Fim de Linha (FDL), que compreende uma balança de mistura (BM – Função 4), Calandra de cilindros (Função 6) para a definição das dimensões programadas, meios de identificação e retirada de amostras, adição de produto anticolante, sistema de resfriamento e secagem (RE – Função 7) e o acondicionamento em placas ou folhas contínuas (WW – Função 8).

6 – RESULTADOS QUALITATIVOS ALCANÇADOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA MCC

O engajamento da equipe durante todo o período de implantação permitiu a análise de todas as funções processuais e a aplicação efetiva da metodologia MCC, tendo como resultado a:

Definição de 10 Grupos Funcionais (GF);

Identificação de 1015 Modos de Falha (MF) e suas criticidades, conforme pode ser observado na Figura 3 e que foram definidas segundo os critérios descritos a seguir:

Crítico à Segurança (CS) – Efeitos ligados à segurança, meio ambiente, perda da redundância, perda de informação e controle;

Crítico à Produção (CP) – Efeitos ligados aos processos produtivos e aos sistemas de qualidade;

Crítico à Manutenção (CM) – Efeitos ligados aos custos de manutenção;

Não crítico (NC) – Quando as falhas não apresentam consequências para o sistema.

Tabela 1 – Visão parcial da Matriz empregada na implantação da MCC

Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																									
Sistema:		Grupo B																							
Função do Grupo B:		Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade																							
Grupo Funcional-GF:		GF6 – WW																							
Função do GF6:		Transportar, cortar e empilhar																							
Subfunção do GF6:		Empilhagem																							
ADC- Análise das Disfunções e Criticidades						STM- Seleção das Tarefas de Manutenção																			
CONSEQUÊNCIAS NO SISTEMA																									
1	Impacto à Segurança ou Meio Ambiente	6	Custo de manutenção superior a R\$4.000,00										Nota: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas.												
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																						
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																						
4	Impacto na Qualidade	9	Sem efeito.																						
5	Impacto nos custos de Produção	9	Sem efeito.																						
Legenda: (Tipos de Tarefas: 3P-Teste fora de aplicação, 4-Inspeção Invasiva, 4M-Inspeção Não Invasiva; 5-Ação sistemática.																									
Ativo	Modo de Falha	Causas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P	F	M	C	P	C	M	N	C	Código Serviço	Tarefa Proposta	Períodos	Tipo	Quem?
Rótula	Cisalhamto	Desgaste	3	X	X	X							X		X	X				IM-GBMP800	Inspeção com líquido penetrante	13	3P	Mecânico	
Corrente de tração	Quebra de eixos	Desgaste	3	X	X		X								X				IM-GBMP807	Inspeção Visual	16	4M	Mecânico		
Cilindro pneumático	Perda de função	Empenno da haste	2	X									X		X				IM-GBMP815	Trocac Cilindro	13	5	Mecânico		
Pinhão de tração	quebra	Desgaste	3	X	X		X								X	X			IM-GBMP803	Inspeção Mecânica	26	4I	Mecânico		
Sensores	Perda de função	Falha interna, desfalco	1	X	X								X	X					IE-GBEP850	Testar Sensores	8	4I	Eletricista		

O grupo B, alvo deste estudo, é uma linha de fabricação Monotempo com capacidade produtiva diária de 90 toneladas de misturas negras em um processo de misturação descontinuada. Suas atividades de fabricação iniciaram-se em 1989, sendo considerado como semiautomático, em virtude da retirada manual de amostras dos produtos fabricados para envio ao laboratório de análises e pelo adição manual de alguns insumos constituintes no início do processo. Este grupo funciona segundo os preceitos de produção empurrada com quatro equipes de revezamento e um funcionamento contínuo médio de 708 horas por mês, visto haver uma parada mensal programada de 12 horas para a realização de Manutenção Preventiva Sistemática.

Uma linha de fabricação Monotempo é constituída basicamente pelos Ativos descritos a seguir:

Bambury (BY), que tem como função processual efetuar a dispersão e a homogeneização das cargas reforçantes;

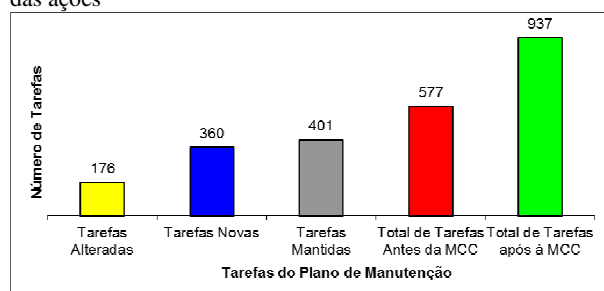
Homogeneizador Alimentador (HA), que possui a função processual de efetuar o resfriamento da mistura oriunda do Bambury;

Figura 3 – Modos de falhas e criticidades



Para os 1015 MF críticos (97,7% associados a paradas não programadas das funções), foram realizadas ações que promoveram a ampliação da abrangência do plano de manutenção, no que tange as tarefas de manutenção, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Tarefas no Plano de Manutenção após a realização das ações



Como resultado desse trabalho, o Plano de Manutenção teve 937 tarefas analisadas e uma taxa global de melhoria em 57,2%, o que atesta a profundidade e a pertinência do processo, sendo que:

43%, ou seja, 401 tarefas não sofreram alterações;

19%, ou seja, em 176 tarefas foram alteradas seus níveis de complexidade, custo ou periodicidade;

38%, ou seja, em 360 tarefas houve inserção de ações, a fim de se evitar os modos de falhas críticos identificados.

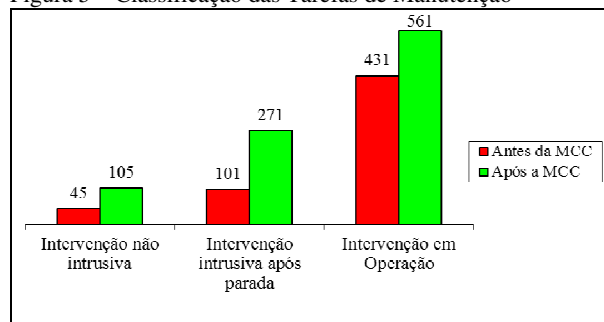
As 937 tarefas de manutenção foram classificadas quanto às características intervencionistas nos processos operacionais, conforme descritas a seguir e esboçadas por meio da Figura 5, em que:

28,9%, ou seja, 271 Tarefas de Intervenções Intrusivas que necessitam de parada das funções processuais para serem executadas, tais como a manutenção preventiva;

11,20%, ou seja, 105 Tarefas de Intervenções não Intrusivas que não necessitam necessariamente de parada das funções processuais, tais como as inspeções sensitivas nos Ativos e suas funções;

59,87%, ou seja, 561 Tarefas de Intervenções em Operação, na qual necessitam necessariamente que as funções processuais estejam em operação normal, tais como manutenção preditiva ou inspeções de desempenho das funções processuais.

Figura 5 – Classificação das Tarefas de Manutenção



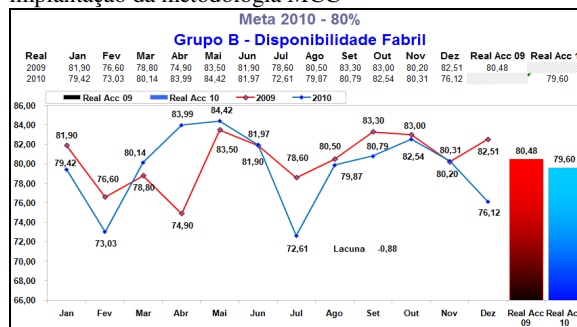
Paralelamente aos ganhos qualitativos, este trabalho permitiu a transferência do conhecimento agregado das equipes interfuncionais para uma base de dados que será utilizada como referências futuras em projetos similares.

7 – RESULTADOS QUANTITATIVOS ALCANÇADOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA MCC

Os resultados de disponibilidade fabril relativos ao ano de 2009 e 2010 são apresentados na Figura 6, onde se verifica

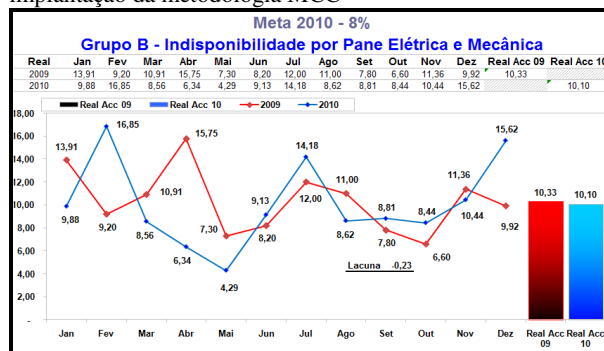
um resultado de disponibilidade fabril média da ordem de 81,9% no primeiro semestre de 2010, excetuando-se no mês de fevereiro em que a abertura real neste período fora menor em virtude da parada de produção durante o período de carnaval e no mês de junho, em virtude de uma pane mecânica de 24 horas no processo de abastecimento de insumos da função processual 1 (BY).

Figura 6 – Resultado de disponibilidade fabril após a implantação da metodologia MCC



Em relação ao segundo semestre, os resultados de disponibilidade foram influenciados negativamente na ordem de 4%, principalmente pela alta taxa de Indisponibilidade, conforme pode ser observado na Figura 7, no que tange aos índices de paradas não programadas (panes) de origem elétrica, ocasionadas pela substituição do sistema de automatismo denominado de Nível 2 (14,18%), ocorrido na 2ª quinzena do mês de Julho e que resultou em ajustes de *software* e *hardware* ao longo dos meses de agosto à outubro de 2010. Outro fator impactante foi à alta taxa de oscilações de energia elétrica oriunda da concessionária ao longo dos meses de Novembro em 2,5% e Dezembro em 6,8%.

Figura 7 – Resultado de Indisponibilidade fabril após a implantação da metodologia MCC



Na Tabela 2 é apresentada uma tabulação comparativa entre os indicadores numéricos de falhas funcionais de origem elétrica e mecânica ocorridos entre os anos 2008 e 2009 e na Tabela 3 entre os anos 2009 e 2010.

Tabela 2 – Comparação entre os Indicadores de falhas ocorridas entre os anos 2008 e 2009

2008				2009			
Indicador	Minutos	Horas		Indicador	Minutos	Horas	
Abertura Potencial	51800	8635		Abertura Potencial	516240	8604	
Sobrecapacidade	20385	340		Sobrecapacidade	78104	1302	
Abertura Real	497715	8295		Abertura Real	438136	7302	
Falhas Mecânicas	24165	403		Falhas Mecânicas	24404	407	
Falhas Elétricas	21018	350		Falhas Elétricas	20708	345	
Falhas Conceção	27578	460		Falhas Conceção	11529	192	
Σ Paradas	72761	1213		Σ Paradas	56641	944	
Abertura Real	Horas	8295		Abertura Real	Horas	7302	
Taxa de Reparo	rs	0,35		Taxa de Reparo	rs	0,44	
Taxa de Falha	As	0,32		Taxa de Falha	As	0,38	
Tempo Médio para Reparo	TMPR	0,37		Tempo Médio para Reparo	TMPR	0,43	
Tempo Médio entre Falhas	TMEF	3,17		Tempo Médio entre Falhas	TMEF	2,61	
Indisponibilidade	Us	11,02%		Indisponibilidade	Us	16,91%	
Função Processual	nºFalhas	TMEF	TMPR	nºFalhas	TMEF	TMPR	
Função 1 - MI	803	8	0,33	505	9	0,51	
Função 2 - HA	166	38	0,51	124	37	0,58	
Função 9 - Saída de Palet	214	30	0,36	211	22	0,5	
Função 6 - Calandra	207	31	0,32	130	36	0,42	
Função 7 - RE	92	69	0,39	132	35	0,49	
Função 3 - F4	110	58	0,29	127	36	0,33	
Função 3 - F3	83	77	0,34	71	65	0,24	
Função 3 - F2	84	76	0,32	91	51	0,23	
Função 3 - F1	68	93	0,33	108	43	0,25	
Função 8 - Wig Wag	82	78	0,26	67	69	0,44	
Função 4 - BM	27	235	0,76	61	76	0,8	
Função 3 - F5	67	95	0,26	144	32	0,3	
Total	2003			1771			

Sobre os resultados apresentados ao longo de 2009, observa-se uma alta taxa de Sobre capacidade de 15,33% (1.302 horas) quando comparado ao ano base 2008, que ficou em 4,09% (340 horas), sendo este um dos reflexos da crise financeira global ocorrida no 2º. semestre de 2008. Os resultados apresentados em 2009 não apresentam resultados referenciais, visto que a linha de produção obteve uma abertura real de 7.302 horas para operar.

Tabela 3 – Comparação entre os Indicadores de falhas ocorridas entre os anos 2008 e 2010

2008				2010			
Indicador	Minutos	Horas		Indicador	Minutos	Horas	
Abertura Potencial	51800	8635		Abertura Potencial	517980	8638	
Sobrecapacidade	20385	340		Sobrecapacidade	22448	374	
Abertura Real	497715	8295		Abertura Real	495532	8259	
Falhas Mecânicas	24165	403		Falhas Mecânicas	23814	397	
Falhas Elétricas	21018	350		Falhas Elétricas	25191	420	
Falhas Conceção	27578	460		Falhas Conceção	16215	270	
Σ Paradas	72761	1213		Σ Paradas	65220	1087	
Abertura Real	Horas	8295		Abertura Real	Horas	8259	
Taxa de Reparo	rs	0,35		Taxa de Reparo	rs	0,13	
Taxa de Falha	As	0,32		Taxa de Falha	As	0,38	
Tempo Médio para Reparo	TMPR	0,37		Tempo Médio para Reparo	TMPR	0,12	
Tempo Médio entre Falhas	TMEF	3,17		Tempo Médio entre Falhas	TMEF	2,65	
Indisponibilidade	Us	11,02%		Indisponibilidade	Us	4,76%	
Função Processual	nºFalhas	TMEF	TMPR	nºFalhas	TMEF	TMPR	
Função 1 - MI	803	8	0,33	858	8	0,13	
Função 2 - HA	166	38	0,51	136	53	0,09	
Função 9 - Saída de Palet	214	30	0,36	185	39	0,12	
Função 6 - Calandra	207	31	0,32	204	35	0,11	
Função 7 - RE	92	69	0,39	269	27	0,13	
Função 3 - F4	110	58	0,29	201	36	0,14	
Função 3 - F3	83	77	0,34	143	50	0,11	
Função 3 - F2	84	76	0,32	178	40	0,12	
Função 3 - F1	68	93	0,33	176	41	0,11	
Função 8 - Wig Wag	82	78	0,26	89	81	0,15	
Função 4 - BM	27	235	0,76	135	53	0,17	
Função 3 - F5	67	95	0,26	135	53	0,13	
Total	2003			2709			

Essas paradas programadas da linha de produção (Sobrecapacidade), ao longo de 2009 foram utilizadas para elaborar os novos os procedimentos operacionais e a melhorar o descritivo dos já existentes (exclusão de ações subjetivas), bem como, corrigir periodicidades e criticidades das tarefas no *software* de manutenção, desenvolver padrões técnicos com o uso de fotos e desenhos orientativos, transferir o plano de lubrificação antes em planilhas paralelas para o *software* de manutenção e implantar a análise de vibração, pois esta foi uma das ações sugeridas e que resultaria em um retorno de confiabilidade tangível no curto prazo.

Sobre os resultados apresentados ao longo de 2010 observa-se uma redução considerável em relação ao somatório de falhas de origem elétrica, mecânica e de

concepção quando comparado ao ano base 2008, porém este resultado quando comparado ao somatório de número de falhas é superior em cerca de 30%. Tal fato se justifica pelo aumento considerável das falhas de origem elétrica em virtude da substituição de todo o sistema de automatismo que ocorreu na segunda quinzena do mês de julho e pelo número acentuado de falhas de suprimento de energia elétrica ocorridas entre os meses de novembro e dezembro. Os resultados apresentados em 2010 refletem uma tendência positiva de melhorias sustentáveis nos resultados de disponibilidade fabril para o ano 2011.

CONCLUSÕES

O objetivo principal previamente definido pela Diretoria Industrial em 2008 era avaliar se o método aplicado permitiria maximizar os resultados de disponibilidade fabril por meio do alcance das metas quantitativas de disponibilidade média de 78,5% em 2009, 80,0% em 2010 e 81,5% em 2011.

Em 2009 foi alcançado o índice de disponibilidade fabril média de 80,48%, sendo superior à meta desdobrada em 2,5%. No ano de 2010, foi alcançado um índice de disponibilidade fabril média de 79,60%, sendo este resultado inferior à meta desdobrada em 0,4%.

Além do objetivo principal, este trabalho permitiu a realização do mapeamento das funções processuais principais da linha de produção B que teve como resultado a definição de 10 Funções Principais e a identificação de 1015 modos de falhas que possibilitou a elaboração e implantação de 360 novas tarefas de manutenção.

Este estudo também possibilitou por meio do balanceamento do plano de manutenção (melhoria qualitativa e quantitativa) que a estratégia adotada de aplicação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade foi positiva e converge para o atendimento das necessidades de perenização e consistência da disponibilidade fabril preconizada no plano estratégico do ano 2010.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, P. D.; LIMA, C. R. C. Aplicação dos princípios do Lean Manufacturing na produção de uma indústria de autopeças: Um estudo de caso. **Anais... XVII SIMPEP**, Bauru, 2010.
- BILLINTON, R.; ALLAN, R. N. **Reliability Evaluation of Engineering System: Concepts and Techniques**, Perseus Publishing, 1992, 453 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0685-4>.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; **Pureza**, v. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Elsevier, Rio de Janeiro, 2010.
- DUARTE, A. M. P.; PACHECO JUNIOR, J. G.; FORTES, M. Z. A aplicação do Gerenciamento da Rotina nos Processos de Manutenção – Um estudo de caso. **In:**

VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ, 2009.

ESTORILIO, C.; POSSO, R. Redução das irregularidades identificadas na aplicação do FMEA de Processo: Um estudo em processos estampados. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 4, p. 995-1027, 2011. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v11i4.671>.

LEÃO, S. R. D. C.; DOS SANTOS, J. M. Aplicação da troca rápida de ferramenta (TRF) em intervenções de manutenção preventiva. **Revista Produção Online**, v. 9, n. 1, 2011.

MÜLLER, G. L.; DIESEL, L.; SELBITTO, M. A. Análise de processos e oportunidades de melhorias em uma empresa de serviços. **Revista Produção Online**, v. 10, n. 3, p. 524-550, 2010. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v10i3.241>.

NIU, G.; YANG, B.-S.; PECHT, M. Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance. **Reliability Engineering and System Safety**, Elsevier, 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-Centered Maintenance**. United AirLines, 1978.

OLIVEIRA, U. R.; PAIVA, E. J.; ALMEIDA, D. A. Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 1, p. 77-91, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0103-65132010005000004>.

PERES, C. R. C.; LIMA, G. B. A. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. **Gestão & Produção** [on-line], v. 15, n. 1, p.149-158, 2008. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2008000100013>.

RAMOS FILHO, J. A. R.; ATAMANCZUK, M. J.; MARÇAL, R. F. M. Seleção de técnicas de manutenção para processo de armazenagem pelo Método de Análise Hierárquica. **Revista Produção Online**, v. 10, n. 1, 2010.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta estratégica. **Anais XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Ouro Preto, MG, 2003.

WUTTKE, R. A.; SELBITTO, M. A. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Produção Online**, v. 8, n. 4, 2008.

ZIO, E. Reliability engineering: Old problems and new challenges. **Reliability Engineering and System Safety**, Elsevier, v. 94, p. 125-141, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2008.06.002>.