

Proposta de aplicação da manutenção centrada na confiabilidade no desenvolvimento do plano estratégico da manutenção: um estudo de caso

Proposal for implementation of reliable maintenance maintenance in developing the maintenance strategic plan: a case study

Recebimento dos originais: 03/06/2019

Aceitação para publicação: 28/06/2019

Taynara Barros Moreira

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Piauí - UFPI

Instituição: Universidade Federal do Piauí - UFPI

Endereço: Rua Gonçalves Dias, 5535-E - Bairro Lourival Parente, Teresina – Piauí, Brasil

E-mail: taynara.barros.moreira@gmail.com

Denilson Pereira Da Silva

Mestre em Administração de Empresas pela Universidade de Fortaleza – UNIFOR

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI

Endereço: Praça da Liberdade, 1597, Centro, Teresina – Piauí, Brasil.

E-mail: denilson@ifpi.edu.br

Pablo Henrique Ribeiro Bezerra

Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Endereço: Rua Riachuelo, 3164. Bairro: Vermelha. Teresina - Piauí

E-mail: eng.pabloh@gmail.com

Wagner Jose Sousa Carvalho

Pós-graduado em Auditoria e Controladoria - Universidade Estadual do Vale do Acaraú

MBA Engenharia da Qualidade - Faculdade Unica

R. José Benedito Nogueira, 500 - Jardim Tropical, Botucatu - SP, 18607-289

Condomínio Le Ville - Casa 83

E-mail: wagnerr.carvalho@hotmail.com

RESUMO

Atualmente, observa-se a disponibilidade de técnicas e ferramentas para reduzir, eliminar e até mesmo tratar as falhas de um sistema, dentre as quais se encontra a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Nessa perspectiva, torna-se importante discutir como o planejamento estratégico tem contribuído para processos de manutenção de operações e qual a relevância da técnica da MCC para a elaboração desse plano. Para atender o objetivo proposto foi realizado um estudo de caso numa Indústria de Rejuntas e Argamassas localizada no município de Teresina - PI e que atua há 25 anos no mercado, no qual, utilizou-se de pesquisas bibliográficas, uma abordagem quali-quantitativa e análise de dados secundários. Através das análises conclui-se que a ferramenta MCC contribui para o planejamento da gestão estratégica de manutenção auxiliando no processo de tomada de decisão e que através desta, possibilitar condições favoráveis de competitividade e eficiência a empresa.

Palavras-chave: Manutenção Centrada na Confiabilidade. Manutenção. Estratégia.

ABSTRACT

Currently, there is the availability of techniques and tools to reduce, eliminate and even address system failures, including Reliability Centered Maintenance (MCC). From this perspective, it becomes important to discuss how strategic planning has contributed to operations maintenance processes and what is the relevance of the MCC technique to the preparation of this plan. To meet the proposed objective, a case study was carried out in a Grout and Mortar Industry located in the municipality of Teresina - PI, which has been operating in the market for 25 years, using bibliographical research, a qualitative and quantitative approach and analysis of secondary data. Through the analysis it is concluded that the MCC tool contributes to the planning of the strategic maintenance management assisting in the decision making process and that, through this, enable favorable conditions of competitiveness and efficiency to the company.

Keywords: Reliability Centered Maintenance. Maintenance. Strategy.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo deste século apresenta-se com distinção dos anteriores devido o surgimento da revolução tecnológica e da crescente globalização. Aquilo que se tinha como fonte convencional de vantagem competitiva, como as economias de escala e orçamentos de publicidade vultosos, não têm a mesma eficácia no cenário competitivo do século XXI (HITT; IRELAND; HOSKINSSON, 2001). Na atualidade, a pós-modernidade, tem como característica a heterogeneidade, mudanças, rupturas, fluxos, pausas, bifurcações, voltas, dissolução de fronteiras entre entidades e processos (STYHRE, 2001).

Nessa dinâmica ocorre a exigência de maior efetividade nas atividades operacionais que possibilitem garantir disponibilidade e produzir resultados (XAVIER, 2005). Tendo as organizações buscado incessantemente novas ferramentas de gerenciamento, que aponte para uma maior competitividade através da qualidade e produtividade dos produtos, processos e serviços (KARDEC, 2004). Atualmente, observa-se a disponibilidade de técnicas e ferramentas para reduzir, eliminar e até mesmo tratar as falhas de um sistema, dentre as quais se encontra a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Utilizar-se de informações importantes adquiridas ao longo do tempo relacionadas às paradas de maquinário tornou-se, de forma estratégica, uma abertura no conhecimento sobre as falhas potenciais, características das falhas e a sistematização destas, podendo assim propor, de forma sistêmica e dinâmica, uma manutenção adequada à realidade das operações.

Diante de vários fatores dentre os quais clima, vibrações, tensões e etc., em que as máquinas e equipamentos estão dispostos, observam que tais fatores influenciam evidentemente em suas normalidades de funcionamento, porém, mesmo sem esses fatores ainda existe a probabilidade de

falha, sendo que aceitar que as falhas ocorrerão não é, entretanto, a mesma coisa de ignorá-las. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002)

No intuito de suscitar uma maior reflexão acerca da matéria, torna-se importante discutir como o planejamento estratégico tem contribuído para processos de manutenção de operações com o auxílio da técnica de Manutenção Centrada na Confiabilidade, a partir disso direciona-se o seguinte questionamento: Qual a relevância do MCC para a elaboração de um planejamento estratégico de manutenção? Portanto, objetivo desse artigo foi apresentar um plano estratégico de gestão da manutenção através da aplicação da técnica MCC.

A fim de atender ao objetivo foi pesquisada uma indústria de produtos da construção civil. A contribuição desse artigo se pauta na ampliação do conhecimento sobre a utilização do MCC para a elaboração de um planejamento estratégico de manutenção.

O artigo está dividindo nas seguintes etapas: introdução, nessa etapa ocorreu a exposição do problema e objetivos pretendidos; o aprofundamento bibliográfico que aborda os temas relevantes para formulação do artigo; posteriormente são descritos os aspectos metodológicos da pesquisa e os procedimentos técnicos utilizados para coleta de dados; nas análises e discussões, *a priori*, foi feita a descrição da organização estudada e posteriormente as análises necessárias, por fim as conclusões do artigo incluindo as considerações relevantes apontadas pelos autores do artigo.

2. VISÃO GERAL DA GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO

O mercado competitivo tem forçado as empresas a implantarem novas filosofias de gestão na busca da redução de seus custos de produção, almejando a melhoria ou aumento da competitividade, pois somente produzir não é o bastante, se faz necessário garantir qualidade, preço competitivo e prazo de entrega.

Um meio para essa redução dos custos produtivos está relacionado no empenho das organizações em diminuir suas perdas durante o processo, ocasionado pelas falhas/quebras das máquinas e equipamentos. Erros são inevitáveis, fazem parte do processo produtivo e não podem ser ignorados, pois as falhas tem um efeito significativo, ou seja, um grau de severidade no sistema produtivo que podem ou não ser irreversíveis. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A utilização da manutenção, como função estratégica das organizações é considerada responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tendo importância capital nos resultados da empresa, sendo que seus resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção (OTANI; MACHADO, 2008). No caso brasileiro, segundo dados estatísticos da Abraman (2003), o custo de manutenção por faturamento bruto é de 4,3% do PIB (Produto Interno Bruto) contra a média mundial de 4,1%. Logo esta realidade mostra que as organizações devem

procurar os processos de melhorias contínua na gestão da manutenção, buscando conhecimentos inovadores e aplicação das melhores práticas da manutenção (OTANI; MACHADO,2008).

2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com Siqueira (2005), os tipos de manutenção são também classificados de acordo com os tipos de falhas. As definições dos principais tipos de manutenção estão descritos na figura 1.

Figura 1- Definições dos principais tipos de manutenção.

Tipo de Manutenção	Autor/Ano	Definições
Reativa ou Corretiva	TATSCH (2010)	“Consiste na restauração não programada da capacidade funcional de um item, visando corrigir defeitos ou falhas potenciais detectadas por uma tarefa programada ou outro meio”.
Preventiva	SOUZA (2008)	“A manutenção preventiva pode ser vista como uma intervenção técnica no equipamento, com um escopo de ações de manutenção pré-determinado ou troca de itens, antes do mesmo apresentar falhas operacionais ou avarias.”
Preditiva	NOGUEIRA, GUIMARÃES, SILVA (2012)	“Baseada na condição do equipamento. Prediz a falha do equipamento.”

Fonte: Adaptado de Nogueira, Guimarães, Silva (2012) ; Souza (2008); Tatsch (2010)

3. MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE –MCC

Segundo Fogliato e Ribeiro (2008) a Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC é definida como um programa que dispõe de técnicas que combinam abordagens sistêmicas a fim de garantir que os equipamentos fabris mantenham suas funções originais.

Atualmente, a percepção relacionada aos custos operacionais vem levantando soluções adequadas às necessidades de cada empresa. No entanto, é necessário que o direcionamento de técnicas seja feita de formas sistêmicas, mais precisa e direta, diminuindo os riscos de investimento e assim alcançando o real propósito de diminuir os custos desnecessários.

Para Fleming, Silva e França (1999) o MCC é visto como um processo que deve ser planejado com objetivos de melhorar e adequar racionalmente o sistema de tarefas, a fim de determinar a

sequência de manutenção mais adequada para garantir o funcionamento contínuo de equipamentos e máquinas com alto nível de confiabilidade e qualidade. Essa

metodologia se bem estruturada é capaz de envolver todas as funções do sistema a serem analisadas, primando pela identificação do modo de falha, dando prioridade aos critérios dos fatores econômicos, operacionais e de segurança pré-estabelecidos, para assim ter a precisão exata da estratégia de manutenção a ser aplicada e com o custo mais eficiente. (SOUZA; LIMA, 2003).

Assim, o MCC tem por objetivo a estruturação sistemática, definindo corretamente as tarefas de manutenção adequada ao propósito de garantir a confiabilidade e a segurança operacional do sistema ao menor custo possível, com o uso dos principais elementos que a manutenção oferece.

Pinto e Lima, (2006) apresentam de forma sucinta as etapas do processo de implantação do MCC, etapas essas que são designadas primeiramente na definição do sistema, ou seja, quais as fronteiras e limitações da análise. Depois ocorre a identificação das funções e análises das falhas funcionais, posteriormente são analisados os modos de falhas e seus efeitos através do *FMEA* (*Failure Mode and Effects Analysis*) - Análise dos Modos de Falha e Efeitos, logo após é elaborado o diagrama de decisão para as tarefas de manutenção, e por último é feito a formulação e implantação do plano de manutenção.

Portanto, observa-se que a MCC é uma metodologia que está sendo bastante difundida nas mais diversas áreas, tendo diversas vantagens, tais como uma maior disponibilidade e segurança do equipamento, maior qualidade dos produtos, custos menores, maior vida útil dos equipamentos, entre outros.

3.1 ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DA MCC

Para implantação da MCC, são estabelecidas de forma reduzida cinco etapas a serem seguidas para se obter um bom desempenho da estratégia de manutenção a saber: 1) Definição do sistema, no qual, são isoladas e descritas cada parte de compõe o sistema em estudo ,objetivando uma melhor análise das falhas; 2) Funções e análises das falhas, nessa etapa é feito um resumo das funções principais e secundárias além de falhas e defeitos para cada modo encontrado na primeira etapa, tudo deve ser descrito em minúcias; 3) Análise de modo e efeito falha, nessa etapa é utilizado a ferramenta FMEA para estudos dos modos de falhas objetivando identificar e conhecer cada falha e seu respectivo número de prioridade de risco; 4) Diagrama de decisão para a seleção de tarefa de manutenção, no qual, é utilizadoos

métodos conhecidos como Diagrama de seleção de tarefas e Árvore lógica de decisão, auxiliado por planilhas de registros para definir a divisão das tarefas de manutenção. E por último 5) Plano de Manutenção, nessa etapa são divididas as tarefas, visando utilizar da melhor forma possível os

serviços dos técnicos que realizam a manutenção. (FLEMING 1999; OLIVEIRA E DINIZ 2001; SIRQUEIRA 2005).

4. FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSES–FMEA

Mais conhecido por Análise do Modo e do Efeito da Falha - *FMEA*, o método é utilizado para o desenvolvimento de produto e processo, com o propósito de desenvolver ações de melhoria, eliminando ou minimizando as falhas potenciais segundo alguns critérios (CARPINETTI,2012).

No MCC, o *FMEA* tem por objetivo identificar as funções dos componentes, seus modos de falhas, seus efeitos e suas causas, classificando por grau de criticidade (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Carpinetti (2012) descreve ainda os critérios de análise da ferramenta que são priorizados para a tomada de ações necessárias para a eliminação ou minimização das falhas que são a gravidade/severidade do efeito, a ocorrência da falha e a detecção da falha. Assim, a partir da quantificação do risco baseado nesses três fatores citados anteriormente que as ações são priorizadas e implantadas, ou seja, ocorre a execução de ações de melhoria. No MCC, essas ações de melhoria partem do tipo de programa de manutenção adequada ao tipo de risco da falha imposto a cada equipamento.

Portanto, na etapa de aplicação do *FMEA* no MCC, por exemplo, já é possível identificar que para alguns modos de falha, considerados não críticos, é recomendável aplicar a manutenção corretiva, para os casos de falhas com probabilidade de ocorrerem com frequência remota e com consequência pouco relevante, ou com frequência alta e consequência irrelevante (NUNES, 2001).

5. METODOLOGIA

Para atender o objetivo proposto foi realizado um estudo de caso numa Indústria de Rejuntas e Argamassas localizada no município de Teresina – PI e que atua há 25 anos no mercado. O estudo de caso se caracteriza por ser um procedimento em que é possível um estudo mais

profundo e exaustivo do objeto, que permitirá um amplo, detalhado e esclarecido conhecimento do campo de pesquisa (GIL, 2002).

Os procedimentos que norteiam os métodos adotados no presente trabalho foram iniciados com pesquisas bibliográficas, que tem como objetivo desenvolver uma pesquisa consistente e confiável (GIL, 2002). Para isso, utilizaram-se fontes confiáveis, sendo utilizadas como fonte de pesquisa, plataformas de artigos científicos.

O estudo foi direcionado ao setor de produção especificamente do maquinário que compõe o processo final de fabricação do seu produto principal. A empresa dispõe de informações valiosas sobre as falhas ocorridas nos equipamentos e que são transcritas mediante a sua ocorrência, tais

informações foram utilizadas como fonte de análise de dados para pesquisa. Para o processo de produção a empresa utiliza uma ficha no qual é descrito as informações que inclui matéria-prima, quantidade, turno, encarregado de produção e parada de maquinário.

A abordagem aplicada à pesquisa foi quali-quantitativa, onde os resultados foram tratados de forma mista, formalizando uma análise qualitativa e quantitativa dos dados coletados a fim de obter uma resposta mais conclusiva possível, (DAL-FARRA e LOPES, 2013). Os dados foram coletados das fichas de produção referente às paradas de maquinário em um determinado período de tempo, no qual, aplicaram-se as etapas da MCC e realizada as devidas análises para conclusão do artigo.

6. ANÁLISES E DISCUSSÕES

6.1 DESCRIÇÕES DA ATIVIDADE OPERACIONAL

O estudo será direcionado à etapa final da produção do seu principal produto, onde a empresa conta com um conjunto de máquinas interligadas trabalhando de forma dependente. As máquinas somente operam quando todas estão ligadas, ou seja, trabalha de forma contínua, esse conjunto é chamado de sistema principal.

O funcionamento da Indústria se dá em três turnos: manhã, tarde e noite. O setor de produção está sob responsabilidade do gerente industrial, do supervisor de produção e também um encarregado de produção para cada turno diferente.

A empresa possui uma equipe de manutenção composta por quatro mecânicos, os mesmos executam serviços variados relacionados à manutenção da fábrica. Os mecânicos são acionados sempre que há alguma quebra de equipamento, ou seja, não existe uma programação de manutenção das máquinas.

Para fim de análise, foram coletadas informações sobre as paradas das máquinas por motivos de quebra do sistema principal do período de 05/01/15 a 30/05/15. As informações coletadas podem ser observadas na figura 2.

Figura 2 – Descrição das falhas dos maquinários do sistema principal

Data	Hora de início (Quebra)	Final	Duração (horas)	Causa da Parada	Tempo até a próxima falha (em dias)	Capacidade perdida devido a ociosidade (Unidades)
08/01	08:55	11:20	2,41	Nippon quebrou o rolamento	18	1350
26/01	06:10	08:00	1,83	Tampa do misturador com vazamento	2	1100
28/01	06:50	07:25	0,58	Nippon furou a mangueira de ar	0	350
28/01	09:50	10:20	0,50	Nippon estava entupida com uma argola na rosca	5	300
02/02	07:50	09:55	2,08	Nippon quebrou o rolamento	3	1250
05/02	15:30	17:00	1,50	Nippon quebrou o rolamento	7	900
12/02	07:00	09:05	2,08	Nippon quebrou o rolamento	1	1250
13/02	04:40	08:10	3,50	Rosca do cimento entupiu com cimento empedrado	10	2100
23/02	09:45	10:00	0,25	Mangueira do misturador	24	150
19/03	08:55	10:35	1,66	Quebrou uma peça da válvula da balança	4	1000
23/03	06:00	07:05	1,08	Compressor da balança quebrou a correia	2	650
25/03	08:10	08:50	0,66	Rosca do cimento entupiu com cimento empedrado	1	400
26/03	08:00	10:00	2,00	Nippon Troca de rolamento	18	1200
13/04	08:05	08:40	0,58	Nippon com pedra na rosca	9	350
22/04	07:00	08:05	1,08	Rosca do cimento entupiu com cimento empedrado	2	650
24/04	07:30	11:15	3,75	Quebrou dois parafusos do motor da rosca do cimento	0	2450

Fonte: Elaborada pelos autores (2015)

As descrições das falhas foram elaboradas pelo encarregado da produção, já que o mesmo é responsável pelo preenchimento das fichas. Importante observar a diferença entre uma falha e outra, além do número de ocorrência de falhas por mês. As falhas mais longas durante o período ocorreram em fevereiro e abril, as duas falhas foram geradas em um mesmo equipamento, porém, com origens diferentes.

6.2 APLICAÇÃO DAS ETAPAS DO MCC

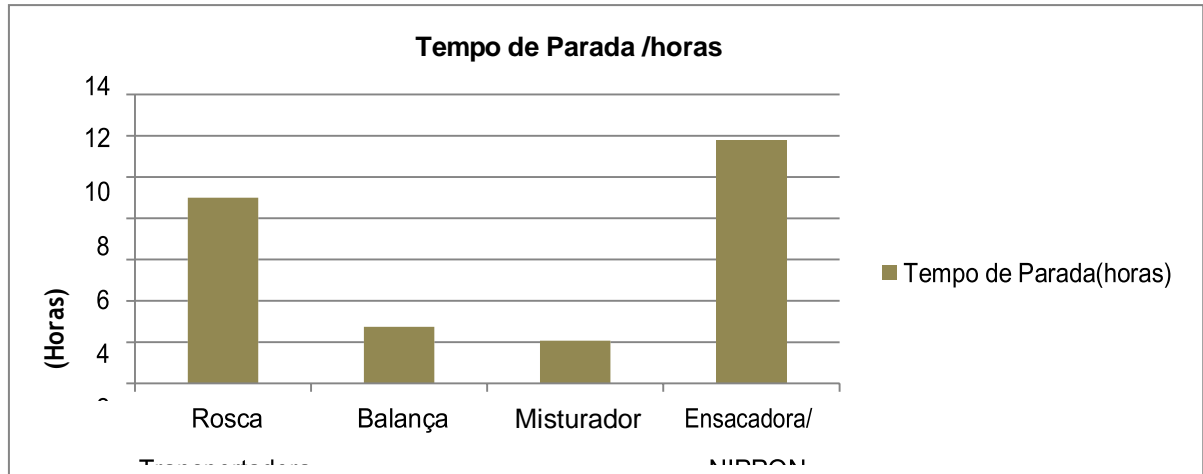
6.2.1 Etapa 1 - Cada item e sua definição no contexto operacional

Rosca transportadora, este equipamento é responsável pelo transporte de matéria-prima do silo para a balança, o equipamento é automatizado. Balança, equipamento que tem por finalidade fazer a pesagem de grandes quantidades de matéria-prima oriunda da rosca transportadora e também de uma esteira que transporta outro componente do produto. Misturador, o processo de mistura acontece neste equipamento, onde recebe da balança o material pesado. Ensacadora/NIPPON, este equipamento é composto de dois bocais de saída do material, além disso, é operado manualmente por no mínimo um operador em cada bocal.

6.2.2 Etapa 2 - Determinação das falhasfuncionais

Observa-se no gráfico 1 o número de horas paradas do sistema por motivos de quebra do maquinário, destacando – se com maior tempo a componente ensacadora/NIPPON.

Gráfico 1 – Tempo ocioso por máquina do período de 05/01 a 30/05/2015



Fonte: Elaborado pelos autores (2015)

Contudo, admitindo o tempo de falha distribuído exponencialmente e a confiabilidade de cada componente do sistema, destacou-se os componentes com maior taxa de falha dentro do período em estudo e também levou - se em consideração os menores intervalos de tempo para a máquina falhar novamente. Considerando 100 dias trabalhados no período com 9 horas/dia podem ser observadas as seguintes informações do quadro 1.

Quadro 1 – Análise do tempo de falha dos componentes do sistema

Componente	Número de falhas	Taxa de falha (λ)	Tempo médio entre falhas	Provável falha em 30 dias
Rosca transportadora	4	$4,4 \times 10^{-3}$ falha/hr	227 horas	0,79 falha
Balança	2	$2,2 \times 10^{-3}$ falha/dia	450 horas	0,37 falha
Misturador	2	$2,2 \times 10^{-3}$ falha/dia	450 horas	0,37 falha
Ensacadora/NIPPON	8	$8,8 \times 10^{-3}$ falha/dia	114 horas	1,58 falhas

Fonte: Adaptado de Raposo (2004)

6.2.3 Etapa 3 - Determinação das falhasfuncionais

Logo após aplicou-se a ferramenta *FMEA*, para determinar os modos e efeitos das falhas no intuito de observar o Número de Prioridade de Risco – RPN de cada falha. O estudo foi direcionado para os dois componentes com maior influência na parada do sistema. Na figura 3 pode ser observado decomposição das falhas.

Figura 3 – Análise dos modos e efeitos das falhas – *FMEA*.

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DAS FALHAS				
Item	Requisitos do processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade
Rosca transportadora	Transportar matéria-prima para balança.	Entupimento da rosca.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprometimento total do processo; • Risco de acidente pessoal. 	9
		Quebra de parafuso do motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamento de óleo; • Quebra de outros componentes; • Distúrbio no funcionamento normal do sistema. 	9
Ensacadora/ NIPPON	Ensacar material acabado.	Quebra do rolamento.	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena inconveniência no operador; • Desregulação da máquina. 	9
		Entupimento dos bocais.	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena inconveniência na operação. 	1

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DAS FALHAS (Continuação)					
Item	Causa/ Mecanismo potencial da falha	Ocorrência	Controles atuais do processo	Detecção	Número de Prioridade de Risco
Rosca transportadora	<ul style="list-style-type: none"> • Usar cimento empedrado. • Temperatura do ambiente 	5	Inspeção visual da matéria-prima.	4	180
	<ul style="list-style-type: none"> • Vibrações; • Sem manutenção; • Ambiente exposto à partículas de poeira 	1	Nenhum.	9	81
Ensacadora/ NIPPON	<ul style="list-style-type: none"> • Alta utilização • Sem programa de manutenção. 	7	Nenhum.	9	567
	<ul style="list-style-type: none"> • Usar cimento empedrado. 	2	Inspeção visual da matéria-prima.	2	4

Fonte: Adaptado de Carpinetti (2012)

No item rosca transportadora observa-se as duas falhas potenciais equivalentes à quebra dos parafusos do motor e o entupimento da rosca devido a utilização da matéria-prima cimento empedrado, tornando inviável a passagem pela rosca. Na causa da ruptura dos parafusos foram

observadas as vibrações do equipamento, a falta de manutenção e também pelo qual, o maquinário estar exposto constantemente a um ambiente com partículas de poeira. Contudo, existe apenas um controle atual utilizado que é a inspeção visual da matéria-prima.

No item ensacadora/NIPPON observam-se duas falhas potenciais, a quebra do rolamento e o entupimento do bocal com cimento empedrado que, conseqüentemente, causam inconveniência ao operador e a operação, e também pode causar a desregulagem da máquina, devido a troca constante do rolamento necessitando que a máquina seja aberta para troca e por se tratar de uma máquina de pesagem. As causas dessas falhas são oriundas da utilização frequente da máquina, porém, sem uma manutenção adequada. E outra causa é novamente a utilização de matéria-prima em condições inadequadas.

6.2.4 Etapa 4 - Diagrama de decisão para seleção de tarefa de manutenção

Baseado no estudo das etapas anteriores foi avaliado e elaborado com foco principal na prevenção, um plano estratégico de intervenção. No entanto, a especificação de um programa de manutenção corretiva não deverá ser descartada, pois se observa que alguns casos os custos de manutenção preventiva superam a uma simples correção da falha, ou seja, a utilização total até a quebra são menos dispendiosas do que a execução de manutenção preventiva. Portanto, baseado na Árvore de decisão e no diagrama de tarefas (ANEXO- 1) proposto por Smith (1992), tem-se a sugestão de atividades para cada modo de falha, tais descrições podem ser observadas na figura 4.

Figura 4 – Planilha de Seleção de Tarefas do Item Rosca do Motor Preenchida

PLANILHA DE SELEÇÃO DE TAREFA														
UNIDADE: SISTEMA FINAL DE PRODUÇÃO							SUBUNIDADE: PASSAGEM DA ROSCA/MOTOR							
COMPONENTE: ROSCA TRANSPORTADORA														
Falha Funcional	Modo de falha	E	S	O	C	1	2	3	4	5	6	7	Taref	
													Atividade	FREQ.
Sob pressão no motor.	Entupimento da Rosca.	S	N	S	B	S	S	S	N	-	S	-	1. Inspeção visual do material.	Dianamente
													2. Verificação das condições de força do motor.	2A
Parada do motor.	Quebra de parafuso do motor.	N	-	-	D/B	N	N	S	N	-	N	-	Corretiva.	-
													Lubrificação.	2M

Através da análise da falha de entupimento da rosca, auxiliado pela árvore lógica de decisão Anexo 1, proposto por Smith (1992), determinou-se que a falha está relacionada à operação, já a falha de quebra do parafuso é considerada uma falha oculta e também uma falha operacional. Na utilização

do diagrama de seleção de tarefas indicou que o entupimento da rosca poderá ser utilizado com a manutenção baseada no tempo. Já a quebra do parafuso foi determinado a utilização da manutenção corretiva. Porém, foram feitas as sugestões de manutenções preventivas para cada uma das falhas.

Nota-se que a utilização das ferramentas propostas por Smith (1992) foi aplicado somente a um componente, no entanto por ser tratar de um sistema interligado é necessário que o mesmo seja feito para as demais falhas e posteriormente realizados sua análises.

6.2.5 Etapa 5 – Plano de manutenção

Diante das análises realizadas nas etapas anteriores foi elaborado o plano de manutenção nos componentes: rosca transportadora e ensacadora/ NIPPON, destacados do sistema, levando em consideração elementos como custos, tempo, criticidade, além do *FMEA* e os diagramas. O planejamento pode ser observado na figura 5

Figura 5 – Planilha de tarefas de manutenção proposto

TAREFAS DE MANUTENÇÃO – MCC		
Componente	Tarefa	Frequência
Rosca Transportadora	1. Inspeção visual do material.	Diariamente.
	2. Verificação das condições internas do motor.	Mensalmente.
	4. Lubrificação.	Quinzenalmente.
Ensacadora/NIPPON	1. Análise interna do sistema com troca dos rolamentos desgastados.	Mensalmente.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015)

As periodicidades estimadas foram baseadas no senso e na experiência operacional do grupo de trabalho além do auxílio das ferramentas utilizadas nesse trabalho. Nessa perspectiva, a análise qualitativa das ferramentas foi determinante, pois nelas foram levados em consideração a criticidade de cada modo de falha e a intervenção de cada uma dessas falhas dentro do sistema.

Para algumas falhas foi determinada a manutenção corretiva, porém é necessário que haja um estoque de peças para a troca. Peças essas consideradas de custo baixo comparado a um plano de manutenção para o equipamento.

Para as falhas relacionadas à matéria-prima empedrada foi sugerida a inspeção diária do material, assim, observando os dias de maior probabilidade de parada, preparando a equipe de manutenção. No entanto, observa-se que é um período bastante considerável de parada da máquina devido a essa falha, comprometendo até mesmo a qualidade dos produtos, então sugere – se que seja implantado um plano estratégico de manutenção, envolvendo o processo de inspeção e armazenagem, ou até mesmo de fornecimento dessa matéria-prima.

7. CONCLUSÃO

O presente artigo realizou um estudo de caso numa Indústria de Rejuntas e Argamassas localizada no município de Teresina – PI fazendo o uso de dados secundários para a pesquisa, como já informado em seção anterior, foi possível, através das análises, identificar

que que a ferramenta MCC contribui para o planejamento da gestão estratégica da manutenção de operações e auxilia no processo de tomada de decisão o que corrobora com a afirmação de Otani e Machado (2008) de que a manutenção preditiva de maneira eficiente nos setores de produção juntamente com a manutenção detectiva e da engenharia de manutenção possibilita as empresas alcançarem seus objetivos estratégicos e melhor se prepararem para o mercado competitivo, servindo de alicerce para busca da excelência.

As limitações para o desenvolvimento da pesquisa se deram na escassez de referências de casos aplicados da ferramenta MCC, assim como o acesso as informações disponibilizadas pela empresa devido à falta de padronização e organização dos arquivos dificultando a localização do material necessário.

Estudos futuros podem ser feitos utilizando a técnica de MCC nos diversos níveis de tomadas de decisão das empresas (estratégico, tático e operacional), buscando identificar a influência desses níveis na elaboração e execução da técnica, assim como fazer comparativos com empresas que atuam num mesmo setor.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá, 2000 5p. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2012. 239p.

Dal-Farra, R. A., & Lopes, P. T. C. (2013). Métodos mistos de pesquisa em educação: Pressupostos teóricos. *Nuances: Estudos sobre Educação*, 24, 67-80.

FLEMING, P.V.; SILVA, M.F.; FRANÇA, S.R.R.O. **Aplicando manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em indústrias brasileiras: lições aprendidas**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19., 1999, Rio de Janeiro, Anais..., Rio de Janeiro: UFRG, 1999, 1 CD.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1 ed. Porto Alegre: Elsevier. 2009.

FORTE, Sérgio Henrique Arruda Cavalcante. Structure of a Scientific Article. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2015. Disponível em: <<http://www.unifor.br/>>. Acesso em: 10 abr.2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HITT, M.; IRELAND, R.; HOSKINSSON, R. **Administração Estratégica**. São Paulo: Thomson, 2001.

NOGUEIRA, C. F; GUIMARÃES, L. M; SILVA, M. D. B. **Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM)**. Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 175- 197, 2012. Editora UniBH. Disponível em:<www.unibh.br/revistas/exacta/>. Acesso em:26 abr.2015.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**, Florianópolis, 2001. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B. **Apostila do curso manutenção centrada em confiabilidade – DNV Principia**, Foz do Iguaçu, abr. 2001. 102p. Notas de aula. Impresso.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA EXCELÊNCIA OU CLASSE MUNDIAL. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 02, p. 01-16, 2008.

PINTO, R. G.; LIMA, C. R. C. **Reflexões sobre a integração do RCM em um ambiente de TPM**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13. 2006, Bauru. Anais... Bauru: SIMPEP, 2006.

RAPOSO, J. L. O. **Manutenção centrada na confiabilidade aplicada a sistemas elétricos; Uma proposta para o uso de análise de risco no diagrama de decisão**. 03/12/2004. 134f. Dissertação – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2005.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: Manual de Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.

SMITH, A. M. Reliability-centered maintenance. California-USA: McGraw-Hill, 1992.

SOUZA, R. D. **Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade**: estudo de caso MRS logística. 1 ed. Juiz de Fora – MG. 42 p. 2008.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Ouro Preto, MG – Brasil. Outubro 2013.

STYHRE, Alexander. The nomadic organization: The postmodern organization of becoming. *Tamara Journal for Critical Organization Inquiry*, vol. 1. n. 4. 2001.

TATSCH, D. M. **Metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade Aplicada em uma Máquina de Montar Pneus**. 2010. 30 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

XAVIER, Julio Nascif. **Manutenção Preditiva Caminho para a excelência**. Disponível em: http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip, 2005. Acesso em 28 Abr. 2016.