

Utilização da manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em embaladora à vácuo de alimentos

Reliability-maintenance maintenance (RMC) using in food vacuum packaging

Article Info:

Article history: Received 2021-02-22 / Accepted 2021-04-06 / Available online 2021-04-06

doi: 10.18540/jcecv17iss2pp12021-01-14e

Lucas Benini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5850-1399>

Departamento de Engenharia Mecânica, TEM - Universidade Federal Fluminense, UFF, Brasil

E-mail: lucasbenini@id.uff.br

Alexandre Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0146-896X>

Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, DEP - Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil

UFV, Brasil

E-mail: alexanddr@hotmail.com

Resumo

A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) trata-se de uma abordagem que tem foco na prevenção de falhas, cujas consequências geram problemas de maior gravidade. Esse método tem sido empregado na gestão da manutenção em diversos setores industriais. No setor alimentício, as embaladoras a vácuo têm um papel de extrema importância no processo produtivo, pois garantem a selagem e conservação dos produtos. Na empresa avaliada, as embaladoras a vácuo apresentam acentuado histórico de falhas, revelando que a atual metodologia de manutenção não atende as condições esperadas para estes equipamentos. O objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia de manutenção centrada na confiabilidade em embaladoras a vácuo de uma empresa do setor alimentício, visando melhorar os índices de confiabilidade, de disponibilidade e os custos. Para tanto, os passos metodológicos seguiram o seguinte desdobramento: (i) seleção do sistema e coleta de informações, (ii) análise dos modos e efeitos de falha (iii) seleção de funções significantes (iv) avaliação de atividades aplicáveis (v) avaliação de efetividade das atividades. A aplicação da manutenção centrada na confiabilidade permitiu aplicar melhorias em exploração da função da máquina, uso do histórico do setor, conhecimento das falhas e aumentou o índice de confiabilidade e disponibilidade. Os custos de manutenção foram diminuídos em torno de 55%.

Palavras-chave: Manutenção. Confiabilidade. Redução de falhas. Redução de custos. Indústria de alimentos.

Abstract

Reliability-centered maintenance (RCM) is an approach that focuses on failure prevention, its consequences generate more serious problems. This RCM method has been used in the management of maintenance in several industrial sectors. In the food sector, vacuum packaging machines play an extremely important role in the production process, as they guarantee the sealing and conservation of products. In this study, vacuum packers have a long history of failures in the company, revealing that the current maintenance methodology does not meet the conditions expected for this equipment. The objective of this work is to apply the RCM methodology in a vacuum packaging machines of a company in the food sector, aiming to improve the reliability, availability and costs. The methodological steps followed the following breakdown: (i) system selection and information collection, (ii) analysis of failure modes and effects (iii) selection of significant functions (iv) evaluation of applicable activities (v) evaluation effectiveness of activities. The application of maintenance centered on reliability allowed improvements to be made in the

machine's function exploration, in the use of the sector's history, in the knowledge of failures and to increase the reliability and availability index. Maintenance costs were reduced by around 55%.

Keywords: Maintenance. Reliability. Failure reduction. Cost reduction. Food industry.

1. Introdução

A competitividade e as constantes mudanças na economia impõem às empresas reduzir seus custos e atuar de forma responsável em relação à segurança e ao meio ambiente, o que é um desafio para o setor de manutenção (Bandeira *et al.*, 2016). Por este motivo, os gestores da manutenção devem considerar a visão estratégica da empresa ao selecionar metodologias de manutenção que atendam a esse desafio (Silva, 2004). As práticas desenvolvidas na gestão da manutenção têm sido motivadas pela busca da excelência e redução dos custos operacionais, onde o aumento da confiabilidade de equipamentos é obrigatório nos meios de manufatura (Caiado *et al.*, 2015).

Dentre as metodologias empregadas na gestão da manutenção, as mais utilizadas são a manutenção produtiva total TPM (*Total Productive Maintenance*) e a manutenção centrada na confiabilidade MCC (ou *Reability Centered Maintanance*, RCM) (Baran, 2011). A MCC é baseada nas normas SAE JA10 11 (1999) e IEC 60300-3-11 (1999) e considera dados estatísticos e o histórico de manutenção para atingir resultados satisfatórios. O principal objetivo da MCC é criar rotinas estratégicas de manutenção que assegurem que os equipamentos continuarão desempenhando suas funções pré-determinadas da forma mais econômica possível na planta industrial (Wilmeth e Ursey, 2000; Fogliatto e Ribeiro, 2009; Mendes, 2011).

A MCC tem sido abordada em diversos trabalhos: Flemming (1999) discorreu sobre a MCC em 6 casos nas indústrias de siderurgia, *offshore* e petroquímica; Lucatelli (2002) empregou a MCC em equipamentos médicos hospitalares; Sellitto *et al.* (2002) aplicaram a MCC no desenvolvimento de uma metodologia para gerenciamento de risco, a qual foi aplicada em um ônibus urbano; Alkaim (2003) propôs a utilização da MMC em equipamentos sistemas elétricos; Silva (2004) utilizou a MMC no setor de pintura de uma montadora automobilística; Baran (2011) utilizou o MCC em um desbobinador de alumínio de um processo industrial de laminação; Mendes (2011) aplicou a MCC em uma multinacional no setor de tintas e corantes; Caiado *et al.* (2015) empregaram a MCC em uma ferramenta de perfuração utilizada no setor de óleo e gás; Cerveira e Sellitto (2015) aplicaram a MCC em um forno elétrico a indução em uma fundição de aços especiais; Pereira (2015) fez uso da MCC em uma embaladora automática de refrescos (30 g); Bandeira *et al.* (2016) empregaram o MCC em um sistema de refrigeração à base de água de um *shopping center*; Rosa (2016) utilizou a MCC em equipamentos transportadores utilizados na montagem em uma linha de produção automotiva; Amaral (2017) utilizou a MCC para a manutenção de navios; Silva (2018) aplicou o MCC em um equipamento de moer de grãos; Araldi (2019) empregou a MCC em um centro de usinagem comandado numericamente.

Apesar de vários trabalhos reportados na literatura, poucos são aqueles onde a MCC é utilizada no setor de alimentos. Belinelli (2015) destaca que a ocorrência de falhas em equipamentos e máquinas de um processo produtivo de alimentos pode acarretar prejuízos para a indústria de alimentos, pois estas falhas podem causar contaminação por resíduos químicos, físicos ou biológicos. Por este motivo, indústrias do setor alimentício devem buscar excelência na gestão da manutenção do seu maquinário, pois as consequências de falhas podem ser desde atrasos na entrega de produtos até o impacto negativo da imagem pública da empresa, devido a contaminação acidental do produto. Dentre os vários equipamentos utilizados em linhas de produção de alimentos destaca-se a embaladora do tipo à vácuo, que deve possuir uma elevada confiabilidade e garantir segurança sanitária aos produtos.

A empresa analisada neste trabalho possui um *mix* de 72 produtos alimentícios, sendo que o histórico de falhas revela que há deficiências no processo de embalagem de um de seus principais produtos. Estas deficiências são originadas principalmente por uma manutenção deficiente e que prejudica os resultados da empresa. A embaladora à vácuo é utilizada na embalagem de um produto

que foi responsável por cerca de 25% do faturamento da empresa em 2019. Essa embaladora apresentou 27 falhas ao longo de 2019, ocasionando um tempo de parada de máquina em torno de 50 horas mensais em média. Por se tornar um gargalo na linha de produção, as ações para reduzir esses indicadores são obrigatórias diante da constante busca por redução de custos e otimização de processos na indústria alimentícia. As embaladoras à vácuo, além de garantirem a selagem e conservação do produto exigida pela legislação, são responsáveis pela embalagem final e apresentação do produto, atuando como parte intrínseca do *marketing* do produto final, ao considerar a sua apresentação para os clientes em pontos de vendas e gôndolas de mercados.

O objetivo deste trabalho é aplicar os princípios de manutenção centrada na confiabilidade (MCC) em uma embaladora a vácuo na linha de produção de uma empresa do setor alimentício, visando reduzir os custos com trocas de componentes, elevar a confiabilidade e disponibilidade da máquina e reduzir as perdas no processo de embalagem para a empresa.

2. Manutenção centrada na confiabilidade (MCC)

A MCC é uma metodologia de manutenção que reúne diferentes técnicas de engenharia para estudar um equipamento em detalhes. Por meio dela, é analisado como a máquina pode falhar e, é definido a estratégia de manutenção mais eficaz, incluído ações corretivas, preventivas, preditiva, que quando executadas, irão reduzir a probabilidade de falhas em um equipamento, bem como seus custos de manutenção, tendo como principal objetivo que as máquinas realizem suas funções especificadas (Kardec e Nascif, 2009).

O diferencial da MCC em relação as demais metodologias de manutenção é a sua normatização, através da norma SAE JA 1011 (1999) e IEC 60300-3-11 (1999) que tratam todos requisitos para implantação desse método. O objetivo dessa metodologia é a redução do custo do ciclo de vida do ativo aplicando cada tipo de manutenção nos componentes do ativo de maneira estruturada. A Tab. 1 compara as características da MMC com a manutenção tradicional.

Tabela 1 – Comparação da manutenção tradicional com a MCC (Siqueira, 2014).

Característica	Manutenção tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar função
Atividades de manutenção	Definidas com base no que pode ser feito	Definidas com base no que deve ser feito
Dados históricos	Pouca ênfase	Muita ênfase
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do equipamento	Consequências das falhas

O processo de implantação da MCC na manutenção de um equipamento ou sistema pode ser resumido em sete etapas (Moubray, 1997; Siqueira, 2009; Smith e Hinchcliffe, 2004; Siqueira 2014):

- Etapa 1: Seleção do Sistema e Coleta de informação;
- Etapa 2: Análise dos Modos e Efeitos de Falha;
- Etapa 3: Seleção de Funções Significantes;
- Etapa 4: Avaliação de Atividade Aplicável;
- Etapa 5: Avaliação de Efetividade das Atividades;
- Etapa 6: Seleção de Atividade Aplicáveis e Efetivas;
- Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

Destaca-se que que as Etapas 4, 5 e 6 podem ser condensadas em uma única etapa (que foi o caso deste trabalho).

3. Procedimentos Metodológicos

Este trabalho foi efetuado em uma unidade de uma empresa do setor alimentício localizada em Minas Gerais. Nesta unidade, que possui um *mix* de 72 produtos, o produto determinado para aplicação da metodologia MCC na linha de produção representa em torno de 25% do faturamento e atende tanto o mercado interno quanto o externo. Para o estudo, os dados referentes aos planos de manutenção e custos foram coletados do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa. Para a aplicação da MCC na embaladora à vácuo foi designada uma equipe interdisciplinar, composta por três colaboradores do setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), Supervisão e Engenharia de Manutenção da unidade. Deve-se destacar que atualmente a manutenção das máquinas é, em grande parte, baseada na manutenção preventiva.

No contexto desta unidade, a manutenção considera somente a experiência dos profissionais da área e fatores como o tempo de uso e o ambiente em que a máquina está alocada não são observados. A aplicação da MCC na embaladora a vácuo de alimentos seguiu as etapas descritas recomendadas na seção 2. A Fig. 1 representa esquematicamente os desdobramentos da metodologia aplicada neste trabalho.

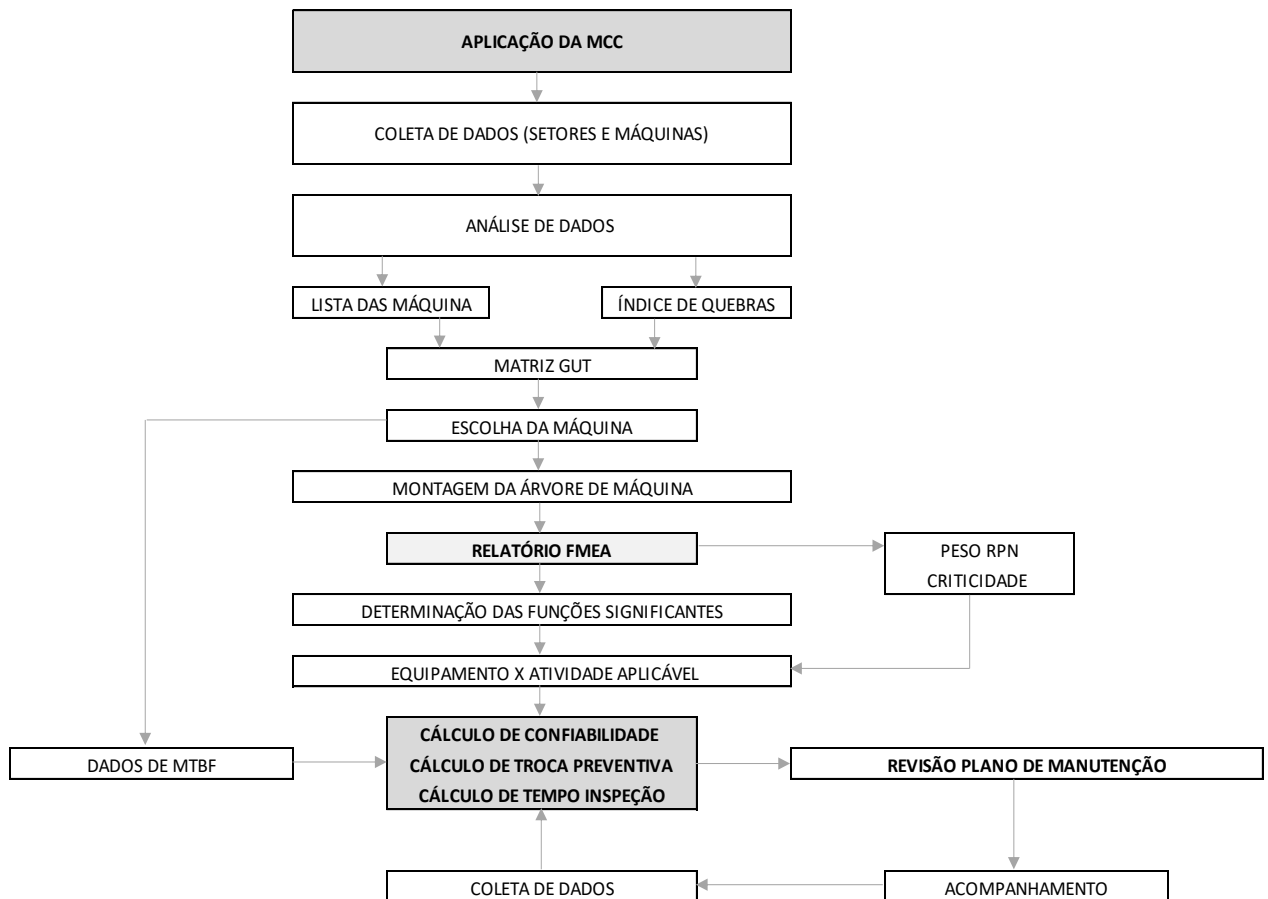


Figura 1 – Metodologia de aplicação da MCC na embaladora à vácuo.

3.1 Seleção do sistema e coleta de informações

A seleção do equipamento analisado levou em consideração o número de paradas de máquinas da linha de produção mais produtiva da empresa. Inicialmente nesta linha foi definido o grupo de equipamentos críticos e utilizada a ferramenta de gestão denominada matriz GUT. A matriz GUT, sigla para Gravidade, Urgência e Tendência, é uma ferramenta de gestão utilizada para priorização de tarefas. Ao identificar a urgência, a gravidade e a tendência de comportamento de cada problema na empresa, ajuda o administrador a decidir quanto ao que fazer primeiro (Correia Júnior, 2016). A

Tab. 2 apresenta as ponderações da matriz GUT que demonstra a embaladora à vácuo como o equipamento mais crítico segundo a matriz.

Tabela 2 – Pontuação GUT dos equipamentos.

Máquina	Nº de falhas	G	U	T	Pontuação GUT
Embaladora à vácuo A	27	4	4	2	32
Depiladeira B	23	5	3	2	30
Depiladeira A	15	5	3	2	30
Tanque de resfriamento	14	5	4	1	20
Embaladora à vácuo B	17	4	4	1	16
Misturadeira	14	5	3	1	15
Embutideira A	47	2	3	2	12
Emulsificador	20	5	1	2	10
Embutideira C	56	3	3	1	9
Ensacadora	13	2	2	2	8
Transportador	9	4	2	1	8
Embutideira B	72	2	3	1	6

Em seguida, foi efetuada a coleta de informações do sistema. A máquina em questão é uma embaladora a vácuo, responsável por vedar os pacotes por meio de termo fusão. Uma esteira leva os pacotes carregados para dentro da câmara de vácuo e selagem. Com os pacotes sob a câmara, os atuadores pneumáticos descem a tampa até fechá-la, e inicia-se a retirada de ar através de um conjunto de bomba à vácuo. Posteriormente, resistência elétrica são ligadas por poucos segundos, fundindo o plástico e selando o produto. Por fim, uma pequena válvula de alívio libera a entrada do ar atmosférico, abrindo a tampa e fazendo a esteira descarregar o pacote de produto selados e iniciando um novo ciclo. A Fig. 2 esquematiza o diagrama organizacional da máquina, que foi dividida em três conjuntos, subdivididos em equipamentos, bem como a embaladora a vácuo.

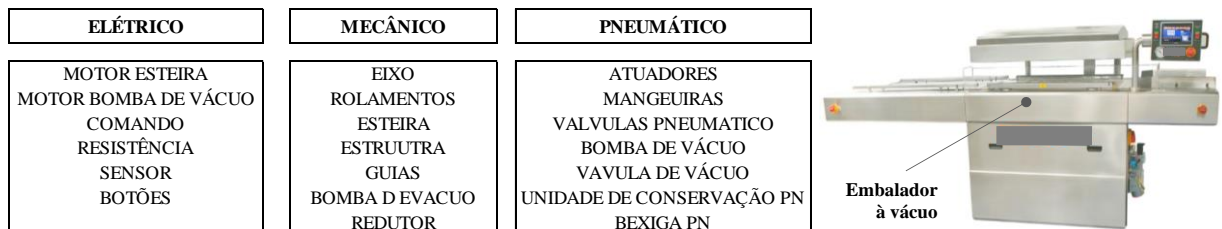


Figura 2 – Diagrama organizacional da máquina: conjuntos e equipamentos da embaladora à vácuo.

3.2 Análise dos modos e efeitos de falha

Nessa etapa foi aplicada a ferramenta de análise FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). A Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. O FMEA é um documento onde se segue uma sequência de passos lógicos: divisão da máquina em conjuntos e componentes, identificando suas funções; identificação das falhas, traçando o efeito dessa falha e suas causas; avaliação de risco caso a falha ocorra (Moubray, 1999). Com base na divisão da máquina (Fig. 3), foram definidas as funções de cada equipamento dos subconjuntos, e definidas suas possíveis falhas e os efeitos que estas podem gerar. Por fim, foram determinadas as possíveis causas dessas falhas e quais seus riscos. O preenchimento do FMEA foi efetuado por uma equipe de três colaboradores. As Tab. 3 apresenta o excerto do relatório do FMEA correspondente ao conjunto elétrico.

Tabela 3 – Excerto do relatório do FMEA do conjunto elétrico da embaladora à vácuo.

SISTEMA:		local		DATA EXECUÇÃO:		data		Função da Máquina:											
EQUIPE:		Colaborador 1, Colaborador 2 e Colaborador 3		VERSÃO:															
PONTO DE FALHA			ANÁLISE DA FALHA				AVALIAÇÃO DE RISCO				MATRIZ DE CRITICIDADE								
CONJUNTO	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO	COMPONENTES	MODO DE FALHA	EFEITO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	OCORRÊNCIA	SEVERIDADE	DETECÇÃO	RPN	PESO RPN	Produção (MP)	Custo manu. (NC)	Qualidade (NO)	Segurança (NS)	Back-up (NB)	CRITICIDADE		
ELÉTRICO	MOTOR DA ESTEIRA	Movimentar a esteira principal	Rolamento	Ruído	travamento	desgaste	4	8	6	192	43%	1	3	2	2	2	24	##	
			Tampa	tríca	quebra	desbalanciamento	2	6	7	84	19%								
			Eixo	vibração	quebra	desalinhamento	4	7	5	140	31%								
	MOTOR DA BOMBA DE VÁCUO	Movimentar conjunto da bomba de vacuo	Ventilador	aquecimento	curto-circuito	quebra das pás da hélice	2	5	6	60	13%	2	3	3	3	2	108	##	
			Eixo	vibração	quebra	sobre carga	1	7	5	35	8%								
			Rolamentos	ruído	travamento	desgaste	2	6	5	60	13%								
	COMANDO	Distribuir Energia e controlar a máquina	Aquecimento	Engrenagem de corrente	deteriorização dos dentes	perda de tração	falta de lubrificante	4	8	4	128	29%	2	2	3	2	2	96	##
				corrente	folga	quebra	falta de tensionamento	4	8	3	96	21%							
				Disjuntor															
				Contator															
	RESISTÊNCIA	Selar o pacote por termofusão	Resistência	Não aquece	Não sela o pacote	Quebra	Queima	8	7	8	448	###	1	3	1	3	2	18	##
	SENSOR	Identificar posições na máquina	Sensor	Não liga	Não comuta	Queima	4	5	7	140	31%	3	3	3	3	2	162	##	

3.3 Seleção das funções significantes

Na terceira etapa, foram avaliadas quais das funções dos componentes descritas no FMEA serão abordadas pelo MCC. A Tab. 4 apresenta a classificação das funções significantes, classificadas de acordo com os critérios mostrados descritos por Siqueira (2014), que afirma que uma função considerada significativa deverá ser tratada se ela já tem uma atividade de manutenção, ou se ela afeta a segurança, meio ambiente, operação ou economia do processo.

Tabela 4 – Classificação das funções significantes dos componentes da embaladora à vácuo.

CONJUNTO	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	Perda da função tem efeito na segurança ou meio ambiente?	Perda da função tem efeito na operação?	Perda da função tem efeito na economia do processo?	A função já tem terefa de manutenção?	RESULTADO
Eétrico	MOTOR DA ESTEIRA	Movimentar a esteira principal	N	S	N	S	SIGNIFICANTE
	MOTOR DA BOMBA DE VÁCUO	Movimentar conjunto da bomba de vácuo	N	S	N	N	SIGNIFICANTE
	COMANDO	Distribuir energia e controlar a máquina	N	S	N	N	SIGNIFICANTE
	RESISTÊNCIA	Selar o pacote por termofusão	N	S	N	S	SIGNIFICANTE
	SENSOR	Identificar posições na máquina	N	N	N	N	NÃO SIGNIFICANTE
Mecânico	EIXO	Transmissão de rotação	N	N	N	N	NÃO SIGNIFICANTE
	ROLAMENTOS	Centrar o eixo e permitir rotação	N	N	N	S	SIGNIFICANTE
	ESTEIRA	Transportar o produto ao longo da máquina	N	S	N	S	SIGNIFICANTE
	GUIAS	Manter alinhamento entre partes	N	N	N	N	NÃO SIGNIFICANTE
	BOMBA DE VÁCUO	Gerar vácuo na câmara de selagem	N	S	N	S	SIGNIFICANTE
Pneumático	REDUTOR	Movimentar a esteira principal	N	S	N	S	SIGNIFICANTE
	ATUADOR	Transmissão de rotação	N	N	N	S	SIGNIFICANTE
	MANGUEIRAS	Centrar o eixo e permitir rotação	N	N	N	N	NÃO SIGNIFICANTE
	VÁLVULA DE VÁCUO	Gerar vacuo na câmara de selagem	N	S	N	S	SIGNIFICANTE
	UNIDADE DE BEXIGA DE SOLDA	Movimentar a esteira principal	N	N	N	N	NÃO SIGNIFICANTE

3.4 Avaliação de atividade aplicável

Nesta etapa são definidos os tipos de manutenção aplicável para cada função significativa do equipamento. A definição do tipo de manutenção foi baseada nos critérios apresentados na Tab. 5.

Tabela 5 – Seleção da Atividade Aplicável (adaptado de Teles, 2017).

Criticidade do ativo	RPN < 65%	RPN de 30 a 64,9%	RPN de 15 a 29,9%	RPN < 14,9%
A	Monitoramento <i>on-line</i> , Preditiva, Inspeção	Preditiva, Inspeção	Preventiva	Corretiva
B	Preditiva, Inspeção	Inspeção	Preventiva	Corretiva
C	Preventiva	Corretiva	Corretiva	Corretiva

Para tanto, o RPN, a criticidade e a relevância de cada equipamento foram ponderados, resultando o tipo de manutenção indicada. Para a elaboração da matriz de criticidade dos equipamentos da máquina empregou-se a Eq. 1 (Teles, 2017):

$$\text{Criticidade} = NP \times NC \times NQ \times NS \times NB \quad (1)$$

onde NP é o critério de produção, NC é o critério de custo de manutenção, NQ é o critério de qualidade, NS é o critério de segurança e meio ambiente e NB é o critério de *Back-Up*; sendo que todos variam entre 0 e 3. De acordo com o resultado da Eq. 1, atribui-se um nível de criticidade, conforme Teles (2017), que classifica o nível de criticidade de acordo com a nota: de 0 a 55 como “Alta criticidade (A)”, de 56 a 161 como “Média criticidade (B)” e de 162 a 243 de “Baixa criticidade (C)”. Posteriormente cruzam-se os resultados RPN com o nível de criticidade dos equipamentos para selecionar o tipo de manutenção mais adequado para manter o ativo na sua função específica, conforme a Tab. 6.

Tabela 6 – Tipo de manutenção aplicável para cada componentes da embaladora à vácuo.

CONJUNTO	EQUIPAMENTO	PESO RPN	CRITICIDADE	RELEVÂNCIA	ATIVIDADE APLICÁVEL
Elétrico	MOTOR DA ESTEIRA	43%	A	SIGNIFICANTE	Manutenção Preditiva, Inspeção
	MOTOR DA BOMBA DE	29%	B	SIGNIFICANTE	Manutenção Preventiva
	COMANDO	7%	B	SIGNIFICANTE	Manutenção Corretiva
	RESISTÊNCIA	100%	A	SIGNIFICANTE	Monitor. <i>On-line</i> , Manutenção Preditiva, Inspeção
	SENSOR	31%	C	NAO SIGNIFICANTE	N/A
Mecânico	EIXO	5%	B	NAO SIGNIFICANTE	N/A
	ROLAMENTOS	22%	B	SIGNIFICANTE	Manutenção Preventiva
	ESTEIRA	5%	A	SIGNIFICANTE	Manutenção Corretiva
	GUIAS	0,4%	C	NAO SIGNIFICANTE	N/A
	BOMBA DE VÁCUO	63%	B	SIGNIFICANTE	Manutenção Preditiva, Inspeção
Pneumático	REDUTOR	25%	B	SIGNIFICANTE	Manutenção Preventiva
	ATUADOR	7%	B	SIGNIFICANTE	Manutenção Corretiva
	MANGUEIRAS	1%	C	NAO SIGNIFICANTE	N/A
	VÁLVULA DE VÁCUO	63%	A	SIGNIFICANTE	Manutenção Preditiva, Inspeção
	UNIDADE DE	1%	C	NAO SIGNIFICANTE	N/A
	BEXIGA DE SOLDA	71%	A	SIGNIFICANTE	Monitor. <i>On-line</i> , Manutenção Preditiva, Inspeção

3.5 Definição da periodicidade das atividades

Nesta última etapa foi definida a periodicidades de manutenção das atividades utilizando-se dos os valores do tempo médio entre falhas (MTBF) do componente da máquina estudada (Eq. 2), que corresponde ao tempo de funcionamento de um componente até que a falha ocorra (Drumond, 2004).

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{Tempo em bom funcionamento}}{\text{Número de falhas}} \quad (2)$$

onde MTBF é o tempo médio entre falhas [h]. A análise no número de paradas da máquina foi baseada nos dados coletados do histórico de paradas de máquina do período de fevereiro até novembro de 2019. Os dados de parada foram classificados em duas categorias: motivo da parada e tempo de parada (tempo que ficou inoperante na linha de produção). A Tab. 7 apresenta os MTBF em relação ao motivo da parada de máquina.

Tabela 7 – Classificação das funções significantes dos componentes da embaladora à vácuo.

Tempo de bom funcionamento [h]	7.975,0	
MOTIVO	Nº de paradas	MTBF [h]
Vácuo	8	996,9
Resistência	10	797,5
Redutor	6	1329,2
Válvulas	3	2.658,3

Com base nos resultados do MTBF (Tab. 7) foi calculada a confiabilidade para cada equipamento ligado a um motivo específico $R(t)$ (Eq. 3). A taxa de falhas λ foi dada pela Eq. (4) e o tempo futuro t é empregado para estimar os tempos de trocas preventivas dos componentes, dado pela Eq. (5).

$$R(t) = e^{-\lambda.t} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (4)$$

$$t = \ln(R) / -\lambda \quad (5)$$

onde $R(t)$ é a confiabilidade [h], λ é a taxa de falhas [%] e t corresponde ao tempo de trocas preventivas [h]. Esses resultados, juntamente com a confiabilidade desejada de 85% (estipulada como objetivo deste trabalho) foram considerados para o cálculo do tempo futuro (Eq. 5), que foi usado para estimar os tempos de troca preventivas dos componentes, que resultou em 162 h (sendo que a taxa entre falhas foi de $\lambda = 0,00100$). Com os resultados de MTBF, confiabilidade e tempo futuro relacionado a cada motivo de falha da máquina, usou-se a frequência de inspeção (70% do valor de MTBF) e as substituições de peças em preventivas (Eq. 6), para estabelecer os tempos de inspeção e as trocas de componentes que foram utilizadas na atualização do plano de manutenção da máquina (Tab. 8).

$$Ft = 0,85 \times \text{confiabilidade do componente} \quad (6)$$

onde Ft é o tempo de substituições de peças em manutenções preventivas [h].

Tabela 8 – Tempos das atividades de manutenção.

Tempo total no ano [h]			Confiabilidade [h]	Preventiva [h]	Inspeção [h]
Tempo de Funcionamento [h]					
MOTIVO	Nº PARADAS	MTBF [h]	R(T) = 85 %	0,85*conf.	MTBF*0,7
Vácuo	8	996,9	162,0	137,7	697,8
Resistência	10	797,5	129,6	110,2	558,3
Redutor	6	1.329,2	216,0	183,6	930,4
Válvulas	3	2.658,3	432,0	367,2	1.860,8

Com atividades de manutenção anteriormente levantadas e categorizadas como relevantes, definida a melhor estratégia com as atividades aplicáveis, sumarizou-se os tempos estipulados de cada atividade na Tab. 9, denominada periodicidade das atividades. Cada equipamento possui uma determinada atividade aplicável, tempo de inspeção, recomendação de ação preditiva e horas de trocas de componentes em preventivas devidamente dimensionados.

Tabela 9 – Periodicidade das atividades.

CONJUNTO	EQUIPAMENTO	ATIVIDADE APLICÁVEL	Inspeção [h]	Preditiva (Ação)	Preventiva [h]
Elétrico	MOTOR DA ESTEIRA	Manut. Preditiva, Inspeção	930,4	Vibração; Amperagem	183,6
	MOTOR DA BOMBA DE VÁCUO	Manutenção Preventiva	-----	-----	137,7
	RESISTÊNCIA	Monitor. <i>On-line</i> , Manut. preditiva, Inspeção	558,3	Termografia; Amperagem	110,2
Mecânico	ROLAMENTOS	Mantenção Preventiva	-----	-----	183,6
	BOMBA DE VÁCUO	Manut. Preditiva, Inspeção	697,8	Vibração; Termografia	-----
	REDUTOR	Mantenção Preventiva	-----	-----	183,6
Pneumático	VALVULA DE VÁCUO	Manut. Preditiva, Inspeção	1860,8	-----	367,2
	BEXIGA DE SOLDA	Monitor. <i>On-line</i> , Manut. preditiva, Inspeção	558,3	-----	-----

4. Resultados e discussão

Inicialmente são mostrados os resultados no período anterior a aplicação da MCC, de fevereiro a novembro de 2019, denominado PRÉ-MCC e posteriormente são abordados os resultados após a aplicação da MCC, de dezembro de 2019 em diante, denominados PÓS-MCC.

4.1 Resultados período PRÉ-MCC

A Fig. 3 mostra os resultados da confiabilidade e da disponibilidade da máquina ao longo do período PRÉ-MCC. Observa-se que a confiabilidade da máquina ao longo do período avaliado está abaixo de 60%, com os índices mais baixos entre os meses de maio e agosto de 2019. Estes resultados de confiabilidade são evidenciados pelos índices de tempo médio entre falhas (MTBF), que demonstraram o número de paradas da máquina. Se observa na Fig. 3, em relação a disponibilidade, que somente nos meses de janeiro, de março e de setembro de 2019 o índice de disponibilidade esteve acima de 90%. Considerando os resultados da Fig. 3, com índices de confiabilidade e de disponibilidade (na maior parte dos meses) abaixo de 60% no período PRÉ-MCC, pode-se constatar que o plano de manutenção utilizado não é compatível com os índices esperados para máquinas do setor alimentício.

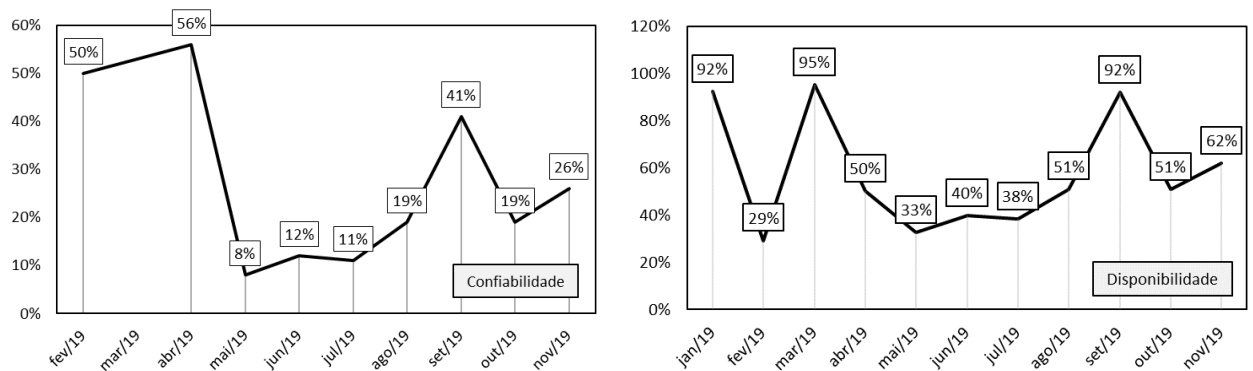


Figura 3 – Confiabilidade e disponibilidade da embaladora à vácuo – período PRÉ-MCC.

O plano de manutenção PRÉ-MCC da empresa tratava-se somente de manutenções preventivas. Na Fig. 4 está um excerto da lista de tarefas do plano de manutenção preventiva – onde se observa, no destaque desta figura, as peças que deverão ser trocadas – e um excerto do calendário de trocas das peças do plano de manutenção PRÉ-MCC, que expressa o tempo de troca em semanas.

Equipam. SELADORA				GrpLisTar. - PR - MECANICA		NumGrpRot 1
Síntese geral de operações						
Oper	Sb...	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição operação	
0010	MECAN	FABR	PM01		TR. ROL. MOTOR - ESTEIRA	
0020	MECAN	FABR	PM01		TR. ROL. MOTOR - ACELERADOR DE VACUO	
0050	MECAN	FABR	PM01		TR. ROL./RET. - REDUTOR - ESTEIRA	
0060	MECAN	FABR	PM01		TR. ROL./RET. - ACELERADOR VACUO	
0070	MECAN	FABR	PM01		TR. ROL. MANCAL LADO LA - ESTEIRA	

SELADORA		- PR - MECANICA		NumGrpRot 1									
Operação pacotes manut.													
Op.	Descrição operação	1	2	4	8	12	17	26	34	51	2A	3A	1D
	TR. ROL. MOTOR - ESTEIRA												
	TR. ROL. MOTOR - ACELERADOR DE VACUO												
	TR. ROL./RET. - REDUTOR - ESTEIRA												
	TR. ROL./RET. - ACELERADOR VACUO												
	TR. ROL. MANCAL LADO LA - ESTEIRA												
	TR. ROL. MANCAL LADO LL - ESTEIRA												
	TR. GUARNICAO DA TAMPA												
	TR. REPARO DO CILINDRO ELEVACAO TAMPA												
	TR. ROL. DA ROLDANA EXO ELEVACAO TAMPA												
	TR. 4 GUARNICÕES DA BARRA DE SOLDA												

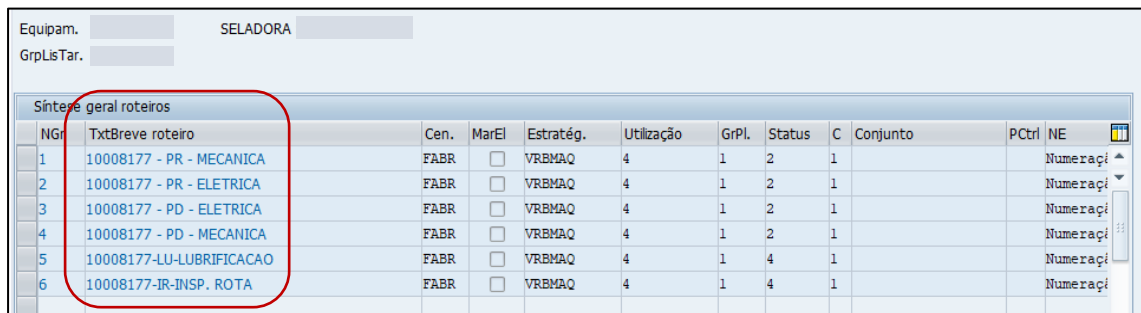
Figura 4 – Excerto da lista de tarefas (direita) e excerto do calendário de trocas (esquerda): plano de manutenção PRÉ-MCC.

Pode-se constatar que na lista de tarefas (Fig. 4) o plano de manutenção não está tratando as falhas da máquina. Atrelado a lista de tarefas, têm-se o calendário de trocas em relação a semana do ano. Observa-se nesse plano que a execução das operações de manutenção está concentrada nas semanas 12, 26 e 51 (destaque do calendário de trocas, Fig. 4). Conforme os resultados de disponibilidade da máquina (Fig. 3) a execução de todas as operações de manutenção não deve

ocorrer desta forma, concentradas em 3 momentos, e sim baseadas nos índices de disponibilidade. De acordo com o histórico de quebras da embaladora à vácuo no período PRÉ-MCC, no ano de 2019 a embaladora à vácuo falhou 27 vezes, ocasionando um custo total de manutenção de R\$107.855,00, ficando mais de 650 h sem produzir, em virtude de paradas não programadas, com perdas por lucro cessante estimado em mais de R\$ 4.000.000,00.

4.2 Resultados período PÓS-MCC

Após a análise dos indicadores e dados do período PRÉ-MCC, onde as atividades se resumiam em manutenção preventiva mecânica, foi elaborado o novo plano de manutenção com base na metodologia MCC. A Fig. 5 apresenta um excerto do plano de manutenção PÓS-MCC. Foram criadas e otimizadas atividades de manutenção preventiva mecânica, elétrica, preditiva mecânica, elétrica, de lubrificação e de inspeção de rota (destaque da Fig. 5), já com os tempos estimados e indicados no resultado. Esse plano de manutenção foi criado de maneira a facilitar a atualizações futuras e organizar programação para cada tipo de manutentor na atividade, onde tem-se diferentes equipes executando cada tipo de manutenção. Com base na metodologia MCC, reduziram-se as atividades tratadas no plano de manutenção PRÉ-MCC, otimizando e separando as atividades por categorias.



NGR	TxtBreve roteiro	Cen.	MarEl	Estratég.	Utilização	GrPl.	Status	C	Conjunto	PCtrl	NE
1	10008177 - PR - MECANICA	FABR	<input type="checkbox"/>	VRBMAQ	4	1	2	1			Numeraçã
2	10008177 - PR - ELETRICA	FABR	<input type="checkbox"/>	VRBMAQ	4	1	2	1			Numeraçã
3	10008177 - PD - ELETRICA	FABR	<input type="checkbox"/>	VRBMAQ	4	1	2	1			Numeraçã
4	10008177 - PD - MECANICA	FABR	<input type="checkbox"/>	VRBMAQ	4	1	2	1			Numeraçã
5	10008177-LU-LUBRIFICACAO	FABR	<input type="checkbox"/>	VRBMAQ	4	1	4	1			Numeraçã
6	10008177-IR-INSP. ROTA	FABR	<input type="checkbox"/>	VRBMAQ	4	1	4	1			Numeraçã

Figura 5 – Excerto do plano de manutenção PÓS-MCC.

A Fig. 6 apresenta o excerto do calendário de troca do plano de manutenção PÓS-MCC. Observa-se que o tempo de troca preventiva, de acordo com o resultado do estudo, foi atualizado. Com as trocas executadas de acordo com estes períodos garante-se a confiabilidade inicialmente estipulada. Foram criadas novas listas de tarefas de manutenções preventiva elétrica, preditiva mecânica, preditiva elétrica, inspeção de rota e de lubrificação.



Oper	SOp	Descrição operação	1	2	4	8	12	17	26	34	51	2A	3A	1D	3	5
0010		TR. ROL. MOTOR - ESTEIRA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		TR. ROL. MOTOR - ACELERADOR DE VACUO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		TR. ROL./RET. - REDUTOR - ESTEIRA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		TR. ROL./RET. - ACELERADOR VACUO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		TR. ROL. MANCAL LADO LA - ESTEIRA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080		TR. ROL. MANCAL LADO LL - ESTEIRA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6 – Excerto do calendário de trocas: plano de manutenção PÓS-MCC.

Após a criação e aplicação do novo plano de manutenção com base na metodologia MCC foram mensurados os índices de disponibilidade e confiabilidade da embaladora a vácuo no período de janeiro a março de 2020. A Fig. 7 apresenta os resultados dos índices de disponibilidade nos períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC. Observa-se nesta figura uma estabilização do índice de disponibilidade após a aplicação do novo plano de manutenção. Deve-se salientar que para manter

confiabilidade se deve intervir na máquina em algumas tarefas, o que interrompe a produção. Por conta destas paradas de máquina o índice de disponibilidade oscilou entre 94% e 97%.

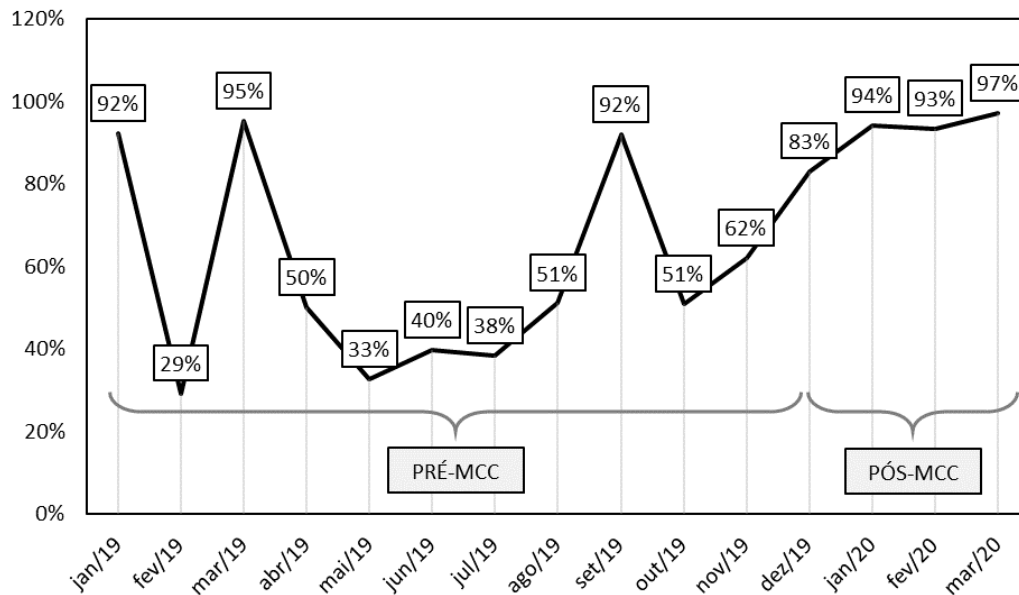


Figura 7 - Índice de disponibilidade nos períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC.

A Fig. 8 mostra a evolução do índice de confiabilidade nos períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC. De acordo com o índice de confiabilidade inicialmente estipulado, a máquina não pode falhar em 3.000 h para manter o nível de confiabilidade acima de 80%. Durante o período PÓS-MCC (Fig. 8) os itens tratados da embaladora à vácuo não manifestaram falha, comprovando que a metodologia MCC traz resultados significativos na gestão dos ativos e da manutenção industrial alimentícia. Isto é verificado no aumento do índice de confiabilidade de 58% para 81% no período PÓS-MCC.

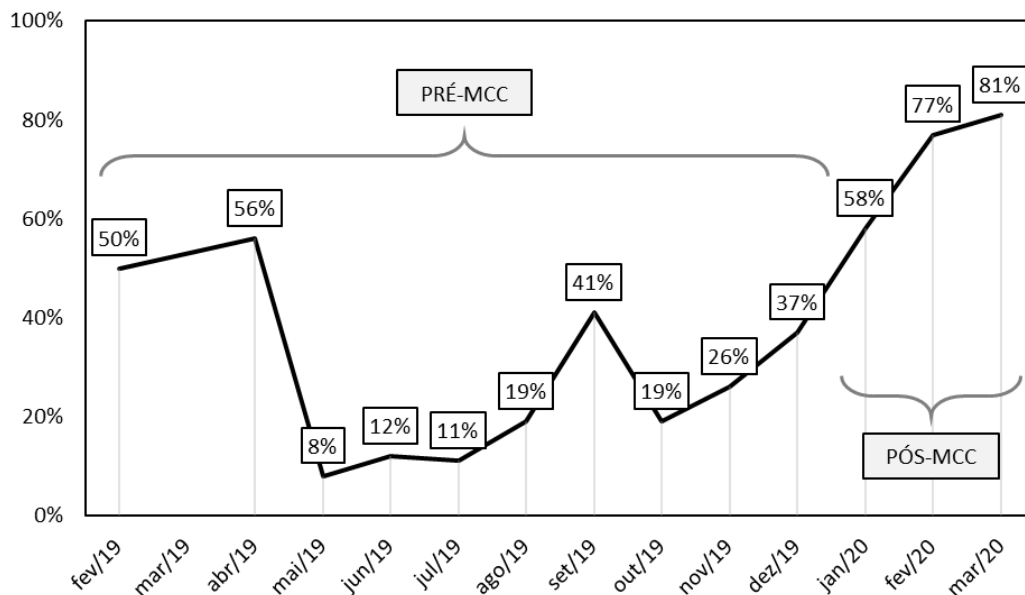


Figura 8 – Índice de confiabilidade nos períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC.

A Tab. 10 apresenta os custos de manutenção dos períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC. Nesta tabela é possível verificar que houve uma redução nos custos efetivo de manutenção de 57% nos meses apurados com o emprego da metodologia MCC na embaladora à vácuo. Como os índices do período PÓS-MCC compreenderam somente 3 meses, a extrapolação aponta que a redução dos

custos efetivos de manutenção poderá chegar a 40%. Comparando-se os primeiros quadrimestres de 2019 e 2020 na Tab. 10, se observa uma redução dos custos de perdas de produção em torno de 74%, um aumento da disponibilidade da máquina para índices acima de 92%, com redução significativa de paradas de máquina para manutenções não programadas.

Tabela 10 – Tabela de comparação de custos de manutenção 2019/2020.

Período	Disponib.	Custo com manutenção [R\$]	Período	Disponib.	Custo com manutenção [R\$]
jan/19	92%	16.500,00	jan/20	94%	5.370,00
fev/19	29%	8.250,00	fev/20	93%	5.370,00
mar/19	95%	5.300,00	mar/20	97%	5.370,00
abr/19	50%	20.050,00	abr/20	0%	5.370,00
mai/19	33%	12.750,00	mai/20	0%	5.370,00
jun/19	40%	13.100,00	jun/20	0%	5.370,00
jul/19	38%	10.000,00	jul/20	0%	5.370,00
ago/19	51%	8.900,00	ago/20	0%	5.370,00
set/19	92%	3.900,00	set/20	0%	5.370,00
out/19	51%	3.305,00	out/20	0%	5.370,00
nov/19	62%	5.800,00	nov/20	0%	5.370,00
dez/19	83%	5.370,00	dez/20	0%	5.370,00
Total PRÉ-MCC		107.855,00	Total PÓS-MCC		64.440,00

A Tab. 11 apresenta os custos efetivos de manutenção mensais dos períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC. Fica evidente a redução significativa dos custos de manutenção e aumento do lucro da empresa, demonstrando que metodologia MCC contribuiu fortemente com lucratividade da empresa de maneira direta ao reduzir os gastos com manutenção. Os resultados da Tab. 10 e Tab. 11 corroboram com as afirmações de Kardec e Nascif (2009), os quais indicam que a MCC possibilita a diminuição dos custos de manutenção, aumento dos lucros através da redução de paradas não programadas, aumento da confiabilidade dos equipamentos, um maior conhecimento sobre as máquinas e uma maior interação entre profissionais da manutenção na busca por soluções de problemas de máquinas.

Tabela 11 – Custos de manutenção mensais: períodos PRÉ-MCC e PÓS-MCC.

REDUÇÃO DE CUSTO/MÊS			
	PRÉ-MCC	PÓS-MCC	Melhoria
Tempo de parada por manutenção [h]	55,5	14	41,5
Quantidade não produzida [kg]	131.630,00	33.264,00	98.366,00
Lucro cessante no período [R\$]	250.097,00	63.201,60	186.895,40

Na Tab. 11 constata-se que no período PRÉ-MCC com o tempo de 55,4 h de máquina parada a empresa deixou de produzir mais de 130 t, ocasionando um prejuízo em torno de R\$ 250.000,00. Com a aplicação da metodologia reduziu-se este tempo em 41 h de máquina parada, diminuindo o prejuízo em R\$ 186.800,00.

5. Conclusões

Este trabalho abordou a aplicação da metodologia MCC em uma embaladora à vácuo de uma linha de produção do setor alimentício. Foram coletadas as informações do equipamento, analisado os modos e efeitos de falha, seleção de funções significantes e avaliadas as atividades aplicáveis. Com os resultados atingidos neste trabalho conclui-se que:

- Aplicação da metodologia MCC contribuiu para o aumento da confiabilidade, que não superava 56%, passando dos 80%. Isto permite que embaladora à vácuo seja melhor explorada no âmbito de produção, que o planejamento de produção seja mais seguro e que os compromissos com entregas dos produtos embalados sejam cumpridos;
- A aplicação da metodologia MCC contribuiu significativamente para o aumento da disponibilidade da embaladora a vácuo. Esse índice passou de uma média de 55% para acima dos 92% após a aplicação da MCC. Isso apresenta que grande parte do tempo disponível da máquina não era utilizado por conta de paradas com manutenção não planejadas;
- A aplicação da metodologia MCC permitiu uma economia de recursos de mais R\$ 280.000,00. Para a empresa isso implica em uma linha de produção mais eficiente e lucrativa;
- A coleta dos dados referentes aos indicadores de confiabilidade e disponibilidade deve ser bem planejada e padronizada pelos gestores da manutenção antes da aplicação da metodologia MCC. Os dados coletados, referentes aos indicadores, devem ser revisitados constantemente, afim de reduzir ainda mais os custos de manutenção, uma vez que problemas podem surgir na linha de produção

Referências

- Alkaim, J. L. (2003) *Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Amaral, B. F. (2017) *Manutenção centrada em confiabilidade: estudo de caso da implementação da ferramenta MCC pela Transpetro*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Araldi, V. E.; Bonamigo, A; Vanin A. B. & Azzolini, J. C. (2019). Proposta de um plano de manutenção centrada na confiabilidade para uma máquina de usinagem controlada por comando numérico computadorizado (CNC), IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, Brasil.
- Bandeira, H. C.; Costa, D. O. & Lopes, R. S. (2016). Estudo da manutenção centrada em confiabilidade aplicada a um sistema de refrigeração. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, Brasil.
- Baran, L. R. (2011) *Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso*. Monografia de especialização, Universidade Federal Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil.
- Belinelli, M. M. (2015) *Desenvolvimento de método para seleção de política de lubrificação de máquinas centrada em confiabilidade: aplicação na indústria alimentícia*. Tese de doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Caiado, R. G. G.; Lima, G. B. A. & Quelhas, O. L. G. (2015). Aspectos da aplicação da manutenção centrada em confiabilidade. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, Brasil.
- Fonseca, R. R., Franco, I. C., & Silva, F. V. da. (2016). Bioreactor temperature control using a generic fuzzy feedforward control system. 841: Intelligent Systems and Control. Modelling, Simulation and Identification / 841: Intelligent Systems and Control, Campinas, Brazil. <https://doi.org/10.2316/P.2016.841-024>

- Cerveira, D. S. & Sellitto, M. A. (2015). Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise quantitativa de um forno elétrico a indução. *Revista Produção Online*, (2), 405-432. doi: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v15i2.1615>.
- CORREIA JUNIOR, W. *Matriz GUT: saiba como priorizar seus problemas*, 2016. Disponível em: <https://empreendadentista.com.br/2016/04/15/matriz-gut/>. Acesso em janeiro de 2020.
- Drumond, M. R. (2004). *Manual do sistema de gerenciamento da manutenção: Companhia Vale do Rio Doce*. Minas Gerais.
- Fleming, P. V.; Silva, F. F. & França, S. R. R. O. (1999). Aplicando manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em indústrias brasileiras: lições aprendidas. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, Brasil.
- Fogliatto, F. S. & Ribeiro, J. L. D. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. Campus – Elsevier. IEC 60300-3-11:2009. *Dependability management - Part 3-11: Application guide - Reliability centred maintenance* International Electrotechnical Commission's. Switzerland.
- Kardec, A. & Nascif, J. *Manutenção: Função Estratégica. 3. ed.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- Lucatelli, M. V. (2012). *Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
- Mendes, A. A. (2011). *Manutenção Centrada em Confiabilidade: uma abordagem quantitativa*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance: second edition. 2ª. ed.* New York: Industrial Press Inc.
- Pereira, T. A. (2015). *Manutenção Centrada na Confiabilidade: aplicação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma embaladora automática vertical*. Trabalho de Conclusão de Curso, UNIS, Varginha, MG, Brasil.
- Rosa, R. N. (2016) *Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em um processo da indústria automobilística*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- SAE JA1011. (1999). *Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Processes*. Society of Automotive Engineers.
- Sellitto, M. A.; Borchardt, M. & Araújo D. R. C. (2002). Manutenção centrada em confiabilidade: aplicando uma abordagem quantitativa. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, Brasil.
- Silva, E. B. (2018). *Manutenção centrada em confiabilidade visando a competitividade em uma indústria moedora de grãos na região dos campos gerais*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil.
- Silva, R. P. (2004). *Gerenciamento do setor de manutenção*. Monografia de especialização. Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil.
- Siqueira, Y. P. D. S. (2014). *Manutenção Centrada em Confiabilidade: Manual de Implementação 3. ed.* Qualitymark.
- Siqueira, Y. P. D. S. (2014). *Manutenção centrada na confiabilidade: Manual de implantação. 1ª ed.* Qualitymark.
- Smith, A. M. & Hinchcliffe, G. R. (2004). *RCM: Gateway to world class maintenance. 2ª. ed.* Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, v.
- TELES, J. FMEA: O que e como fazer. *Engeteles*, 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/fmea-o-que-e-como-fazer/> 2019 Acesso em novembro de 2019.
- Wilmeth, G. W. & Usrey, M. W. (2000). Reliability centered maintenance: a case study, *Engineering Management Journal*, 12(4), 25-31, 2000. doi: <https://doi.org/10.1080/10429247.2000.11415089>.