

GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: Análise de ferramenta computacional via estudo de caso em indústria de autopeça.

Leonardo Quintino Rodrigues (FEAU/UNIMEP) lqrodrigues@unimep.br
Fernando Celso de Campos (PPGEP-FEAU/UNIMEP) fccampos@unimep.br

Resumo:

A manutenção industrial tem uma função estratégica nas empresas e ter uma base de indicadores funcionando adequadamente é fundamental. Foi identificado um recorte básico do conjunto de indicadores classe mundial desenvolvendo funcionalidades em uma ferramenta computacional, em formato de planilha eletrônica, checando sua aplicabilidade em uma indústria de autopeça. O método de pesquisa teve duas etapas: i) uma revisão bibliográfica sobre indicadores classe mundial realizando um recorte sobre os indicadores da capacidade produtiva e os indicadores de desempenho de máquinas, ii) um estudo de caso em indústria de autopeça seguindo-se um protocolo para avaliar em caso real sua possível aplicação. Houve uma visita técnica, observação direta e respostas a um questionário por parte do supervisor de manutenção. Com isso, percebeu-se que seria possível reduzir o conjunto de indicadores pelos mais requisitados pela norma ISO/TS-16949, a saber: MTBF, MTTR, DISPONIBILIDADE e OEE. Como resultado obteve-se uma ferramenta computacional com funcionalidades expandidas, que poderá ser utilizada em diversos ambientes, tanto para treinar e capacitar manutentores, quanto como material de apoio em disciplinas afins de cursos de graduação ou de pós-graduação.

Palavras chaves: Manutenção, Ferramenta computacional, Indicadores, Estudo de caso, Indústria de autopeça.

MANAGEMENT OF INDUSTRIAL MAINTENANCE: ANALYSIS OF COMPUTATIONAL TOOL THROUGH CASE STUDY IN AUTO PARTS INDUSTRY.

Abstract

The industrial maintenance has a strategic role in business and have a base of indicators working properly is critical. It was identified a basic set of clipping indicators developing world class features in a computational tool in spreadsheet format, checking your applicability in a autopeça industry. The method of research had two stages: i) a literature review about world class performing a clipping indicators on indicators of the productive capacity and the performance indicators, ii) a case study in autopeça industry followed by a protocol to assess in real case your possible application. There was a technical visit, direct observation, and answers to a questionnaire by the maintenance supervisor. With that, it was realized that it would be possible to reduce the set of indicators for the most requested by ISO/TS 16949-, namely: MTBF, MTTR, availability and OEE. As a result it was obtained a computational tool with expanded functionality, which can be used in various environments, both to train and empower manutentores as support material in related disciplines to undergraduate or graduate students.

Key-words: maintenance, Computational tool, Indicators, Case study, Autopeça industry.

1. Introdução

Dentre as várias demandas na agenda das Empresas de qualquer segmento e dentre os vários que vem sendo discutidos destacam-se as experiências cruzando a gestão da manutenção industrial com aspectos de implantação de qualidade e produtividade, via a busca do aumento da disponibilidade e da confiabilidade. Nesse sentido os indicadores ocupam um espaço importante para medir essas evoluções e seus resultados alcançados. Os indicadores de avaliação mais citados por Tavares (1996), Tavares (1999), Kardec Pinto e Xavier (1998), são: MTBF, MTTR, MTTF, Disponibilidade, CMFT, CMVP, Tempo médio entre manutenção preventiva, tempo médio para intervenções preventivas, taxa de falha observada, taxa de reparo, não conformidade de manutenções, sobrecarga de serviços de manutenção, alívio de serviços de manutenção, entre tantos outros envolvendo custos e mão-de-obra. Deverá haver um processo de escolha e definição de um conjunto reduzido desses indicadores, pois totalizam mais de 20(vinte) segundo essa literatura, e a experiência tem deixado evidente que alguns são regularmente mais utilizados que outros. Utilizando-se o método padrão de processo SIPOC desenvolvido por Santos (2010), bem como do exemplo de Moraes (2010), isso auxiliou como referência para o desenvolvimento da ferramenta computacional apresentada nesse artigo. Dentro deste contexto, esse artigo apresenta uma ferramenta computacional de aprendizagem de avaliação da qualidade da manutenção industrial a partir de um conjunto delimitado de indicadores classe mundial de controle e acompanhamento.

A próxima seção apresenta os procedimentos, depois os resultados e a conclusão.

2. Procedimentos

Foram realizadas duas etapas metodológicas: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Etapa 1: etapa de *pesquisa bibliográfica* que foi realizada em 7 passos, descritos a seguir.

1º Passo: *pesquisa nos anais dos eventos nacionais: ENEGEP e SIMPEP.*

Foi realizado um levantamento dos artigos dos anais desses dois eventos nacionais utilizando-se alguns filtros de pesquisa: i) últimos 7 anos, período entre 2010 a 2016; ii) palavras-chaves utilizadas: “indicadores de manutenção”, “indicador do tempo médio entre falhas (MTBF)”, “indicador do tempo médio para reparos (MTTR)”, “indicador da eficiência global dos equipamentos (OEE)”, “manutenção de confiabilidade”, “manutenção de disponibilidade e a combinação de palavras-chaves tempo médio entre as falhas (MTBF) e indicadores de desempenho”; iii) termos de busca: nos anais do SIMPEP foram buscados os termos por área temática e nos anais do ENEGEP foram buscados os termos presentes no título.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de artigos por evento e por ano pesquisado.

PRIMEIRA PESQUISA - artigos em Congressos Nacionais										
Evento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total Geral	Selecionados	Não Selecionados
SIMPEP	0	1	1	0	2	11	0	15	11	4
ENEGEP	1	3	2	1	3	1	4	15	11	4

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 1- quantidade de artigos por Evento e por ano.

2º Passo: *análise e seleção dos artigos pesquisados nos anais do Passo 1.*

Nesse passo foi realizada a leitura e análise dos artigos levantados no Passo 1, considerando-se o resumo, introdução e conclusão. Após esse procedimento houve uma decisão de seleção (ou não) do artigo e passou-se a registrar em planilha própria algumas informações a seu respeito. Foi feito um destaque de 3 (três) artigos de cada Evento, pelo critério de relevância e aderência ao tema pesquisado, conforme apresentado no Quadro 1.

Evento	Auto (ano)	Título do Artigo
ENESEP	Silva, Lucena, Medeiros, Costa e Andrade (2015)	Estudo de indicadores chave de desempenho em manutenção e construção de um dashboard em uma indústria do ramo petrolífero.
	Leal; Almeida; Parenti; Jose Junior; Mauricio (2013)	Adaptação do indicador oee para análise de perdas produtivas relacionadas ao uso da energia elétrica.
	Souza, Sacomano, Kyrillos e Milreu (2011)	Eficiência e eficácia: uma abordagem sobre as tarefas da gestão da manutenção na interface do modelo entrada-transformação-saída.
SIMPEP	Olah; Barroso; Martins; Estumano e Lima (2015)	Análise de resultados da implantação de oee em uma indústria alimentícia.
	Rolando Netto, Santos, Loures e Pierezan (2014)	Proposta de abordagem para estimar a condição e curva P-F de equipamentos utilizando fatores do OEE.
	Bueno e Santanna (2013)	Modelo de implementação da função manutenção integrada ao sistema LEAN.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 1: artigos selecionados nos Eventos por relevância e aderência ao tema pesquisado.

3º passo: pesquisa em 5(cinco) revistas nacionais: *Production*, *Gestão & Produção*, *Produção OnLine*, *Gestão Industrial* e *GEPROS*.

Foi realizado um levantamento dos artigos das Revistas Nacionais utilizando-se alguns filtros de pesquisa: *i)* últimos 6 anos, de 2011 a 2016; *ii)* palavras-chaves utilizadas: “indicadores de manutenção”, “indicador do tempo médio entre falhas (MTBF)”, “indicador do tempo médio para reparos (MTTR)”, “indicador da eficiência global dos equipamentos (OEE)”, “manutenção de confiabilidade”, “manutenção de disponibilidade e a combinação de palavras-chaves tempo médio entre as falhas (MTBF) e indicadores de desempenho”; *iii)* termos de busca: nas revistas foram buscados os termos presentes no título dos artigos.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de artigos por evento e por ano pesquisado.

Revista	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total por Revista
Produção	1	1	1	1	0	0	4
Gestão & Produção	0	0	0	0	0	0	0
Gestão Industrial	0	0	0	0	1	0	1
Produção Online	1	0	0	0	1	1	3
GEPROS	0	0	0	0	0	0	0
Total por ano	2	1	1	1	2	1	8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 2- quantidade de artigos por Revista e por ano.

4º Passo: análise e seleção dos artigos pesquisados nas revistas do Passo 3.

Nesse passo foi realizada a leitura e análise dos artigos levantados no Passo 3, considerando-se o resumo, introdução e conclusão. Após esse procedimento houve uma decisão de seleção (ou não) do artigo e passou-se a registrar em planilha própria algumas informações a seu respeito. Foi feito um destaque de 4(quatro) artigos das Revistas pelo critério de relevância e aderência ao tema pesquisado, que são apresentados no Quadro 2.

Revista	Autor(ano)	Título
Produção online	Nunes; Miguel Sellitto (2016)	Implantação de técnicas de manutenção autônoma em uma célula de manufatura de um fabricante de máquinas agrícolas.
Gestão industrial	Menezes; Maiquel Santos e Chavez (2015)	O pilar manutenção planejada da manutenção produtiva total (tpm): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (rcm).
Produção (ou Production)	Busso; Miyake (2013)	Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica.
	Paiva e Souza (2012)	Modelo de contrato de terceirização de manutenção: uma abordagem principal-agente.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 2- Artigos selecionados nas Revistas nacionais por relevância e aderência ao tema pesquisado.

5º Passo: pesquisa no Portal de Periódico da CAPES para levantamento de artigos internacionais.

Foi realizado um levantamento dos artigos do periódico utilizando-se alguns filtros de pesquisa: ii) últimos 6 anos, período entre 2011 a 2016; ii) palavras-chaves utilizadas: “maintenance indicator” (*Indicadores de Manutenção*), “indicator MTBF” (*Mean Time Between Failures – Indicador do tempo médio entre falhas*), “indicator MTTR” (*Mean Time To Repairs – Indicador do tempo médio para reparos*), “indicator OEE” (*Effectiveness Equipment Overall – Indicador eficiência Global dos Equipamentos*), “Reliability Maintenance” (*Manutenção de Confiabilidade*), “availability” (*Disponibilidade*), “MTBF and Indicators Performance” (*Mean Time Between Failures – Tempo médio entre as falhas e Indicadores de Desempenho*); iii) termos de busca: no Portal de Periódicos da CAPES foram buscados os termos por área temática e também os termos presentes no título dos artigos.

A Tabela 3 apresenta a quantidade de artigos por ano pesquisado.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total de Artigos
Total por ano	2	2	2	1	5	5	17

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 3- quantidade de artigos por Evento e por ano.

6º Passo: análise e seleção dos artigos internacionais pesquisados no Portal CAPES no Passo 5.

Nesse passo foi realizada a leitura e análise dos artigos levantados no Passo 5, considerando-se o resumo, introdução e conclusão. Após esse procedimento houve uma decisão de seleção (ou não) do artigo e passou-se a registrar em planilha própria algumas informações a seu

respeito. Foi feito um destaque de 5(cinco) artigos dos jornais, pelo critério de relevância e aderência ao tema pesquisado, conforme é apresentado no Quadro 3.

Journal	Autor (ano)	Título do artigo
Plant Engineering.	Grabill (2016)	Driving OEE: A business strategy for the results.
Journal of Quality in Maintenance Engineering	Cheng e Dhillon (2016)	Reliability and availability analysis of a robot-safety system.
Quality and Reliability Engineering International.	Dong; Chuan; Yongxiang e Zhiqi (2014)	A system's mean time to repair allocation method based on the time factors.
Concurrent Engineering: Research and Applications.	Yuniawan; Ito e Bin (2013)	Calculation of overall equipment effectiveness weight by Taguchi method with simulation.
Quality and Reliability Engineering International.	Wang e Chu (2011)	The Mean Time Between Failures for an LCD Panel.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 3: destaque de 5 artigos selecionados nas Revistas internacionais por relevância e aderência.

7º passo: elaboração do texto-síntese das pesquisas relatando as experiências brasileiras (eventos e revistas nacionais) e as experiências internacionais (Portal CAPES).

Neste Passo foi elaborado um texto-síntese das experiências brasileiras e internacionais a partir dos artigos destacados, selecionados pelo critério de relevância e aderência ao tema pesquisado. Esse texto foi gerado no sentido de identificar os principais conceitos, princípios e ferramentas da manutenção industrial, bem como, buscar selecionar um conjunto ideal de indicadores de desempenho para explorá-los melhor na ferramenta computacional. Foi a partir dele que foi construída a fundamentação teórica geral desse trabalho.

Etapa 2: a etapa do estudo de caso foi realizada seguindo-se o protocolo de Miguel (2007), que tem 6 Fases, a saber:

Fase 1: Definir uma estrutura conceitual-teórica; Fase 2: Planejar o(s) caso(s); Fase 3: Conduzir teste piloto; Fase 4: Coletar os dados; Fase 5: Analisar os dados; Fase 6: Gerar relatório.

4. Resultados

A partir da pesquisa bibliográfica nacional feita nos anais dos Eventos Nacionais (SIMPEP e ENEGEP) e nos periódicos nacionais GEPROS, Gestão Industrial, Produção Online, Gestão & Produção e Production, foram selecionados alguns artigos e feitos alguns destaques. O mesmo foi feito para o Portal de Periódico da CAPES, selecionando-se alguns artigos que são destacados na sequência. Silva, Lucena, Medeiros, Costa e Andrade (2015) realizaram um estudo de indicadores chaves de desempenho em manutenção e construção de um *dashboard* em uma indústria do ramo petrolífero. O objetivo foi identificar os indicadores chave de desempenho e elaborar um painel gerencial como uma proposta de acompanhamento dos

indicadores. Utilizaram os indicadores chave de desempenho para aplicar o melhor indicador com base nas necessidades da empresa, sendo eles: ICPI, ICPM, IARI, EPM C, EPM HH, ICC, ICP, IGARI e IDE. Nunes; Miguel e Sellitto (2016) implantaram técnicas de manutenção autônoma (um dos pilares do TPM) em uma célula de manufatura de um fabricante de máquinas agrícolas. O objetivo foi descrever um caso de aplicação de manutenção autônoma em uma área piloto de uma empresa do ramo metal mecânico. Os principais resultados da aplicação foram o aumento do tempo médio entre falhas (MTBF), a redução nos tempos médios até o reparo (MTTR) e a redução de refugo e retrabalho. A eficiência global da célula aumentou de 78% para 88,3% podendo ser considerado como desempenho de classe mundial. Menezes, Santos e Chavez (2015) realizaram um trabalho do pilar de manutenção planejada do TPM aplicando na manutenção centrada na confiabilidade (RCM). O objetivo foi avaliar e propor melhorias à gestão da manutenção, da empresa estudada, utilizando a RCM. Utilizaram os cálculos para obter o tempo médio de reparo (MTTR) e o tempo médio entre as falhas (MTBF). O resultado final apontou a importância de reduzir os tempos de reparos nos principais componentes da prensa utilizando, como meio, as atividades de treinamento e educação da equipe de manutenção e produção. Dong; Chuan; Yongxiang e Zhiqi (2014) determinaram o tempo médio de um sistema para reparar falhas pelo método de alocação baseado no fator tempo. O objetivo da manutenção é alocar o tempo de manutenção para os subsistemas com precisão razoável. Utilizaram o tempo médio para reparo (MTTR) para os subsistemas de forma mais precisa, para melhorar o método de alocação. O indicador MTTR do sistema Z é atribuído a três subsistemas. O tempo de manutenção comum do sistema contém o tempo de preparação, tempo de acesso e tempo de remontagem, que pode ser determinado pela pesquisa e pela experiência. Paiva e Souza (2012) apresentaram um modelo de incentivos de terceirização de manutenção. O objetivo desse trabalho consiste em apresentar um modelo de incentivos considerando também outras variáveis que são afetadas pela manutenção, que afetam o lucro, a qualidade dos produtos e capacidade da produção. Utilizaram fórmulas para a apuração do MTTR e o MTBF. Aplicaram os indicadores da manutenção MTTR e o MTBF para calcular a disponibilidade das células. Wang e Chu (2011) realizaram um trabalho relatando o tempo médio entre falhas (MTBF) para um painel de LCD. O objetivo foi desenvolver um algoritmo para determinar a distribuição FI melhores enquadrados de um painel de display de cristal líquido. Utilizaram o método de Weibull e o método de rebarba XII para caracterizar o MTBF de um painel LCD. Apuraram os dados com o método de Newton-Raphson, para estimar os parâmetros de um modelo de programação linear simples, os quais podem ser usados para formar as funções de log-probabilidade e resolvê-los pela função SOLVER do MS-Excel. Rolando Netto, Santos, Loures e Pierezan (2014) realizaram uma abordagem para estimar a condição e curva P-F de equipamentos que utilizam fatores de OEE. O objetivo foi definir a estratégia mais eficiente para que melhorasse a capacidade operacional dos processos. Para isso utilizaram a fórmula do indicador OEE, com o intuito da eficiência global da célula, calculando a disponibilidade, taxa de desempenho e a taxa de qualidade. Este artigo demonstra por meio de cálculos a eficiência que o indicador OEE pode oferecer as indústrias. Leal; Almeida; Parenti; Jose Junior; Mauricio (2013) realizaram uma adaptação do indicador OEE para análise de perdas produtivas relacionadas ao uso de energia elétrica. O objetivo foi implantar o indicador *OEE* (*Overall Equipment Effectiveness*) para o monitoramento da manufatura com enfoque no efeito de falhas com causas relacionadas ao uso da energia elétrica. Com isso utilizaram o OEE, a disponibilidade, desempenho e qualidade, de um conjunto de equipamentos da planta fabril. Yuniawan; Ito e Bin (2013) realizaram um cálculo da eficiência global do equipamento pelo método de Taguchi com simulação. O objetivo foi melhorar a eficácia na análise de dados para apoiar o objetivo da melhoria contínua por meio da eliminação de perdas. Realizaram um mapeamento característico de elementos do OEE via uma tabela de respostas.

A linha de base para a ponderação dos elementos de eficácia geral do equipamento nesta pesquisa refere-se a características gerais do elemento de eficácia do equipamento que são obtidas por um resultado combinado de simulação e experimentação, por meio do método de Taguchi. Busso e Miyake (2013) analisaram uma aplicação de indicadores alternativos ao OEE na gestão do desempenho global de uma fábrica. O objetivo foi analisar os indicadores e explorar suas possibilidades de aplicação com o intuito de um aproveitamento efetivo da capacidade de produção. A aplicação do OEE teve uma limitação no estudo de caso, porque a variedade de produtos é pequena e as linhas são independentes, operando em fluxo contínuo unidirecional. Precisa-se de adaptações no projeto do sistema de medição para sistemas produtivos mais complexos.

Seguindo-se o protocolo do Estudo de Caso descrito anteriormente, são apresentadas as atividades realizadas em cada Fase prevista.

Fase 1: Estudo de Caso: Definir uma estrutura conceitual-teórica

Para se definir a estrutura conceitual-teórica foi mapeada a literatura, realizando-se pesquisas nos congressos nacionais SIMPEP e ENEGEP, nas revistas nacionais de Engenharia de Produção e no Portal de Periódico da CAPES, para levantamento de artigos internacionais.

Fase 2: Planejar o(s) caso(s)

A Empresa, na qual foi realizado esse estudo de caso, é atuante no ramo de autopeças, produzindo suporte de vidros elétricos ou manuais para automóveis de diferentes marcas e modelos no mercado. Foi realizada, inicialmente, uma visita técnica para conhecimento geral do processo de produção bem como para compreensão do funcionamento da área de manutenção da empresa. Essa visita técnica inicial foi agendada com o supervisor de manutenção, que apresentou os detalhes necessários acerca de processo, máquinas e indicadores. Apresentou também os equipamentos e máquinas comentando sobre sua operação e sobre os indicadores mais utilizados: MTBF, MTTR, Disponibilidade e OEE, inclusive pelo fato da Certificação ISO/TS-16949 que a Empresa tem.

Fase 3: Conduzir teste piloto

Para dar continuidade ao protocolo do estudo de caso, foi planejado um questionário com perguntas abertas para coleta dos dados e identificação de melhorias da ferramenta computacional. Realizando teste das funcionalidades da ferramenta computacional com os dados coletados, verificando se esses dados apresentavam resultados o mais próximo da situação real possível. Após esse procedimento de verificação e análise foram feitos ajustes na ferramenta computacional nas informações coletadas de modo a deixá-la com muitas características de um sistema de gestão básico de manutenção industrial, principalmente no tocante aos indicadores.

Fase 4: Coletar os dados

Na coleta de dados foram feitas discussões do tema e o registro dos dados coletados no momento da entrevista com o supervisor de manutenção, auxiliando no ajuste da ferramenta computacional desenvolvida adaptando-a com os dados coletados.

Na Figura 1 apresenta-se o “Passo 1” da ferramenta computacional na estrutura do SIPOC (Fornecedor da origem da informação, Entrada dos dados a serem processados, Processo que é o próprio cálculo a ser feito, Saída que é o resultado do cálculo feito no Processo, Cliente que é quem seria o usuário direto daquela informação processada/calculada). O procedimento de uso da ferramenta inicia-se pela seleção na coluna (INPUT/ENTRADA) entre a célula e a ferramenta a ser escolhida para calcular os indicadores tanto da célula 1 como a da célula 2,

na coluna (PROCESS/PROCESSO) é feito um inventário e classificação dos equipamentos. No (OUTPUT/SAÍDA) é a saída do relatório finalizado e a seguir na coluna (CUSTOMER/CLIENTE) é entregue o relatório ao pessoal de manutenção e pessoal de operação, conforme quem estiver solicitando e necessitando.

		DESCRIÇÃO:		
SUPPLIER FORNECEDOR	INPUT ENTRADA	PROCESS PROCESSO	OUTPUT SAÍDA	CUSTOMER CLIENTE
> célula 1	Célula 1	fazer inventário e classificação dos equipamentos		> pessoal da manutenção
Célula 1, 5 ferramentas em operações.			Relatório	> pessoal da operação
> célula 2	TAG1			
Célula 2, 7 ferramentas em operações.			Geral dos Equipamentos	

Figura 1 - seleção da célula e ferramenta em operação – Fonte: elaborada pelos autores.

Para ter uma base de referência geral das principais informações do cotidiano da Empresa em estudo, foram elaboradas algumas questões para serem preenchidas com valores numéricos, isso ainda no Passo 1. Nestas questões estão sete variáveis para os posteriores cálculos dos indicadores ao longo dos próximos passos da ferramenta. A Figura 2 ilustra essas sete variáveis de cálculos.

VARIÁVEIS DE CÁLCULOS: configuração dos valores a serem utilizados nos cálculos dos Indicadores.	
Jornada de trabalho semanal, será de segunda a	6 dias
Quanto turnos de trabalho?	3 turnos
Quantas horas de trabalho por turno?	8 horas
Quantas horas devem ser descontadas (almoço, lanche, banheiro, descanso, etc)?	2,5 horas
Quantas horas-extras semanais devem estar previstas no máximo?	4 horas extras semanais
Tempo de trabalho estimado para produzir:	972,6 horas

Figura 2 - Sete variáveis configuráveis da base de referência geral – Fonte: elaborada pelos autores.

No formulário da Ordem de Serviço (O.S.) é apresentado o inventário geral com algumas informações necessárias sobre a falha ocorrida, como data de emissão, responsável, horas previstas, horas executadas, folha, código do equipamento, descrição do equipamento, outras características (peso, tamanho, voltagem), fornecedor do equipamento, mapa de localização, fabricante do equipamento, ano do equipamento, características gerais (tipo, modelo, potência) e criticidade do equipamento, conforme figura 3.

[illegible]

Figura 3 - Inventário Geral.

Fase 5: Analisar os dados

A partir da visita técnica, da observação direta e das respostas dadas ao questionário da Fase 3, houve a percepção da necessidade de se reduzir o conjunto de indicadores apenas aos mais utilizados e mais requisitados pela norma ISO/TS-16949. Então, analisando-se os dados coletados, foram reduzidas as informações para a construção do painel dos indicadores. Utilizando-se o Passo 1 da ferramenta computacional para se determinar qual indicador calcular (de uma célula de fabricação de modo geral ou de apenas uma máquina dentro desta célula) e inserindo-se os valores de referências gerais das variáveis de cálculos, registrar as falhas da produção em uma tabela de registro de falhas, resultando na quantidade de falhas de cada célula e ferramenta e o tempo estimado de cada manutenção de uma determinada falha. Pelas informações coletadas no estudo de caso fica bem evidenciado que se os operadores não estão bem esclarecidos quanto à importância dos registros das paradas com o máximo de detalhe possível bem como da lógica de solicitação dos serviços do pessoal da manutenção (a formalidade e seriedade que essa interação deve ter) todo o esforço gerencial e operacional pode tender ao fracasso e o descontrole ficar intenso e muito evidente.

As figuras 4 e 5 ilustram o registro da falha em uma planilha, logo em seguida anexa-se todas as falhas ocorridas em uma segunda planilha, mostrando as informações mais importantes para o cálculo dos indicadores.

Tabela de Ordem de Serviço (O.S.)										Código de Falha		
Célula	Código do Equipamento (TAG)	Manutentor	Data de Emissão	Tipo de Manutenção	Setor/Linha	Produto	Operador	Turno (horas)	Tempo Trabalhado (em h e min)	Material a ser Utilizado	TAG01	Descrição
Célula 2	TAG01	HENRIQUE	1	CORRETIVA	A	CHEVROLET	LUS	2	1,5	Peças: Cód. Desc. Quant.	Seleção o Código de Falha:	25-AJUSTE DE MONTABILIDADE
										Peças: Cód. Desc. Quant.	Seleção a Falha:	25-AJUSTE DE MONTABILIDADE

Figura 4 - Tabela de Ordem de Serviço (O.S.) e Código de falhas.

Tabela de registro de falhas das máquinas												
Tools	Código do Equipamento	Manutentor	Data de Emissão	Manutenções	Setor/Linha	Produto	Operador	Turno (horas)	Tempo Trabalhado (min)	Tipo de Falha	Código de Falha	
Célula 1	TAG4	VINICIUS	2	CORRETIVA	B	HONDA	MARCOS	1	2,3	E	AJUSTE NO SENSOR DE CABO EMBAIXO DO CURSOR	
Célula 1	TAG5	VINICIUS	2	CORRETIVA	C	HEVROLE	MATHEUS	3	0,075	E	FALHA NO CLP	
Célula 1	TAG5	VINICIUS	2	CORRETIVA	C	HEVROLE	MATHEUS	3	1	E	FALHA NO CLP	
Célula 1	TAG5	GABRIEL	2	CORRETIVA	B	HYUNDAI	SAURA	1	0,65	E	FALHA NO SENSOR DE CONTINUIDADE	
Célula 1	TAG2	MARCELO	2	CORRETIVA	C	FIAT	HERMANN	3	2	E	FALHA NO MOTOR DE MOVIMENTO DA RODA	
Célula 2	TAG07	MARCELO	4	PREDITIVA	B	HYUNDAI	MARCOS	1	0,048	E	FALHA NO RELE	
Célula 1	TAG5	MARQUES	4	CORRETIVA	B	FIAT	HENRIQUE	1	1	M	AJUSTE NA POSIÇÃO DE ENTREGA	
Célula 2	TAG01	MARQUES	5	CORRETIVA	A	HEVROLE	AUGUSTO	1	3	M	QUEBRA DO ACOPLAMENTO	
Célula 2	TAG07	GUSTAVO	5	CORRETIVA	B	HYUNDAI	MARCOS	3	2,15	M	FALHA DE BAIXA PRESSÃO HIDRAULICA	
Célula 1	TAG3	MARQUES	7	CORRETIVA	B	HYUNDAI	GUSTAVO	1	2	M	AJUSTE FERRAMENTAL	
Célula 2	TAG07	GABRIEL	7	CORRETIVA	C	HEVROLE	SIMÕES	3	0,5	M	FALHA NA BOMBA DE GRAXA	
Célula 2	TAG07	GABRIEL	7	CORRETIVA	C	HEVROLE	SIMÕES	3	0,5	M	FALHA NA BOMBA DE GRAXA	
Célula 2	TAG06	GABRIEL	7	CORRETIVA	C	HEVROLE	SIMÕES	3	1,3	M	QUEBRA DO ACOPLAMENTO	
Célula 2	TAG03	CHINCO	8	CORRETIVA	A	HYUNDAI	FABIO	3	1,15	E	FALHA NO ACOPLADOR	
Célula 1	TAG1	GABRIEL	8	CORRETIVA	B	HYUNDAI	HENRIQUE	2	3	E	FALHA NO SENSOR DE FIBRA OPTICA DO PARAFUSO	
Célula 2	TAG07	JOS FERNAND	8	CORRETIVA	B	HONDA	GUSTAVO	3	2	E	QUEBRA DO PINO SWITCH	
Célula 1	TAG1	CHINCO	8	CORRETIVA	A	HONDA	MARQUES	3	3	E	FALHA NO DISJUNTOR	

Figura 5 - Tabela registro de falhas das máquinas.

A Figura 6 ilustra o Passo de cálculo do indicador MTBF para a Ferramenta (TAG01), pertencente à uma Célula (Célula 2) com 419,95 horas de equipamento produzindo *versus* 1 parada por falha (manutenção corretiva), é possível também calcular os indicadores pelos meses do ano ou do ano inteiro, como ilustrado nessa figura está sendo considerado o mês de agosto. A coluna de Processo apresenta o formato do cálculo do indicador MTBF. A coluna Saída traz o resultado de 419,95 h. A coluna Cliente lista os possíveis usuários desse indicador: planos de manutenção, históricos e Ordens de Serviço (O.S.).

INDICADOR: SUPPLIER		MTBF INPUT	DESCRIÇÃO: PROCESS			
SELECIONE O TAG:		ENTRADA	PROCESSO	OUTPUT	CUSTOMER	
Escolha da Célula e equipamento a se visualizar o indicador MTBF na Planilha (Passo		> Horas de equipamento produzindo	MTBF = HD / NC	RESULTADO:	> Planos de manutenção	
Célula:	Célula 2	419,95			> Históricos	
Ferramenta:	TAG01					
					419,95	> OS
					horas disponíveis / ações corretivas	
maio junho julho agosto		> Número Total de Paradas por Falhas (Manutenções				
		1				

Figura 6 - indicador do tempo médio entre falhas (MTBF) - Fonte: elaborada pelos autores.

Assim, da mesma forma são os Passos de cálculo do MTTR, Disponibilidade, OEE, CMVP, CMFR, além dos relatórios gerais comparativos dos indicadores MTBF, MTTR, DISPONIBILIDADE, que são bastante utilizados pela Empresa em estudo, principalmente por eles serem certificados pela ISO/TS-16949.

Todos os resultados gerados mês a mês são arquivados em uma planilha paralela na qual filtrará as informações necessárias para gerar gráfico e um semáforo de performance, permitindo ao supervisor visualizar o desempenho de cada ferramenta de uma célula ou da célula em geral. É possível visualizar nas figuras 7, 8 e 9, o gráfico de desempenho, o semáforo cruzado com a meta proposta, e a tabela acumulativa mês a mês das células, para o indicador MTBF.

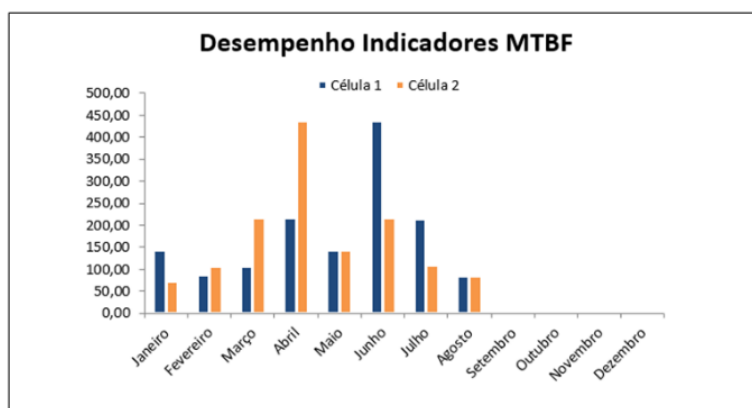


Figura 7 - Desempenho Indicadores MTBF – Fonte: Elaborada pelo autor.

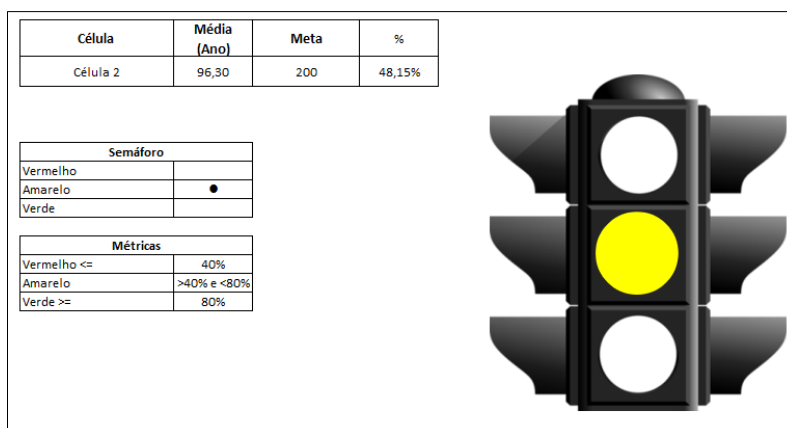


Figura 8 - Semáforo do indicador MTBF – Fonte: Elaborada pelo autor.

MTBF													
Célula	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Meta (Ano)
Célula 1	144,03	86,28	107,61	218,13	143,58	436,40	215,20	85,48	0,00	0,00	0,00	0,00	20
Célula 2	71,87	106,60	215,95	436,90	143,42	215,93	108,23	85,99	0,00	0,00	0,00	0,00	
													Média (Ano)
													96,94
													96,30

Figura 9 - Resultados obtidos do indicador MTBF/mês.

Fase 6: Gerar relatório

Nesta Fase do estudo de caso foi apresentada a ferramenta computacional completa junto ao Supervisor de Manutenção da Empresa que emitiu um parecer em relação à sua coerência e possível usabilidade no treinamento de operadores e manutentores para seu aprofundamento na lógica de registro e apuração desses indicadores mencionados anteriormente. A ideia é que a ferramenta computacional tenha uma facilidade de operação e também uma forma bem precisa do que acontece no dia-a-dia da Empresa envolvendo manutenção e operação.

Portanto, há uma percepção de que existe proximidade entre teoria de indicadores prescritos pela literatura e exigidos pela norma ISO/TS-16949, com a realidade da aplicação dos mesmos na prática cotidiana. Inclusive, há indícios de que há uma necessidade de superar o paradigma da manutenção corretiva galgando novos degraus da manutenção preventiva e preditiva.

5. Conclusão

No âmbito da manutenção industrial contemporânea foi idealizada uma ferramenta computacional baseada em planilha eletrônica que ilustrasse o processo de registro e cálculo de indicadores operacionais. Foram selecionados três indicadores principais (MTBF, MTTR, DISPONIBILIDADE) mais utilizados pela indústria automotiva e recomendados pela norma ISO/TS-16949.

Esse processo foi idealizado inicialmente de modo teórico e passou a ser ajustado e aproximado de situação real a partir de um estudo de caso em uma indústria de autopeça.

Com esses indicadores calculam-se o desempenho das máquinas ou das células em geral, tendo como o formato estrutural o método SIPOC que apresenta as entradas, processamento (forma de cálculo) e saídas, das informações para cada indicador.

Referências Bibliográficas

- KARDEC PINTO,A.; XAVIER, J.N.. *Manutenção – função estratégica*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 440 p.. 2013.
- KARDEC PINTO,A.; XAVIER, J.N.. *Manutenção – função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark.1998.
- MIGUEL, P.A.C.. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Revista Produção*, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007.
- MORAES,B.. *Exemplo de Diagrama SIPOC em planilha eletrônica (Excel)*. Disponível em: <http://www.brunomoraes.com.br/governanca-em-ti/wp-content/uploads/2010/08/Sipoc-exemplo.xls> Acessado em 01 de março de 2011.
- TAVARES, L.A.. *Controle de Manutenção por Computador*. Rio de Janeiro: Ed. Técnica Ltda. 1987.
- BUSSO, C.M. E MIYAKE, D.I.. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. *Produção ou (Production)*. V. 23, n. 2, p. 205-225, abr./jun. 2013.
- DONG, Z; CHUAN, L; YONGXIANG, L. E ZHIQI, G.. A system's mean time to repair allocation method based on the time factors. *Quality and Reliability Engineering International*. V. 30, p. 247-256. 2014.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; PARENTI, L.V.; JUNIOR, J.F. E MAURICIO, T.B.. Adaptação do indicador oee para análise de perdas produtivas relacionadas ao uso da energia elétrica. **Evento: ENEGEP**. 08 a 11 de outubro de 2013.

MENEZES, G.S; SANTOS, M.N E CHAVEZ, G.D.. O pilar manutenção planejada da manutenção produtiva total (tpm): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM). **Gestão Industrial**. V. 11, n. 04, p. 01-35. 2015.

NETTO, R.K; SANTOS, E.P; LOURES, E.R E PIEREZAN, R.. Proposta de abordagem para estimar a condição e curva P-F de equipamentos utilizando fatores do OEE. **In: Anais do SIMPEP**. 2014. 10 a 12 de novembro de 2014.

NUNES, I.L E SELLITTO, M.A.. Implantação de técnicas de manutenção autônoma em uma célula de manufatura de um fabricante de máquinas agrícolas. **Produção Online**. V. 16, n. 2, p. 606-632, abr./jun. 2016.

PAIVA, J.A E SOUZA, F.C.. Modelo de contrato de terceirização de manutenção: uma abordagem principal-agente. **Produção ou (Production)**. V. 22, n. 4, p. 796-806, set. / Dez. 2012.

SILVA, D.S.; LUCENA, A.D.; MEDEIROS, L.D.; COSTA, D.O. E ANDRADE, J.D.. Estudo de indicadores chave de desempenho em manutenção e construção de um dashboard em uma indústria do ramo petrolífero. **In: Anais do ENEGEP**. 13 a 16 de outubro de 2015.

WANG, F.K E CHU, T.P.. The Mean Time Between Failures for an LCD Panel. **Quality and Reliability Engineering International**. V. 27, p. 203-208. 2011.

YUNIAWAN, D.; ITO, T. E BIN, M.E.. Calculation of overall equipment effectiveness weight by Taguchi method with simulation. **Concurrent Engineering: Research and Applications**. V. 21, n. 4, p. 296-306. 2013.

BRISTOT, V.M.; DAL PONT, A.L.; GUIMARÃES FILHO, L.P.; GUIMARÃES, M.L.F.. Estudo da produção científica sobre a manutenção industrial. **Revista Sodebras**. V. 12, n° 139, julho/ 2017.

SANTOS, M.R.S., SALGADO, M.H.; CREPALDI, A.F.. Previsão de demanda para peças de reposição de alto giro: aplicação de método descritivo simples comparado com o modelo suavização exponencial; **Revista Sodebras**. V. 9, n° 100, abril/ 2014.

OLIVEIRA, J.M.; NUNES, L.E.N.P.; CORREA, V.A.. Troca rápida de ferramenta com auxílio de simulação computacional aplicada em processo de extrusão de compostos. **Revista Sodebras**. V. 7, n° 84, dezembro/ 2012.

Agradecimento: ao CNPq pelo fomento a essa pesquisa via Bolsa de Estudo.