

## ÍNDICE DE NÍVEL DE MANUTENÇÃO MECÂNICA PARA A INDÚSTRIA

Bruna Kolczycki Borges (UTFPR) brunakb2@hotmail.com  
Thaís Regina Dotto (UTFPR) thaisdotto@gmail.com  
Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha (UTFPR) eng.garbin@gmail.com

### Resumo

A Manutenção é vista como uma área estratégica por ser indispensável para a produção mesmo sem agregar valor ao produto final. Ainda que existam múltiplas maneiras de acompanhar a evolução e as tendências do processo de Manutenção, não existe um índice global que classifica o estado da Manutenção em uma determinada indústria. Desta forma, este artigo objetiva definir um índice de classificação para a indústria a partir do investimento, aplicação e resultados da Manutenção. Com base na norma europeia para cálculo de índices de desempenho e a partir de noções de importância destes valores no quadro geral da Manutenção, desenvolveu-se uma fórmula que avalia diversas categorias de desempenho e gera um único valor. Tal grandeza, denominada de Índice Geral de Manutenção (IGM), possibilita criar um panorama geral em qualquer região ou área industrial, já que permite avaliar e comparar diferentes empresas com um indicador único e padronizado.

**Palavras-Chaves:** Manutenção. Índice, desempenho, mecânica, indústria.

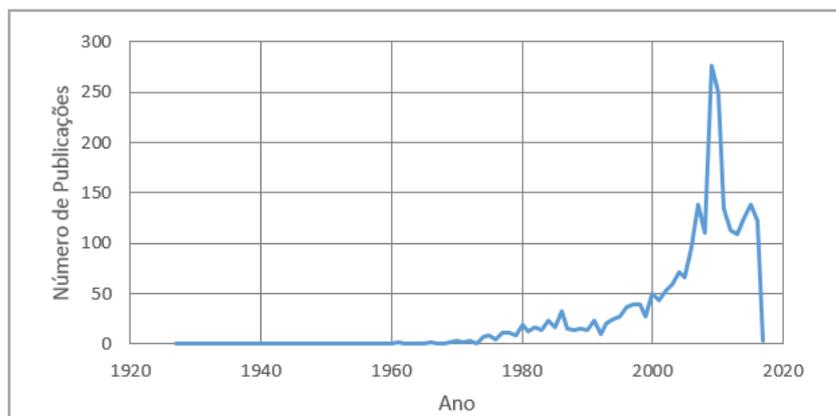
### 1. Introdução

A área de produção recebe grande atenção na atividade industrial por estar diretamente ligada ao volume de vendas e, portanto, ao lucro recebido. Nesta esfera, a Manutenção tem uma função antagônica, visto que enquanto gera custos que não agregam valor ao produto final, é essencial para a atividade de produção. A partir desta análise, Maggard e Rhyne observaram em 1992 a necessidade de promover a Manutenção como estratégia empresarial em concordância e complemento a outras técnicas como o Just-in-Time e a Gestão da Qualidade Total (TQM). Como resultado, eles desenvolveram e apresentaram a Manutenção Produtiva Total (TPM) buscando a integração de ambas as áreas.

Apesar das inovações na área, nos anos 90 os estudos de Mobley - o qual estimou as despesas de Manutenção entre 15 e 40% o custo total do produto final - estimularam os estudos de caso para redução dos custos proveniente da Manutenção. Nas últimas décadas o tema passou a ter

maior relevância. A Figura 1 apresenta os resultados de uma busca na base de dados Scopus® realizada em novembro de 2016 para termos de busca ‘Manutenção’ e ‘Redução de custos’.

Figura 1 - Número de publicações com o tema Manutenção e redução de custos em função do ano de publicação para busca na base de dados Scopus®



Fonte: Base de dados bibliográfica Scopus® (2016)

Por consequência dessa demanda, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) ganhou espaço competitivo no mercado por visar, de acordo Macchi, em 2012, a garantia da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos com o menor custo.

Todas essas técnicas e metodologias de melhoria geraram índices de desempenho para acompanhamento das atividades de Manutenção e suas consequências de custo, tempo e qualidade na produção. Além disso, também promoveram a prática de análise para determinação dos investimentos de melhor custo-benefício. Por exemplo, em um estudo de caso de Manutenção preventiva de 2016, Corrêa e Dias desenvolveram um modelo matemático que otimiza a periodicidade da Manutenção preventiva a partir do cálculo do custo de Manutenção em função da vida útil do sistema.

Analisando o contexto industrial, observa-se, segundo Campbell e Jardine (2001), a inclusão da Manutenção como parâmetro de competitividade no mercado. Todavia, as comparações entre empresas são realizadas entre pontos específicos a partir de índices de desempenho em diferentes categorias, conforme listam os autores. Assim, é usual verificar o nível da concorrência com base no custo da Manutenção no valor do produto, nas técnicas de aplicadas, nas horas de trabalho dedicadas às atividades de Manutenção, no número de colaboradores no departamento de Manutenção, entre outros.

Revela-se, então, uma ausência de índice único que permita comparar e classificar a utilização e o desenvolvimento da Manutenção na indústria. Esta lacuna também dificulta a

apresentação de um quadro geral da situação tecnológica da Manutenção em qualquer região e competência.

Com base em índices de desempenhos já aplicados na indústria para acompanhamento das atividades de Manutenção e no histórico de evolução desta área, este trabalho tem o intuito de definir um índice de classificação para a indústria, fundamentado em investimentos e na aplicação das técnicas de Manutenção. Em suma, busca-se criar uma fórmula matemática que permita avaliar o cenário da Manutenção a partir de parâmetros de classificação e da relevância de cada um na performance final.

## **2. Referencial teórico**

Esta seção tem como objetivo estabelecer o referencial teórico, relacionado aos principais conceitos discutidos no presente artigo. Para atingir tal finalidade julgou-se necessário abordar os assuntos: Indicador-chave de desempenho, Categorias de Fatores de Desempenho e Tipos de Manutenção.

### **2.1 Indicador-chave de desempenho**

Indicadores são as ferramentas de gestão mais utilizadas na medição de níveis de desempenho, visto que permitem verificar a aproximação ou o distanciamento dos processos a suas respectivas metas. Os indicadores-chave de desempenho permitem uma integração e comunicação entre diferentes setores e podem ser quantitativos e qualitativos.

Para o caso da Manutenção, a norma europeia EN 15341:2005 lista e descreve diversos indicadores que consideram fatores econômicos, técnicos e aspectos organizacionais. Em adição, a norma define a Performance de Manutenção como sendo o resultado da utilização de recursos em ações que buscam a retenção e/ou restauração de um item em um estado no qual ele possa executar a função necessária.

A aplicação de indicadores é motivada pelos objetivos do processo e a necessidade de acompanhar sua evolução até atingir metas definidas. Dessa forma, os parâmetros utilizados não são impostos por uma regra ou norma, mas pelas capacidades de traduzir diferentes desempenhos nas atividades de Manutenção.

Uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Manutenção em 2011, de acordo com as empresas brasileiras, os indicadores de desempenho com maior grau de importância são,

em ordem crescente: custos, frequência de falhas, satisfação do cliente e disponibilidade operacional. Todos com uma relação direta de maior ou menor grau com o objetivo final das empresas: o lucro.

## 2.2 Categorias de Fatores de Desempenho

Consoante Oliveira *apud* Campbell e Jardine, os parâmetros utilizados para o controle de desempenho de uma atividade podem ser divididos nas seguintes categorias:

- Resultados gerais: custo de Manutenção em relação ao custo total do produto final;
- Produtividade: horas dedicadas às atividades de Manutenção em relação ao tempo de produção;
- Organização: técnicas de Manutenção aplicadas;
- Eficiência dos trabalhos: horas de máquina parada, Manutenção corretiva não planejada, acidentes devido à falta de Manutenção;
- Custos: despesas relacionadas à substituição e retrabalho de peças, horas e pessoal dedicado às atividades de Manutenção, utilização de energia, treinamento de pessoal;
- Qualidade: impacto da condição dos equipamentos na qualidade do produto final.

Criando uma correspondência entre as categorias de desempenho e os indicadores com maior grau de importância apresentados no tópico anterior, é possível ordenar os parâmetros de controle conforme o quadro a seguir.

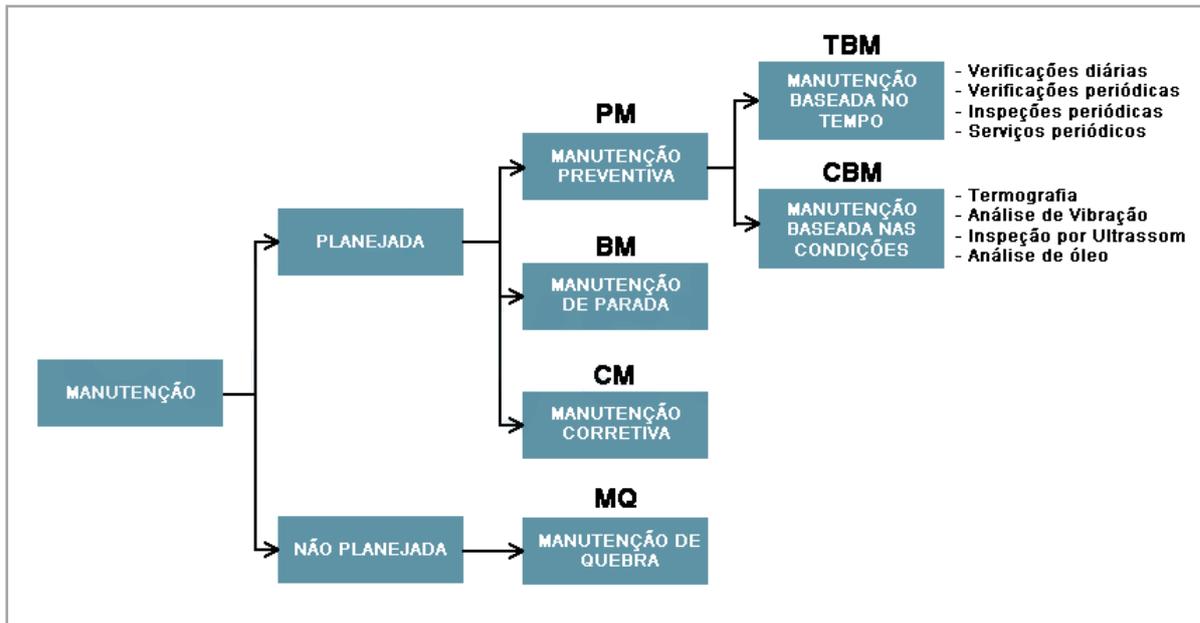
Quadro 1 – Parâmetros de controle do indicador

| Grau de Importância | Indicador de Desempenho     | Categoria de Fatores de Desempenho | Nível de Contribuição |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| G1                  | Custos                      | Resultados Gerais                  | 1                     |
|                     |                             | Custos                             | 2                     |
| G2                  | Frequências de falha        | Eficiência dos trabalhos           | 3                     |
| G3                  | Satisfação do cliente       | Organização                        | 4                     |
|                     |                             | Qualidade                          | 5                     |
| G4                  | Disponibilidade operacional | Produtividade                      | 6                     |

### 2.3 Tipos de Manutenção

Conforme Silveira, a operação de Manutenção possui como objetivos assegurar a disponibilidade dos equipamentos com qualidade nos serviços e garantir a segurança do equipamento e das pessoas que trabalham na empresa. Como apresentado na figura 2, existem seis tipos de Manutenção que se diferenciam por suas atividades serem planejadas ou não planejadas.

Figura 2 - Tipos de Manutenção



Fonte: Os 6 Tipos de Manutenção. Silveira (2009).

A Manutenção preventiva programa intervenções nos equipamentos de forma a evitar falhas e mantê-lo em funcionamento. Ela combina a Manutenção baseada no tempo, que realiza manutenções periódicas para prevenir falhas, com a Manutenção baseada nas condições, que utiliza da Manutenção preditiva para monitorar dados e realizar a Manutenção apenas quando necessário. Já a Manutenção de parada, como o nome diz, para a máquina para realizar revisões e reparos, assegurando o bom desempenho.

A Manutenção corretiva consiste nas atividades planejadas para corrigir defeitos após eles ocorrerem. Na Manutenção de quebra, também ocorre o reparo da falha após o seu acontecimento, mas não há planejamento das atividades visto que é utilizada para equipamentos que não afetam significativamente a produção.

A utilização de cada tipo de Manutenção depende da criticidade do equipamento, dos custos da Manutenção e da segurança promovida. Sendo assim, deve ser realizada uma análise de cada caso para verificar qual a melhor opção.

### 3. Metodologia

Com base em Oliveira *apud* Campbell e Jardine, selecionam-se as seguintes categorias de análise relevantes para a criação do índice desejado.

- Resultados Gerais
- Produtividade
- Organização
- Eficiência do trabalho
- Custos
- Qualidade

Utilizando como base os indicadores especificados na Norma prEN 15341:2005, são relacionados os mais relevantes para cada categoria de interesse para o estudo. Para obter os índices de cada grupo, considera-se a tendência que o indicador deve seguir, ou seja, se quanto maior mais favorável ou desfavorável para a situação geral da Manutenção.

Desta forma, obtêm-se indicadores para cada categoria, combinando-os de acordo com a relevância da categoria para criar o Índice Geral de Manutenção (IGM).

### 4. Desenvolvimento

O quadro 2 apresenta os indicadores relevantes para cada categoria e a tendência visada para obter a excelência no processo de Manutenção.

Quadro 2 - Indicadores relevantes para cada categoria do Índice IGM

| Índice | Categoria         | Indicadores Relevantes (prEN 15341:2005)  | Tendência |
|--------|-------------------|---|-----------|
| A      | Resultados Gerais | $E4 = (\text{custo total de manutenção}) / (\text{custo de transformação da produção})$ | ↓         |

|   |                        |  |   |
|---|------------------------|--|---|
| B | Custos                 | $E20 = (\text{custo de parada para manutenção}) / (\text{custo total de manutenção})$  | ↓ |
|   |                        | $E1 = (\text{custo total de manutenção}) / (\text{valor de substituição do ativo})$  | ↓ |
| C | Eficiência do trabalho | $T1 = (\text{tempo total de operação}) / (\text{tempo total de operação} + \text{tempo parado da manutenção})$                   | ↑ |
|   |                        | $T10 = (\text{número de falhas causando potencial dano ao ambiente}) / (\text{número total de falhas})$                          | ↓ |
|   |                        | $E6 = (\text{disponibilidade dos equipamentos}) / (\text{custo total de manutenção})$  | ↑ |
| D | Organização            | $E15 = (\text{custo da manutenção corretiva}) / (\text{custo total de manutenção})$  | ↓ |
|   |                        | $E16 = (\text{custo da manutenção preventiva}) / (\text{custo total de manutenção})$   | ↑ |
|   |                        | $E17 = (\text{custo da manutenção preditiva}) / (\text{custo total de manutenção})$  | ↑ |
|   |                        | $E18 = (\text{custo da manutenção pré-determinada}) / (\text{custo total de manutenção})$  | ↑ |
|   |                        | $O5 = (\text{homem-horas de manutenção planejada}) / (\text{homem-horas total de manutenção})$                                   | ↑ |
|   |                        | $O21 = (\text{homem-hora de manutenção extra}) / (\text{homem-hora total disponível para manutenção})$                           | ↓ |
| E | Qualidade              | $O22 = (\text{núm.de ordens de trabalho executadas como planejado}) / (\text{número total de ordens de trabalho de manutenção})$ | ↑ |
|   |                        | $E19 = (\text{custos de melhoria}) / (\text{custo total de manutenção})$   | ↑ |
|   |                        | $T8 = (\text{número de sistemas analisados criticamente}) / (\text{número total de sistemas})$                                   | ↑ |
| F | Produtividade          | $O26 = (\text{número de ativos para manutenção recebidos}) / (\text{número de ativos para manutenção solicitados})$              | ↑ |
|   |                        | $T2 = (\text{disponibilidade operacional} + \text{duração da manutenção}) / (\text{duração planejada para manutenção})$          | ↓ |

Os indicadores de cada uma das seis categorias do quadro 2 são calculados segundo as equações a seguir.

- $A = E4$
- $B = E1 \times E20$
- $C = T10 / (T1 \times E6)$

- $D = (E15 \times O21) / (E16 \times E17 \times E18 \times O5)$
- $E = 1 / (O22 \times E19 \times T8)$
- $F = T2 / O26$

O Índice Geral de Manutenção (IGM) pode ser calculado como uma contribuição de parcelas de cada categoria de interesse para a Manutenção:

$$IGM = 0,25 \times A + 0,20 \times B + 0,20 \times C + 0,15 \times D + 0,10 \times E + 0,10 \times F$$

Quanto mais baixo o índice IGM, melhor a situação da Manutenção para o caso analisado.

## 5. Considerações finais

O Índice Geral de Manutenção (IGM) engloba fatores de grande relevância à compreensão da performance de Manutenção em uma dada empresa. Por ser baseado em categorias comuns de aplicação, o índice motiva a busca por análise da concorrência global já que não gera custos adicionais em sua implementação.

Ademais, com a divisão do cálculo do IGM, é facilitada a análise dos resultados gerais, dos custos, das eficiências dos trabalhos, da organização, da qualidade e da produtividade.

Com a aplicação de filtros de relevância e representatividade, bem como a utilização de uma norma padronizada como base, foi possível desenvolver uma fórmula matemática que pode ser utilizada em qualquer empresa, tenha ela um departamento dedicado à Manutenção ou não, visto que o IGM é enxuto, simples e, mais importante, global.

Em busca de melhorias do trabalho produzido, sugere-se que sejam realizados estudos para determinação de valores mais precisos de contribuição para cada grupo de parâmetros de desempenho.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional de Manutenção: A Situação da Manutenção no Brasil**. Curitiba, 2011.

BRITISH STANDARDS. **Maintenance: Maintenance Key Performance Indicator, prEN-15341**. Londres, 2005.

CAMPBELL, John D.; JARDINE, Andrew KS. **Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions**. CRC Press, 2001.

CORRÊA, R. F.; DIAS, A. **Modelagem matemática para otimização de periodicidade nos planos de Manutenção preventiva**. Gestão da Produção vol.23 no.2 São Carlos, 2016.

MACCHI, M.; GARETTI, M.; CENTRONE, D.; FUMAGALLI, L.; PAVIRANI, G. **Maintenance management of railway infrastructures based on reliability analysis**. Reliability Engineering & Systems Safety, v.104, n.1, p.71-83, 2012.

MAGGARD, Bill N.; RHYNE, David M. **Total productive maintenance: a timely integration of production and maintenance**. Production and Inventory Management Journal, v. 33, n. 4, p. 6, 1992.

MOBLEY, R.K. **An introduction to predictive maintenance**. Van Norstrand Reinhold; N. York, 1990.

OLIVEIRA, A. Marcelo; LOPES, Isabel da Silva; FIGUEIREDO, Danielle. **Maintenance management practices of companies of the industrial pole of Manaus**. In: World Congress on Engineering and Computer Science 2014. IAENG-international Association of Engineers, 2014. p. 1016-1022.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Os 6 Tipos de Manutenção**. Citisystems. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/tipos-manutencao-industria/>>. Acessado em: 10 de dezembro de 2016.