

TOMADA DE DECISÃO EM MANUTENÇÃO A PARTIR DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DE FALHAS: ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA TORRE DE RESFRIAMENTO

Ana Paula de Abreu Rosa Alves Bento

Dayana Alves

Thiago Grillo

Considera-se de extrema importância agir estrategicamente nas atividades de manutenção. A economia globalizada altamente competitiva está exigindo qualidade dos serviços e confiabilidade. Os processos de gestão estão cada vez mais requisitados, pois impactam no sucesso de uma operação. Devido à evolução tecnológica e necessidade de performance, os processos de manutenção são programados para evitarem falhas e não somente corrigí-las. Para evitar tais falhas, as empresas buscam estratégias de manutenção consistentes em suas operações. Este enfoque contribui com o aumento de lucratividade, através do ganho de disponibilidade e confiabilidade. Esse trabalho tem por objetivo, analisar os modos de falha existentes em uma torre de resfriamento em uso no setor automobilístico. Foram desenvolvidos cálculos de confiabilidade para suportar a decisão na estratégia de manutenção da área, evitando falhas frequentes. O artigo mostra opção para aumento da confiabilidade do ativo.

Palavras-chave: RCM. Confiabilidade. Análise de Weibull. Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

As atividades de manutenção nos últimos anos têm passado por diversas mudanças. Essas mudanças têm influenciado na conscientização dos profissionais, mostrando o quanto as falhas ocorridas em um equipamento afetam a segurança e o meio ambiente, qualidade do produto,

maior pressão para conseguir disponibilidade e confiabilidade nos processos e redução constante de custos.

Quando se compara a atividade de manutenção atual com a atividade de manutenção do passado, pode-se notar que diversas diferenças na estratégia de manutenção são causadas basicamente pela evolução tecnológica.

Até a década de 1940, não era necessária uma manutenção sistemática, pois a manutenção era fundamentalmente corretiva, devido à produtividade não ser prioritária.

Entre os anos 1940 e 1970, devido ao período de guerra, a solicitação por diversos tipos de produtos aumentou, ocasionando investimentos fortes na mecanização dos processos. Foi evidenciada a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade em busca de maior produtividade. Começou nessa época a importância de se evitar falhas nos equipamentos, resultando no conceito de manutenção preventiva.

Após 1970, devido ao crescimento da automação e da mecanização, a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se essenciais para o sucesso da produção. Afinal, maior automatização também significa a existência de falhas cada vez mais frequentes, afetando a qualidade dos produtos.

Para que exista uma manutenção não apenas eficiente, mas também eficaz, é necessário atuar na estratégia da manutenção. Sendo assim, para a manutenção ser estratégica é necessário definir metas a serem alcançadas, baseadas no histórico da planta existente e nas falhas ocorridas.

Para uma manutenção com qualidade, não basta apenas reparar o equipamento e/ou instalação, é preciso manter a função do mesmo disponível para a operação, reduzindo assim a probabilidade de paradas na produção e minimizando os impactos financeiros.

Espera-se que a modelagem de confiabilidade contribua para evitar o aparecimento de falhas frequentes no processo. O desenvolvimento de cálculos de confiabilidade para atuação na estratégia de manutenção da área.

2. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma pesquisa quantitativa que utiliza como método o estudo de caso. O foco deste trabalho é realizar a análise de confiabilidade uma máquina torre de resfriamento em uso no setor automobilístico.

Foi utilizado o *software* Weibull++9® (RELIASOFT CORPORATION®, 2015) e excel para a modelagem da função confiabilidade.

A análise sistêmica de falhas foi desenvolvida com base na estatística existente para os cálculos de confiabilidade e disponibilidade. Após o desenvolvimento dos cálculos, serão desenvolvidas análises específicas para cada tipo de falha e possível direcionamento para atuação na estratégia de manutenção

3. ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Devido às intervenções nos sistemas, há diversos tipos de manutenção. A classificação das atividades de manutenção se divide geralmente em manutenção corretiva, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

A manutenção corretiva tem como característica a ação de corrigir ou até mesmo restaurar o funcionamento dos equipamentos. A manutenção corretiva não é só uma manutenção de emergência.

Já a manutenção preventiva tem como objetivo evitar ocorrência de falhas. A manutenção preventiva é de extrema importância, pois a mesma visa à segurança do sistema. Quando no sistema há política de manutenção preventiva, o fator segurança é mais importante que os demais.

A manutenção detectiva tem como objetivo detectar falhas ocultas. A identificação de falhas ocultas é muito importante para garantir confiabilidade dos processos.

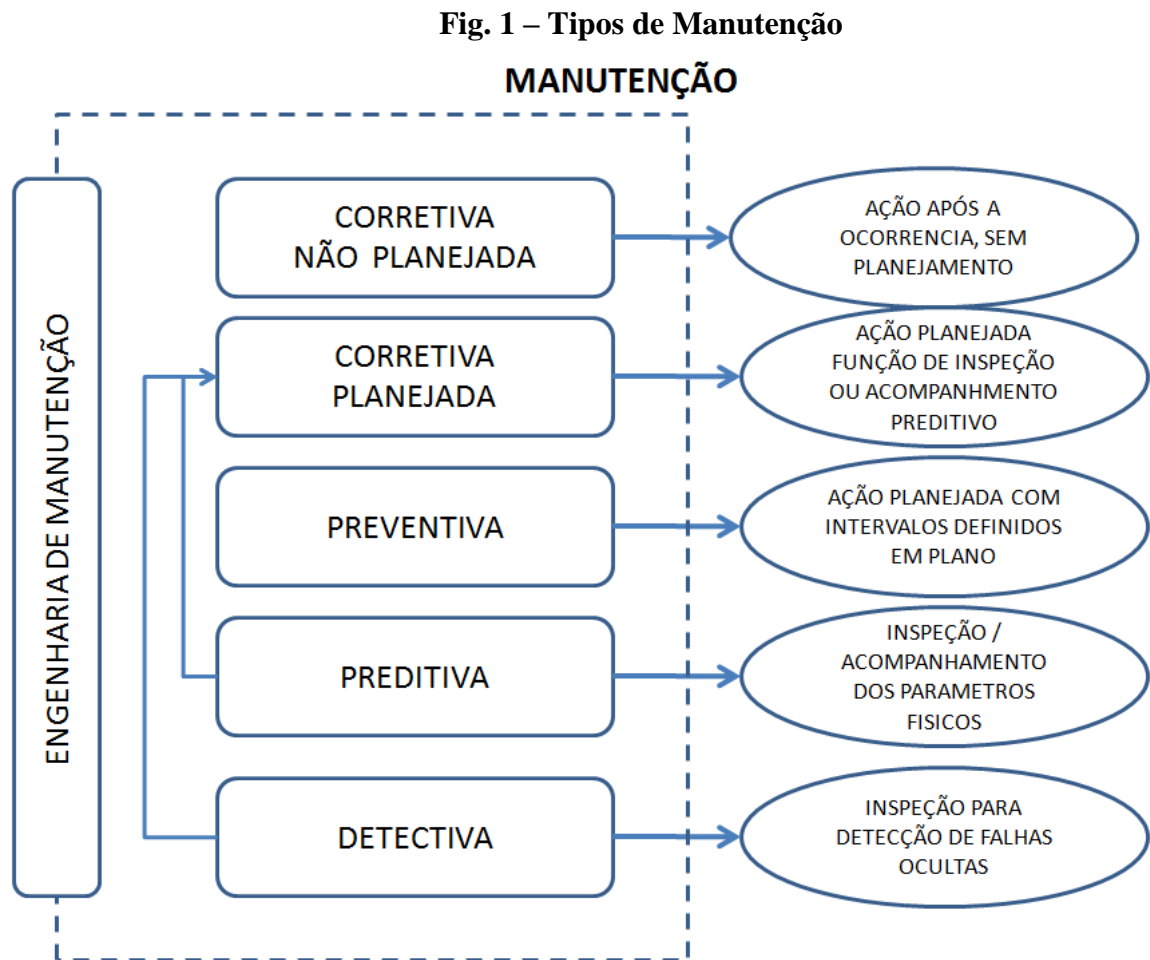
Já a manutenção preditiva tem como objetivo prevenir falhas através de acompanhamento de parâmetros. Quando se aplica a manutenção preditiva tem-se um funcionamento contínuo do equipamento, em um intervalo de tempo maior. Para se analisar o estado de um equipamento,

é necessário o acompanhamento de alguns parâmetros, tais como: monitoração subjetiva, objetiva e contínua.

Engenharia de manutenção não é nada mais do que parar de consertar os equipamentos frequentemente e focar nas razões específicas das falhas. Ao se aplicar a engenharia de manutenção no processo, ou seja, melhorar técnicas consegue-se melhores resultados

Os diversos tipos de manutenção têm como objetivo garantir a disponibilidade de um equipamento em conformidade com a segurança, meio ambiente, custo e confiabilidade, influenciando na qualidade do sistema.

Na figura 1, representada os tipos de manutenção com os objetivos pré-estabelecidos e suas relações. A engenharia de manutenção engloba todos os tipos de manutenção.



Para que os processos de manutenção funcionem integradamente é necessário o sistema de controle da manutenção, afinal este sistema mostra os serviços, datas de conclusão, recursos necessários, tempo disponíveis, custos, materiais entre outros.

Os primeiros sistemas informatizados de manutenção foram criados pelas próprias empresas e hoje em dia já se encontram os *softwares* no mercado. O recurso em questão possibilita que o operador consulte os documentos do equipamento ao mesmo tempo que realiza a manutenção.

As empresas dos dias de hoje estão em uma busca constante de excelência operacional. A Excelência operacional permite que as empresas organizem e estruturem seus processos, pessoas e tecnologias para gerar valor, por meio de uma operação de menor custo e do aumento da produtividade de seus ativos e auxilia na velocidade e na flexibilidade necessárias para responder, de forma eficiente e eficaz, às mudanças no mercado.

Ser excelente é executar com disciplina, de acordo com os padrões estabelecidos, alcançando os resultados esperados e buscando constantemente as oportunidades de melhoria, de modo a realizar a coisa certa, no tempo certo, da maneira mais eficiente.

O que a operação espera da manutenção é uma maior disponibilidade confiável com um menor custo. Quanto maior for a disponibilidade menor será a demanda se serviço.

4. ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE

Apresenta-se, na expressão 1, a função densidade de probabilidade da função Weibull.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - \gamma)^{\beta-1} e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^\beta}$$

(1)Onde:

β é parâmetro de forma

γ é parâmetro vida mínima

η é parâmetro vida característica

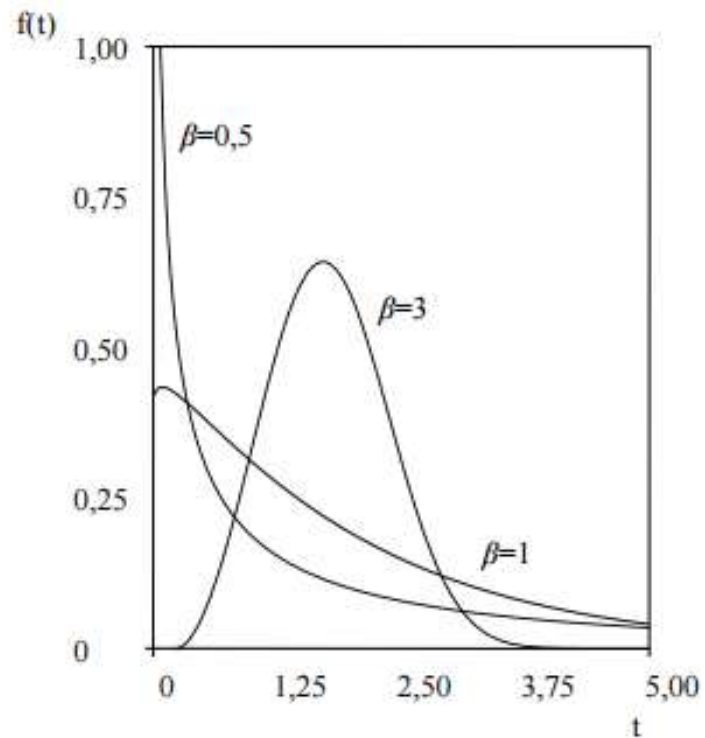
O parâmetro β indica se a taxa de falha está crescente, constante ou decrescente. Para $\beta < 1$ a taxa de falha é decrescente:

$\beta = 1$ Falha constante

$\beta > 1$ Falha crescente

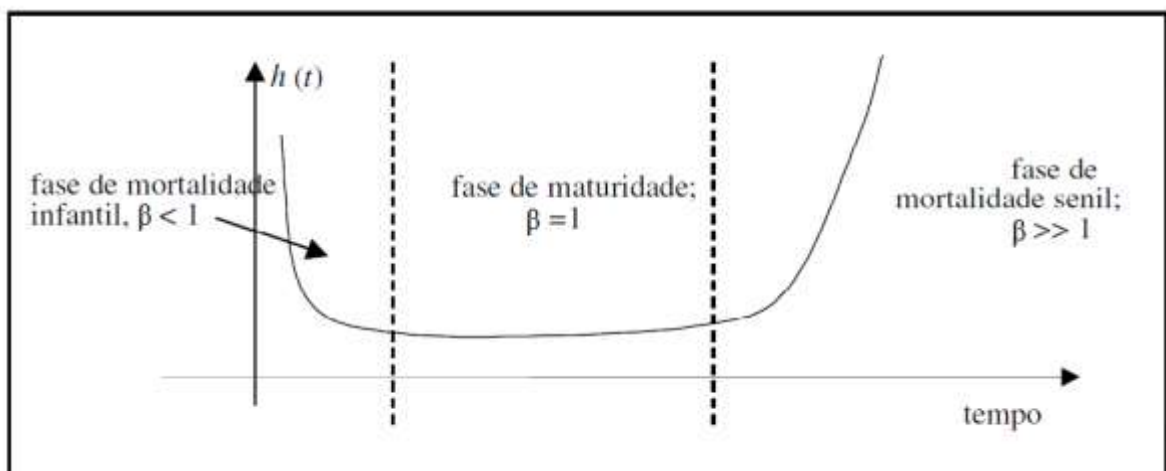
A figura 2 apresenta a variação da ocasionada pelo parâmetro β .

Fig. 2 - Variação ocasionada pelo parâmetro β (distribuição de Weibull)



Conforme figura 3, a curva da banheira representa a análise do comportamento da taxa de falha de um equipamento ao longo do tempo. A curva em questão, representa as fases características de vida de um sistema: mortalidade infantil, maturidade e mortalidade senil.

Fig. 3– Curva da banheira



A estratégia de manutenção mais adequada para um dado componente é dependente do comportamento de seus modos de falha.

A confiabilidade é definida como a probabilidade de desempenhar seu objetivo especificado, por um determinado período de tempo, sob condições normais.

5. ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A atual estratégia de manutenção da torre de resfriamento é baseada em inspeções. Essas inspeções são realizadas conforme estudo histórico das falhas na máquina, porém assume-se que a taxa de falha é constante, logo, a curva modelada é considerada exponencial.

Visto que poucos componentes têm a característica de falha aleatória, este trabalho mostrará se a função de confiabilidade escolhida atendera a demanda ou não.

6. ESTUDO DE CASOS

6.1. Análise de falhas ocorridas em 2017 e 2018

Para estudos de confiabilidade em manutenção, é necessário determinar uma distribuição de probabilidade que se ajuste aos dados de tempo de vida do sistema. Com a base de dados de todas as falhas ocorridas em uma torre de resfriamento de uma empresa automobilística, utilizou-se o *software* Weibull++⁹® (RELIASOFT CORPORATION, 2015) e o excel para identificar a melhor aderência da distribuição.

O β da torre de resfriamento é menor que 1 (figura 4), ou seja, decrescente.

Fig. 4– Parâmetros torre de resfriamento

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,950546233
R-Quadrado	0,903538141
R-quadrado ajustado	0,879422676
Erro padrão	0,368092508
Observações	6

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	5,076504915	5,076504915	37,4671668	0,003608039
Resíduo	4	0,541968379	0,135492095		
Total	5	5,618473294			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat</i>	<i>valor-F</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	-4,403498538	0,655092267	-6,721951643	0,002550721	-6,222326255	-2,584670821	-6,222326255	-2,584670821
LN (TTF)	0,65755283	0,107424966	6,12104295	0,003608039	0,359293309	0,95581235	0,359293309	0,95581235
Beta	0,65755283							
Alfa	809,8087398							

RESULTADOS DE RESÍDUOS

<i>Observação</i>	<i>Previsto(a) ln (ln (TTF- med rank))</i>	<i>Resíduos</i>
1	-2,313760249	0,158144243
2	-1,034221524	-0,141048891
3	-0,099585347	-0,501958204
4	0,005008093	-0,152295128
5	0,060609042	0,221308753
6	0,378487604	0,415849227

Fonte:Elaborado pelo autor

A máquina em análise apresenta características de mortalidade infantil.

As características de $\beta < 1$ ocorrem mais frequentemente onde o equipamento está em fase inicial e ajuste. Existem duas tarefas que se aplicam nestas circunstâncias: ajuste nos parâmetros de projeto e demanda.

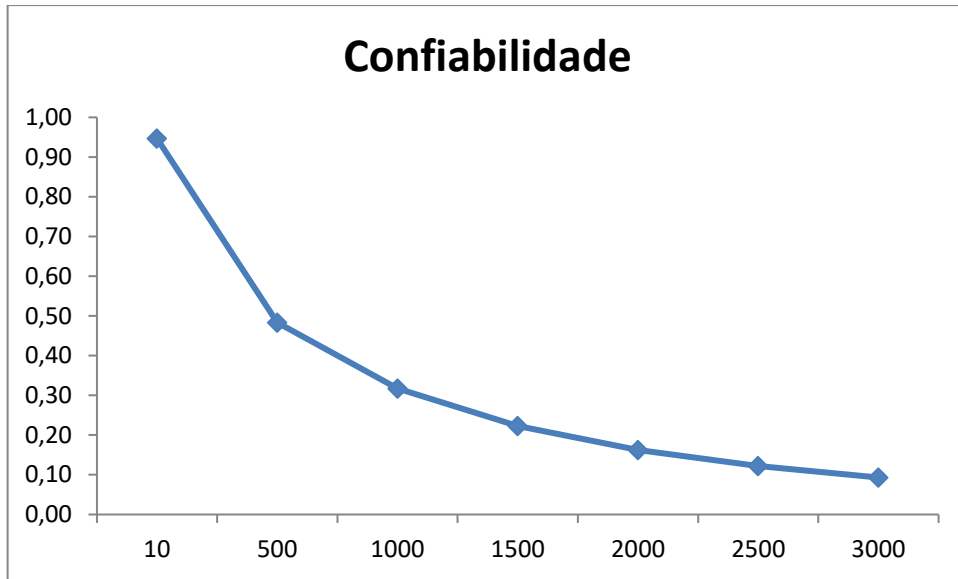
Utilizando o *software* Weibull++9® (RELIASOFT CORPORATION, 2015), mostra-se que a taxa de falhas dos equipamentos, sistemas, conjuntos e componentes não é constante. Neste contexto é que surge a confiabilidade quantitativa. Assim, objetiva-se a corrigir esta falha conceitual tão comum na manutenção.

Considera-se a função confiabilidade $R(t)$ como a probabilidade acumulada de não falha, o somatório de $R(t)$ e $F(t)$ deve ser unitário (equação 2):

$$F(t)+R(t) = 1 \quad (2)$$

Observa-se, na figura 5, que o gráfico de confiabilidade pelo método de regressão linear e weibull do excel, descreve adequadamente os dados de tempo entre falhas.

Fig. 5 – Gráfico - Confiabilidade versus Tempo (em horas)

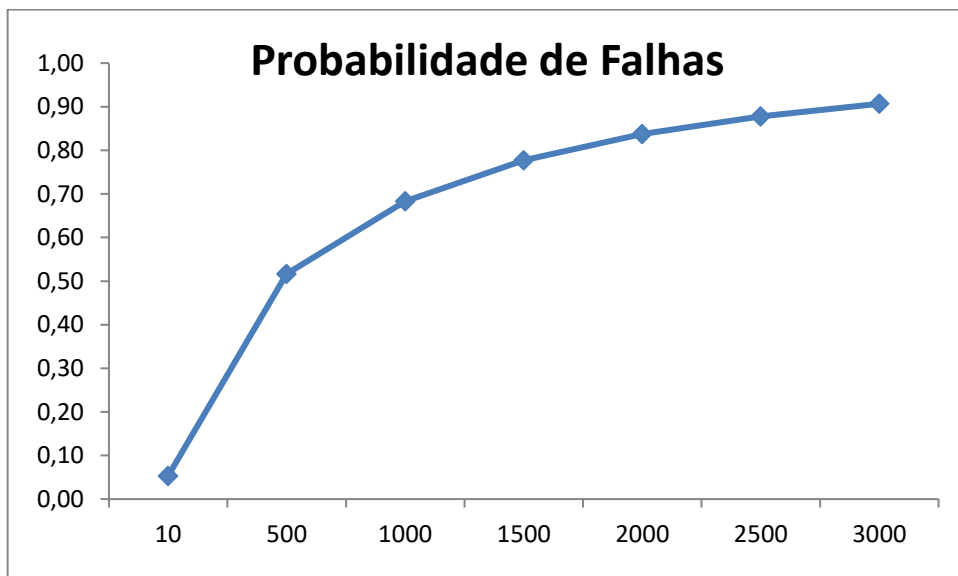


Fonte:Elaborado pelo autor

Com base no gráfico da figura 5, a confiabilidade da torre de resfriamento executar em funcionamento normal, sem apresentar falhas em valores maiores que 600 horas, é de aproximadamente 44%.

Observa-se, no gráfico da figura 6, que o gráfico de probabilidade de falhas pelo método de regressão linear e weibull do excel .A probabilidade da torre de resfriamento apresentar falhas em tempos maiores que 600 horas é grande, cerca de 56%.

Fig. 6 – Gráfico – Probabilidade de falhas versus Tempo (em horas)



Fonte:Elaborado pelo autor

Ainda com o auxílio do *software* Weibull++9® (RELIASOFT CORPORATION, 2015), nota-se que a maior incidência de falhas ocorre até 700 horas de TBF (*Time between failures*).

7. GANHOS FINANCEIROS

Saving de R\$108.139,24 (eliminação de perdas com: mão de obra + material + produção) após a adequação do maquinário.

8. CONCLUSÕES

Como a confiabilidade é definida como a probabilidade que um equipamento possa desempenhar uma função específica, durante um intervalo de tempo, a torre de resfriamento em análise está com a confiabilidade baixa, pois a mortalidade infantil está alta. Assim, a engenharia de projeto deverá atuar. Esse tipo de característica ($\beta < 1$) é típica como ajuste de projeto.