

Emprego da análise de falhas para o direcionamento das atividades de manutenção em um equipamento industrial através da realização de um estudo de caso

Luiz Henrique Sbardelotto (FENG/PUCRS) gcique@hotmail.com
Jairo José de Oliveira Andrade (PGETEMA/FENG/PUCRS) jairo.andrade@puccs.br

Resumo:

O objetivo do presente trabalho é utilizar a análise de confiabilidade para o auxílio na tomada de decisão para proposição das atividades de manutenção em um equipamento, possibilitando o entendimento das causas e efeitos dos seus modos de falhas. Após a análise dos dados, identificou-se em que fase da curva da banheira os modos de falha estudados se encontram, além do cálculo de disponibilidade dos mesmos. O estudo e aplicação das ferramentas permitiram identificar e comparar falhas da manutenção atual e sugerir ações de melhorias, bem como definir o tipo de manutenção mais adequado a cada tipo de modo de falha.

Palavras chave: Análise de confiabilidade, manutenção, modos de falha.

Maintenance in industrial equipment: failure investigation in a stamp press through a reliability analysis

Abstract

The objective of this work is to use a reliability analysis to aid decision-making proposition for maintenance activities in an equipment, enabling the understanding of the causes and effects of its failure modes. After analyzing the failure data, it was identified that bathtub curve of phase failure modes are studied, and the availability of equipment was determinate. The study and application of the tools possible to identify and compare the current maintenance procedures and suggest improvement actions and define the most appropriate maintenance type for each failure mode.

Key-words: Reliability analysis, maintenance, failure mode.

1. Introdução

A alta demanda e a grande competitividade gerada pela internacionalização dos mercados vêm motivando as empresas a buscar a redução dos custos operacionais. Porém, não basta somente produzir a um menor custo, deve-se agregar ao produto qualidade, preço e prazo de entrega (SLACK *et al.*, 2009). Nesta linha, as organizações buscam desenvolver produtos que tenham alto valor agregado ao menor custo de produção, a fim de aumentar a produtividade.

Antes de surgir às primeiras máquinas, a civilização já observava a prática de conservação das ferramentas e instrumentos de trabalho (ANDRADE, 2011). Em meados do século XIV surgem às primeiras máquinas têxteis a vapor e com elas as ocorrências de quebras de máquinas tornaram-se frequentes e começaram a influenciar diretamente na capacidade produtiva, no aumento de custos, atrasos de produção e a interferir diretamente no resultado

das empresas. Assim, as corporações começaram a investir cada vez mais na área da manutenção, pois as máquinas também evoluíram e atingiram patamares mais complexos, exigindo uma análise mais completa do comportamento de falhas.

A partir da detecção, registro e diagnóstico das ocorrências de falhas há uma maximização da probabilidade de atuar nas causas que realmente impactam negativamente nos resultados da produção. Na investigação devem constar as ocorrências básicas de falhas, e a informação deve ser clara e pertinente para realizar as ações que impeçam a reincidência do problema (AFONSO, 2006). Pode-se citar que, com a análise de falhas, a vida útil de equipamentos ou ferramentas aumenta, pois sua fase de desgaste prorroga-se, deixando de gastar recursos indevidamente. Por consequência, a produtividade eleva a qualidade da produção no chão de fábrica, reduzindo custos em atividades que não agregam valor.

Segundo a norma NBR 5462 (ABNT, 1994), confiabilidade é a probabilidade de um sistema exercer sem falhas a função pela qual foi projetado, por um determinado período de tempo e sob um conjunto de condições pré-estabelecidas. Sendo assim, a confiabilidade surgiu como uma ferramenta para prever as falhas de um equipamento e/ou sistemas, a fim de adequar os níveis de desempenho abaixo do esperado. A análise de confiabilidade tem como princípio a mensuração do tempo até a ocorrência da falha, sendo um modelo probabilístico, apontado através de dados levantados de falha de outros períodos da observação de seu funcionamento (ANDRADE, 2011).

Este artigo propõe a análise das falhas ocorridas em uma máquina gargalo em uma empresa da área de transportes automatizados, tendo como produto principal à fabricação de elevadores, onde não há uma metodologia de manutenção definida, assim como elevadas ocorrências de falha. O objetivo principal é empregar os conceitos de confiabilidade para o estabelecimento de atividades de manutenção em um equipamento industrial.

Os objetivos específicos deste trabalho são: (i) coletar os dados históricos de falhas da máquina e separá-los em modos de falha; (ii) analisar os modos de falhas através do diagrama de Pareto, com posterior cálculo da disponibilidade, do MTTR (*Mean time to repair*) e do MTBF (*Mean time to failure*) do equipamento; e (iii) propor uma estratégia de manutenção com base nos resultados da análise de confiabilidade. Vale salientar que o presente trabalho delimita-se a um equipamento industrial, não envolvendo os custos associados às atividades de manutenção.

2. Confiabilidade Aplicada na Manutenção

Para que um trabalho teórico seja implementado na prática, é necessária a obtenção e manipulação das informações históricas. Segundo Teixeira (2008), a coleta de dados de falha é uma ferramenta crucial no estudo da confiabilidade. Estes dados podem ser obtidos sob condições controladas, através de testes realizados em bancos de provas, possibilitando avaliar parâmetros de confiabilidade relevantes. Contudo testes realizados em bancadas são caros e podem não representar a situação de solicitação encontrada em campo, principalmente quando o efeito do usuário influencia na solicitação (LEMES, 2006).

Para estudo e análise de confiabilidade em um sistema de manutenção, é preciso determinar uma distribuição de probabilidade que se adeque aos dados de tempo entre falhas do equipamento. As principais distribuições para a manutenção são: normal, lognormal, Weibull, exponencial e Gamma (ELSAYED, 1996; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Uma vez escolhida a distribuição, é necessário determinar seus parâmetros. Os parâmetros são propriedades de uma distribuição de probabilidade através do qual a distribuição é definida. O

cálculo desses parâmetros pode ser executado por três métodos distintos: o Método Gráfico, o Método dos Mínimos Quadrados ou o Método da Máxima Verossimilhança (TEIXEIRA, 2008).

Dentre as diversas funções que podem se ajustar aos dados de falha de um dado equipamento, a distribuição de Weibull é aquela mais empregada, pois pode modelar diferentes fases de operação do equipamento ao longo do tempo. A função densidade de probabilidade para tal distribuição pode ser expressa na forma da Equação 2, enquanto que a função de confiabilidade $[R(t)]$ com aderência à distribuição Weibull está representada pela Equação 3.

$$f(x; k; \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (2)$$

Sendo, para $x > 0$ e $f(x; k; \lambda) = 0$ para $x \leq 0$, aonde $k > 0$ é o parâmetro de forma e $\lambda > 0$ é o parâmetro de escala da distribuição.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\gamma} \quad (3)$$

Sendo, γ = parâmetro de forma; θ = parâmetro de escala e t = tempo de operação.

Através da variação de seus três parâmetros, uma distribuição de Weibull pode tomar a forma das distribuições normal, exponencial, lognormal e variações entre elas. Tendo se firmado como a distribuição mais utilizada em estudos de confiabilidade.

- $\gamma < 1$, a função densidade de probabilidade é decrescente para um aumento de t .
- $\gamma = 1$, a Weibull torna-se a própria distribuição exponencial.
- $\gamma > 1$, a função densidade de probabilidade apresenta picos bem definidos.
- $\gamma = 3,44$, a Weibull aproxima-se muito da distribuição Normal, onde a mediana é igual a média.

Muitos estudos foram empregados em confiabilidade empregando a distribuição de Weibull para modelar o comportamento entre falhas de diversos componentes e/ou sistemas. Em uma análise realizada em uma linha de produção metal-mecânica, Sellitto (2007) verificou que as falhas no sistema poderiam ser modeladas através de uma distribuição de Weibull tri-paramétrica. Com base nesses dados o autor conseguiu determinar o ponto ótimo para a realização de atividades de manutenção para algumas máquinas que seriam objeto de intervenções preventivas.

2.1 Curva da banheira

O comportamento dos modos de falha relaciona-se com a taxa de falha, possibilitando indicar as possíveis causas das falhas. A curva da banheira, apresentada na Figura 2, representa graficamente esta relação para sistemas ou componentes sem redundância.



Figura 2 – Representação da Curva da Banheira

Fonte: Lafraia, 2001

O primeiro intervalo da curva da banheira apresenta uma taxa de falha que decresce a partir do $t = 0$. Esta região denomina-se de mortalidade infantil, período no qual os problemas ocorrem principalmente devido à defeitos congênitos ou fraquezas. Tal fase é também chamada de período das falhas precoces.

Tendenciosamente, as falhas precoces não são usuais, ou seja, ocorrem esporadicamente, muitas vezes por razões não especificadas. Para casos de montagens, é muito comum a falha estar diretamente relacionada com erro do operador. Não sendo somente causada por problemas de montagem, mas também pela material empregado na fabricação de componentes.

O segundo intervalo da curva é conhecido como fase da maturidade ou período de falhas aleatórias. Neste intervalo, a taxa de falha é constante, cujas falhas normalmente ocorrem devido a carregamentos inesperados, esforços de natureza aleatória, entre outros fatores, não tanto devido a defeitos inerentes ao equipamento em si.

O último estágio da curva da banheira contém a fase de mortalidade senil ou período em que a taxa de falha cresce por envelhecimento. Fenômenos como desgaste e fadiga representam esta fase, que na maioria dos casos, é decorrente de sistemas mecânicos (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Vários trabalhos já abordaram a importância de se determinar o melhor tipo de manutenção em função do posicionamento das falhas do equipamento em relação às fases da curva da banheira. Sellitto (2005) apresentou a correlação mostrada no Quadro 1, entre a estratégia de manutenção e as fases do ciclo de vida de equipamentos.

Fase	Estratégia	Decorrência
Mortalidade infantil	Manutenção corretiva	Antecipa o fim da mortalidade infantil ao reforçar os itens que quebraram ou remover as causas das falhas de origem
Vida útil	Manutenção preditiva	Informa o início e monitora os processos de falhas progressivas que resultarão em quebra, podendo prever aumentos da probabilidade de quebra
Desgaste	Manutenção preventiva	Previne a emergência antecipando a troca à quebra que realmente vai ocorrer

Quadro 1 – Relação entre as fases do ciclo de vida e estratégias de manutenção de equipamentos

Fonte: Adaptado de Sellitto (2005)

A fim de determinar a confiabilidade de pneus radiais, Haviaras (2005) empregou a análise de confiabilidade, verificando que os tempos até a falha dos pneus poderiam ser modelados através da distribuição de Weibull, principalmente considerando o desgaste sofrido pelos mesmos ao longo do tempo. Ao avaliar o comportamento de falhas de moldes empregados em máquinas injetoras, Reis e Andrade (2009) verificaram que os TTF se ajustaram melhor à distribuição de Weibull, representando satisfatoriamente o comportamento do sistema.

Desta forma, foram apresentados os principais conceitos referentes à questão da confiabilidade como ferramenta para dar suporte ao estabelecimento de atividades de manutenção. Há uma grande quantidade de trabalhos publicados sobre o assunto, onde sugere-se a leitura de alguns trabalhos de referência (ELSAYED, 1996; LAFRAIA, 2001; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009) para um melhor aprofundamento do conteúdo.

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia deste artigo é dividida em duas áreas, composta pelo método de pesquisa e o método de trabalho. Para primeira área será classificada a pesquisa sob os pontos de vista de sua natureza, abordagem do problema, objetivos e seus procedimentos técnicos. Já na segunda parte serão definidas as etapas do trabalho, isto é, as atividades realizadas para atingir os objetivos traçados.

3.1 Método de Pesquisa

Para o desenvolvimento desta metodologia de pesquisa, definiu-se como estratégia a utilização do estudo de caso. Pois, o processo de manutenção é um conceito amplo e pontual, onde suas atividades são definidas dentro de cada empresa. Para obtenção de respostas para questões do tipo “como” e “por que” funciona algum fenômeno, o estudo de caso se adequa a este conceito e ainda agrega conhecimento ao pesquisador (YIN, 2010).

Este estudo classifica-se quanto a sua natureza como pesquisa aplicada, pois para desenvolvê-la, deve-se entender como lidar com o problema. Sua abordagem se dará através de modelos estatísticos, onde utilizarão dados extraídos de bancos de dados históricos da empresa. Porém, decisões subjetivas serão tomadas a partir de conclusões quantitativas, tornando sua abordagem qualitativa e quantitativa. Quanto ao objetivo, o estudo será abordado de forma descritiva, pois Vergara (2000) define pesquisa descritiva como o tipo de pesquisa que expõe as características de um fenômeno.

3.2 Método de Trabalho

Neste item serão relatadas as etapas do trabalho desde sua atividade inicial até a conclusão dos objetivos traçados.

3.2.1 Definição do posto de trabalho

A empresa onde está sendo realizado o estudo possui uma alta variedade de máquinas de grande porte, sendo elas dobradeiras, laser, puncionadeiras, tornos mecânicos e outras. O trabalho foi desenvolvido em uma máquina que tem como função puncionar chapas. Foi definido este posto de trabalho pela sua grande participação nos processos de fabricação e por ser considerada uma máquina gargalo da fábrica.

3.2.2 Definição dos modos de falha

A análise de confiabilidade será realizada com base nos modos de falha e um modo de falha pode ser considerado como as formas descritivas que levam um equipamento ou item a falha funcional. Neste caso, serão evidenciados e analisados os principais modos de falha da máquina avaliada.

3.2.3 Coleta dos dados históricos de falha

Para efetuar um trabalho visando à minimização das paradas industriais de uma fábrica, a necessidade de dados históricos é crucial para o desenvolvimento do estudo. No caso desta organização, os dados de parada industrial são registrados em documentos chamados OS (Ordens de Serviço). Neste documento são registradas as datas e horários de início e fim da falha, descrevendo o motivo e a local no equipamento. A fábrica utiliza um software de gestão industrial criado pela própria TI, chamado GIS (Gestão Industrial), todas as informações são fornecida por ele. Desta forma, os dados de falha serão obtidos diretamente do software para a realização da análise de confiabilidade.

3.2.4 Análise da confiabilidade

Foi utilizado o software de modelos estatísticos *Proconf 98*, desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), para analisar os dados de falha e determinar o modelo estatístico mais adequado para realização das análises de confiabilidade. Através dos tempos até falha e do tempo médio entre falhas, verificou-se qual a distribuição estatística modelava mais adequadamente aos comportamentos dos modos de falha do equipamento. Tal distribuição e seu respectivo resultado irão subsidiar a elaboração da estratégia de manutenção mais adequada para cada caso.

3.2.5 Definição da estratégia de manutenção

Com os dados fornecidos pela análise da confiabilidade, será possível elaborar uma estratégia de manutenção adequando o processo de fabricação atual.

4. Aplicação prática

4.1 Apresentação da empresa

O presente trabalho foi realizado em uma empresa fabricante de elevadores, atuante em todo território nacional. Seus produtos também são exportados para diversos países da América Latina e outros continentes. Atualmente seu quadro de funcionários possui mais de 500 colaboradores, tendo como seu mercado principal as construtoras do Brasil. Sua planta industrial está localizada em Guaíba (RS), responsável pela fabricação de três tipos de elevadores, sendo eles os convencionais, panorâmicos e hidráulicos; elevadores de carga e automóveis e elevadores sem casa de máquina.

Um detalhe importante da fábrica é que seu produto é dividido em duas grandes áreas, a mecânica e a eletroeletrônica. A parte mecânica é toda manufaturada, tendo como processos de fabricação a estamparia, o corte, a dobra e a pintura. Já a parte eletroeletrônica é montada, não necessitando de processos complexos.

Para este estudo foi utilizado um tipo de equipamento da área mecânica, a puncionadeira. A máquina puncionadeira é a primeira etapa do nosso processo produtivo, recebendo chapas de até 1270 x 2530 mm e produzindo 20 t de força total no golpe de puncionamento. O equipamento é dotado de um software de operação chamado *NC Express* que possibilita comunicar-se com o banco de dados do desenho CAD. Seu objetivo é transformar, a partir do puncionamento, uma chapa bruta em um produto intermediário, dando sequência ao processo produtivo. Por tratar-se de uma máquina indispensável para o processo, seu MTTR deve ser extremamente curto, pois não há alternativa para suprir a produção. Além disso, deve-se considerar que tal equipamento é responsável pela participação de quase 80% do processo produtivo, sendo considerada uma máquina gargalo.

4.2 Definição dos modos de falha

A partir do *software* de gestão industrial utilizado na empresa foram coletados os modos de falha decorrentes do equipamento. No Quadro 1 estão descritos os modos de falha em função das falhas funcionais, além dos impactos produtivos gerados pelo tempo de reparo necessário para tornar o equipamento operante.

Modo de Falha	Descrição	Impacto produtivo
Falha nas Garras	Falha por incapacidade de funcionamento no dispositivo de fixação das chapas	É necessário desmontar o conjunto, intervenção com alto tempo de parada.
Falha na Esteira	Falha por incapacidade de movimentação da esteira	É necessário desmontar o conjunto, intervenção com alto tempo de parada.
Falha no Carregador	Falha por incapacidade de movimentação do magazine	Normalmente causada por mau uso do magazine, intervenção média.
Falha no Sensor	Falha no sistema eletroeletrônico	Requer troca ou ajuste do conjunto, intervenção relativamente rápida.
Falha no Eixo X	Falha por incapacidade de movimentação do eixo horizontal	Requer regulagem do conjunto, intervenção relativamente rápida.
Falha na Iluminação	Falha no sistema elétrico	Requer troca do conjunto, intervenção rápida.

Quadro 1 - Modos de falha, descrição e impactos produtivos

4.3 Coleta dos dados históricos de falha

Os dados foram coletados através do software de gestão industrial da empresa chamado GIS (Gestão Industrial), onde os operadores registram os dados de falha em OS (Ordens de Serviço). O GIS trata-se do sistema de ERP (*Enterprise Resource Planning*) desenvolvido e utilizado pela empresa para o gerenciamento dos processos produtivos. Através das OS foram coletados os registros dos dados de falha, viabilizando a análise de confiabilidade referente ao período de janeiro de 2008 a julho de 2012 da puncionadeira.

Para elaboração de uma estratégia de manutenção foram tomados os dados de manutenção referentes à quantidade de parada e o somatório de tempo de reparo de cada modo de falha. A frequência de cada modo de falha, conforme apresentado na Figura 3, é importante para apresentar os problemas que devem ser priorizados para a realização das análises de

confiabilidade. Desta forma, a Figura 1 apresenta a quantidade de parada de cada conjunto, apresentando a falha das garras como o problema mais frequente.

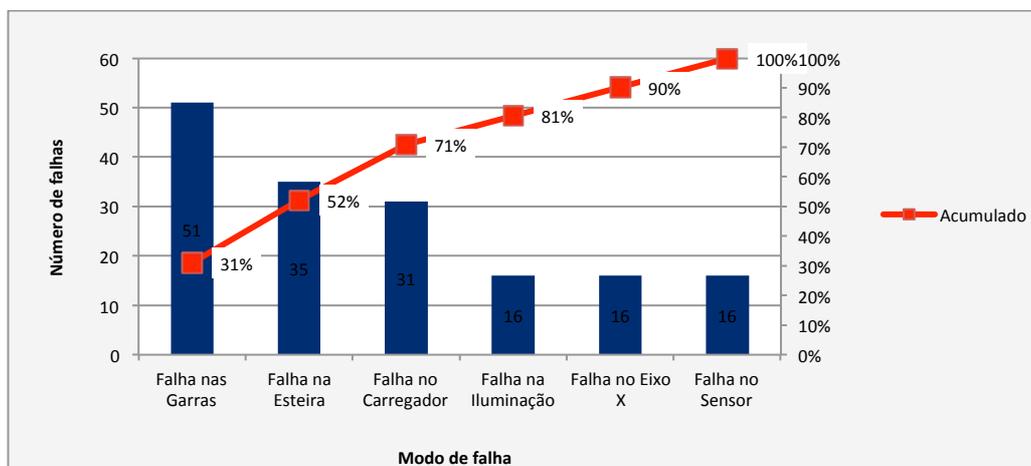


Figura 1 – Pareto da Quantidade de Falhas por Modo de Falha

Porém, não só a falha nas garras merece uma análise profunda, pois todos os outros modos de falha influenciam no desempenho do equipamento. Deve-se considerar que uma falha funcional pode também gerar um longo tempo de reparo. Algumas dessas variáveis podem acarretar o comprometimento da produção: falta de treinamento do colaborador, mão de obra não qualificada, escassez de componentes para reposição, entre tantos. A fim de diminuir perdas de produtividade, o tempo de reparo também deve ser levado em consideração, mesmo tendo as ocorrências de falhas controladas.

Em alguns estudos convencionais para análise de confiabilidade emprega-se apenas a frequência dos modos de falha como indicador dos problemas prioritários. Entretanto, aqueles modos de falha que apresentam elevada severidade e que proporcionam elevados tempos de reparo são cruciais no quesito perda de produtividade. Levando em consideração tal aspecto, buscou-se identificar o modo de falha que acarreta um maior tempo de parada, conforme apresentado na Figura 2.

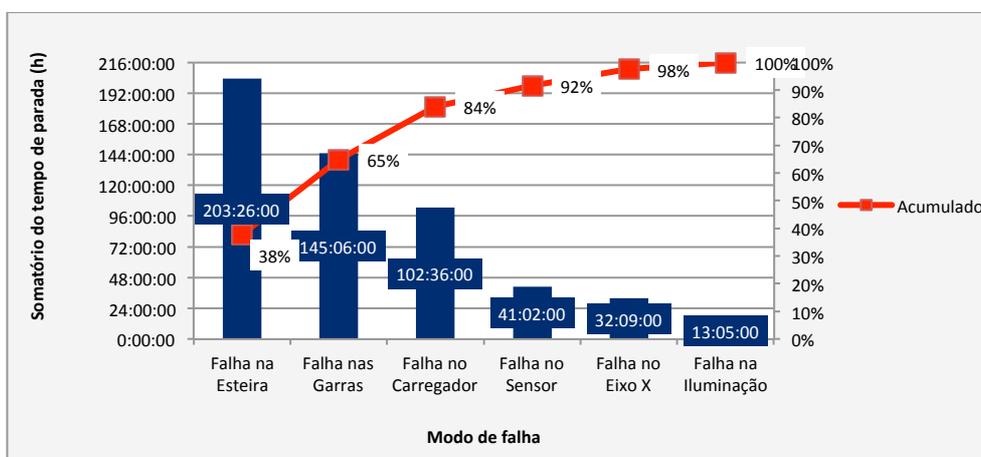


Figura 2 – Somatório do Tempo de Parada

Exemplificando a importância do tempo de parada, observa-se que o somatório do tempo de parada da falha na esteira supera o tempo de parada da falha na garra, sendo esta a falha mais recorrente durante o período estudado (Figura 2). O valor acumulado de cada modo de falha pode representar intervenções de manutenção mais complexas, viabilizando o estudo mais detalhado da confiabilidade destes conjuntos.

Com o número de ocorrências e o tempo de reparo de cada modo de falha, em horas, é proposta a análise das falhas com o percentual mais acumulado. Sendo elas, a falha na esteira e a falha na garra.

4.4 Análise de confiabilidade

Definidos os modos de falha subsidiados pelos dados coletados, realizou-se o teste de aderência para verificar qual das distribuições de probabilidade se ajustaria aos conjuntos dos tempos até a falha. Com a ajuda do software *ProConf 98*, foi realizado o teste de aderência e a distribuição de probabilidade que se ajustou adequadamente aos tempos de falha para os dois modos foi a Weibull. Os dados do resultado da simulação do *ProConf 98* estão apresentados na Tabela 1, na qual estão apresentados os valores de MTBF, os parâmetros de forma (γ) e os parâmetros de escala (θ) para cada modo de falha.

Através do teste analítico do qui-quadrado (χ^2), observou-se que os modos de falha, problema na garra e esteira parada, com os valores de χ^2 igual a 5,06 (com 5 graus de liberdade); 6,29 (com 3 graus de liberdade) e nível de significância de 0,40; 0,098, respectivamente, se adequaram a hipótese de que a população segue o modelo de distribuição de Weibull, não sendo rejeitada.

Modo de Falha	Dados (n)	γ	θ	MTBF (horas)
Falha nas Garras	50	0,8485	491,4116	537
Falha na Esteira	34	0,6715	553,5836	743

Tabela 1 – Parâmetros da Distribuição de Weibull

Houve concordância dos resultados obtidos pelo software com a realidade vivida na fábrica. Pode-se dizer que, em média, a cada 23 dias de trabalho da *puncionadeira* ocorre uma falha nas garras e a cada 30 dias de trabalho uma falha na esteira. Essa concordância foi verificada junto com os colaboradores que operam a máquina, através da coleta de informações informais a respeito da tipologia e ocorrência das falhas.

Considerando os modos de falha mais evidentes em relação ao tempo de parada e a ocorrência de falha, foram realizadas as análises utilizando o papel da probabilidade, ajustada a distribuição de Weibull. Na Figura 3 está apresentado o ajuste gráfico dos dados, enquanto que na Figura 4 pode-se visualizar o comportamento da taxa de falhas ao longo do tempo para o equipamento.

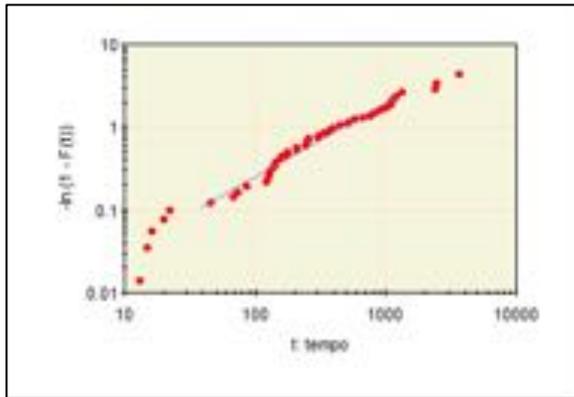


Figura 3 – Papel da Probabilidade Ajustada Weibull para a falha das garras

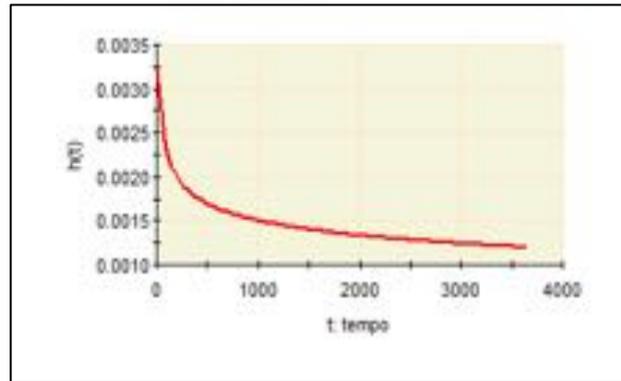


Figura 4 – Taxa de Falha em Função do Tempo para a falha das garras

Com MTBF de 537 horas e parâmetro de forma igual a 0,85 tem-se uma taxa de falhas decrescente e defeitos relacionados a matérias-primas e operações de manufatura que não atendem as normas de especificação, chamadas causas especiais, ilustrada na Figura 6. Pode-se inferir que tal modo de falha manifesta-se na fase de mortalidade infantil da punccionadeira.

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentados os gráficos referentes ao modo de falha esteira parada para o equipamento analisado.

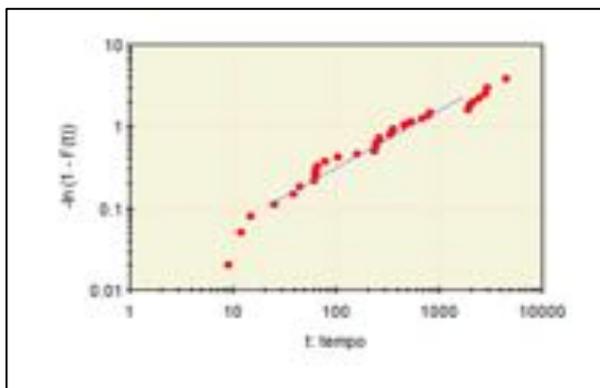


Figura 5 – Papel da Probabilidade ajustado por Weibull para o modo de falha esteira parada

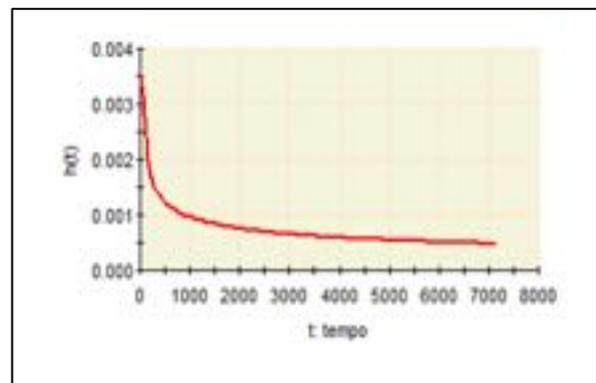


Figura 6 – Taxa de Falha em Função do Tempo para o modo de falha esteira parada

Observa-se a adequação da amostra a distribuição de Weibull e a taxa de falha em função do tempo para o modo de falha na esteira, respectivamente. Com MTBF de 743 horas e parâmetros de forma igual a 0,67 pode-se considerar que o modo de falha encontra-se na fase de mortalidade infantil da curva da banheira, com uma taxa de falha decrescente e com origens de causas especiais.

4.5 Disponibilidade dos equipamentos

Com o valor do MTBF e a média do MTTR de cada modo de falha, pode-se medir a disponibilidade de cada componente do equipamento estudado. Para o modo de falha das garras, o MTBF e MTTR calculado são iguais a 537 e 1035 horas, respectivamente. Assim,

sua disponibilidade calculada é igual a 0,34 ou 34%. Já para o modo de falha esteira parada, os valores 74 e 1509 representam o MTBF e MTTR, respectivamente. Com estes valores obtidos, o cálculo da disponibilidade do componente esteira resulta em 33%, praticamente o mesmo valor da disponibilidade da falha das garras.

Tendo o parâmetro de forma dos modos de falha, foram verificadas as atividades de manutenção mais adequadas para cada caso, condizente com as suas causas funcionais, conforme será apresentado no item a seguir.

4.6 Proposição das estratégias de manutenção

4.6.1 Falha das garras

Para as atividades de manutenção deste modo de falha, recomenda-se a manutenção corretiva planejada, ou seja, quando o equipamento sofre uma manutenção corretiva, deve ser inspecionado para identificar a causa da falha e para permitir que uma ação seja tomada a fim de eliminar ou reduzir a ocorrência de falhas futuras. As inspeções devem ser incluídas na rotina do trabalho.

Por ser um modo de falha recorrente, foi verificado, junto com os colaboradores, qual o motivo da causa da falha. E a causa evidenciada é que as garras não fixam corretamente a chapa enviada pelo *magazino*. O motivo pelo qual as garras não estavam fixando, é um erro de emissão de dados de ajustes de especificação. Esses dados são enviados pelo software e devem ser digitados antes do início da operação da máquina pelo colaborador responsável do equipamento.

Porém, as pessoas que tem como incumbência de ensinar a operar o software, ou são colaboradores antigos da empresa, ou não fazem mais parte do quadro de funcionários. Os funcionários antigos passaram por um treinamento quando a máquina foi comprada. Hoje, podemos citar apenas uma pessoa que sabe o básico do *software*. Ou seja, profissionais capacitados para dar treinamento não existem na fábrica.

Assim sendo, a empresa deve tomar como ação o investimento em profissionais qualificados para realizar o treinamento do software e, conseqüentemente, traçar um plano de ensino para que no futuro não volte a ocorrer o mesmo erro.

4.6.2 Falha da esteira

Neste caso, a atividade de manutenção recomendada seria a manutenção corretiva, cujas atividades a serem realizadas minimizem os tempos de reparo (TTR - *Time to repair*), pois suas ocorrências de falha são relativamente demoradas, contudo, quando inativa, seu tempo de reparo é longo. Foi verificado com os funcionários que atuam na manutenção deste componente que, no caso da esteira, o tempo de reparo efetivo é relativamente rápido. O empecilho que leva este modo de falha a ter o tempo de reparo alto é a dificuldade de preparação do conjunto, isso se dá por ser um aparelho grande e pesado.

Um procedimento para subsidiar a atividade de manutenção seria a filmagem dos colaboradores desmontando o conjunto. Essa ferramenta facilitaria o mapeamento do tempo desperdiçado na desmontagem, comprovando ações para a melhoria do tempo de reparo. Essas ações podem ser a aplicação de uma logística de peças para reposição, ou o desenvolvimento de um ferramental para facilitar o manuseio do componente.

5. Considerações finais

Este trabalho visou à aplicação dos conceitos de confiabilidade para subsidiar a elaboração de uma estratégia de manutenção em um equipamento industrial, salientando que atualmente na empresa não há o estabelecimento de um programa de atividades de manutenção. Definidos os modos de falha do equipamento, o presente estudo posicionou-os nas fases da curva da banheira, avaliou a disponibilidade do equipamento e por fim a possibilidade de uma sustentação para a elaboração das ações.

Os resultados obtidos pelo cálculo da confiabilidade, sustentados pela coleta dos dados históricos e cujos dados de falha ajustaram-se à distribuição de Weibull, indicam que o equipamento apresenta uma taxa de falha decrescente, ou seja, ainda não atingiu sua fase de maturidade. Assim sendo, foi definida uma estratégia de manutenção para cada modo de falha, unificando a parte qualitativa vivenciada pelos colaboradores da empresa e a parte quantitativa obtida através dos dados históricos de falha.

Para um futuro trabalho, há possibilidade de analisar outros equipamentos, a fim de propor uma estratégia de manutenção para todos. Assim abrindo caminho para implementação de uma gestão de manutenção. Por fim, recomenda-se a avaliação do verdadeiro ganho da implementação da estratégia de manutenção, monitorando os resultados obtidos a partir da aplicação. Esta reavaliação poderá trazer reduções de custos associadas à gestão da manutenção.

Referências

- AFONSO, L. O. A.** *Equipamentos mecânicos: análise de falhas e solução de problemas*. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2006.
- ANDRADE, J. J. O.** *Confiabilidade na Gestão Estratégica da Manutenção: Estudo de caso*. Simpósio Internacional de Confiabilidade, RELIASOFT. Fortaleza, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *Confiabilidade e manutenibilidade - terminologia NBR 5462*. Rio de Janeiro, 37p. 1994.
- ELSAYED, E. A.** *Reliability engineering*. Massachusetts: Addison Wesley Longman, 1996.
- FOGLIATTO, F.S.; RIBEIRO, J.L.D.** *Confiabilidade e manutenção industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 265p.
- HAVIARAS, G.J.** *Metodologia para análise de confiabilidade de pneus radiais em frotas de caminhões de longa distância*. 2005. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). USP, São Paulo.
- LAFRAIA, J. R. B.** *Manual de Confiabilidade, Mantentabilidade e Disponibilidade*. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.
- LEMES, D. V.** *Proposta de método de análise de confiabilidade de sistemas eletrônicos empregando dados de retorno em garantia*. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2006.
- REIS, L. O. R.; ANDRADE, J. J. O.** *Análise de falhas e da posição na curva da banheira de moldes empregados em equipamentos de injeção*. XXIX ENEGEP. Salvador: ABEPRO: 11p. p. 2009.
- SELLITTO, M.A.** *Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos*. *Produção*, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** *Administração da Produção*. 3^a ed. São Paulo : Atlas 2009. p. 355-387.
- TEIXEIRA, B. S.** *Análise de Disponibilidade em Máquinas Operatrizes: Uma Aplicação a Máquinas Têxteis*. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2008.
- VERGARA, S.** *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 3.ed. São Paulo: Atlas. 2000.
- YIN, R. K.** *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.