



FORMULAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO BASEADA NA ANÁLISE DE FALHAS DE QUATRO MÁQUINAS DE CORTE E SOLDA EM UMA INDÚSTRIA DE TERMOPLÁSTICOS

Charles Furtado Moura (IFMG) -charles.eng@outlook.com

Larissa Delfino Batalha (IFMG) -la.batalha@gmail.com

Nayara Cristina Gomes (IFMG) -nayarac7@gmail.com

Roberta Marzochi Bastos (IFMG) -roberta.bastos02@gmail.com

Resumo:

Este trabalho apresenta uma aplicação da confiabilidade ao estudo de falhas de quatro máquinas de corte e solda dentro de uma indústria de termoplásticos, situada no município de Governador Valadares – MG. O objetivo do trabalho é utilizar o modelo de Weibull para análise do ciclo de vida das máquinas, lançando mão de banco de dados de falhas até então inutilizado pelos gestores da empresa citada e, por meio da curva da banheira, determinar uma estratégia de manutenção que atenda à realidade de operação para cada uma destas máquinas.

Palavras Chave:

Manutenção; confiabilidade; MCC

1. Introdução

A busca incessante por melhores resultados de produção nas organizações e a competitividade do mercado exige processos cada vez mais eficientes. Frente essa realidade é evidente que a confiabilidade de um sistema produtivo, em especial as máquinas utilizadas, surge como um fator de grande relevância para a efetiva eficiência do sistema.

A confiabilidade de determinado equipamento indica a expectativa do mesmo operar em boas condições ao longo de períodos os mais prolongados possíveis onde não sejam detectadas falhas decorrentes de sua operação.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Uma Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC –*Reability Centeres Maintenance*) traz benefícios ao planejamento da organização, uma vez que está definido o nível de disponibilidade do equipamento, podendo ser possível definir o uso ou não do maquinário para executar uma atividade por intervalos de tempo prolongados sem haver falha durante o processo.(SIQUEIRA, 2012).

Conhecer bem o equipamento e identificar as condições do mesmo colabora nas tomadas de decisões dos gestores da área, os quais planejam e definem qual manutenção deverá ser realizada na máquina.

Segundo Gurski (2002), a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

O tipo de manutenção seja preventiva, corretiva, preditiva, produtiva, proativa ou detectiva é caracterizada pela fase de vida da máquina: mortalidade infantil, maturidade e mortalidade senil. Entender o ciclo de vida do equipamento fornece dados para a aplicação correta da manutenção específica e redução de desperdícios de tempo e gastos não necessários.

O objetivo deste estudo é propor um conjunto de ações estratégicas voltadas para manutenção de um arranjo de máquinas em uma empresa de termoplásticos, baseado na perspectiva *bath-tube curve* ou curva da banheira. Para tanto, fez-se necessário acesso ao banco de dados da empresa, sobretudo o tempo entre falhas, em horas, de cada máquina, fato este que denota o caráter qualitativo, no primeiro instante da pesquisa, seguido do aspecto exploratório, fruto do tratamento e análise dos dados.

No que concerne ao tratamento dos dados, utilizou-se o software Proconf 98, responsável pela geração de gráficos de frequência entre falhas, além da modelagem probabilística de Weibull que, em função dos seus parâmetros, nos fornece a localização do ativo na curva da banheira e em virtude disso, possibilita a formulação estratégia de manutenção mais apropriada.

2. Manutenção e Confiabilidade





Entende-se por confiabilidade a capacidade dos equipamentos em executar suas funções conforme planejamento diário sem apresentar períodos inoperantes decorrente de falhas mecânicas ou eletrônicas. A confiabilidade de um item pode ser dita como a probabilidade de este mesmo item desempenhar a sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições pré-definidas de uso (NBR 5462, 1993).

Esse conceito está profundamente relacionado com a disponibilidade do maquinário, uma vez que, quanto maior a disponibilidade da máquina, ou seja, estar em perfeitas condições para operar, maior a confiabilidade do sistema para operar em tais circunstâncias.

A manutenção pode ser definida como um conjunto de todas as ações que tem como intuito de manter, reparar ou substituir uma peça que não esteja em condições plausíveis de executar o que lhe foi proposto. Ainda dentro desse tópico pode-se dizer que os itens de interesse da Manutenção Centrada na Confiabilidade serão aqueles que formam um sistema possível de ser reparado.

3.1 Distribuição de Weibull

A distribuição de Weibull é uma distribuição de probabilidade contínua e foi proposta originalmente por Waloddi Weibull em 1951, na qual os estudos foram pautados no tempo de falha de um equipamento devido ao desgaste de metal. Em geral, sua aplicação visa formular o tempo de vida médio e da taxa de falhas em função do tempo da população analisada e, em virtude disso, é comumente utilizada na engenharia de confiabilidade para descrever o tempo de vida de ativos industriais.

A distribuição de Weibull é importante devido à sua flexibilidade, pois pode modelar comportamentos diferentes para a função de risco $h(t)$ (risco crescente, decrescente ou constante). O valor de seu parâmetro de forma γ define se o risco de falha do equipamento é crescente, decrescente ou constante. Se $\gamma < 1$, $h(t)$ é decrescente; se $\gamma = 1$, $h(t)$ é constante; e se $\gamma > 1$, $h(t)$ é crescente (MENGUE e SELITTO, 2013). Ou seja,



através do valor de γ é possível identificar facilmente em que estágio da curva da banheira determinado ativo se encontra.

No modelo de Weibull, a função de risco $h(t)$, a função confiabilidade $R(t)$, bem como o tempo médio entre falhas MTTF são calculados em função dos parâmetros de forma γ e escala θ , além do tempo t expresso em horas. Para fins de cálculo, a figura 01 abaixo ilustra essas fórmulas:

$$h(t) = t_0 + \frac{\gamma}{\theta} t^{\gamma-1}$$

$$R(t) = e^{-\frac{(t+t_0)^\gamma}{\theta}}, t > 0$$

$$MTTF \text{ ou } MTBF = t_0 + \theta^{1/\gamma} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$$

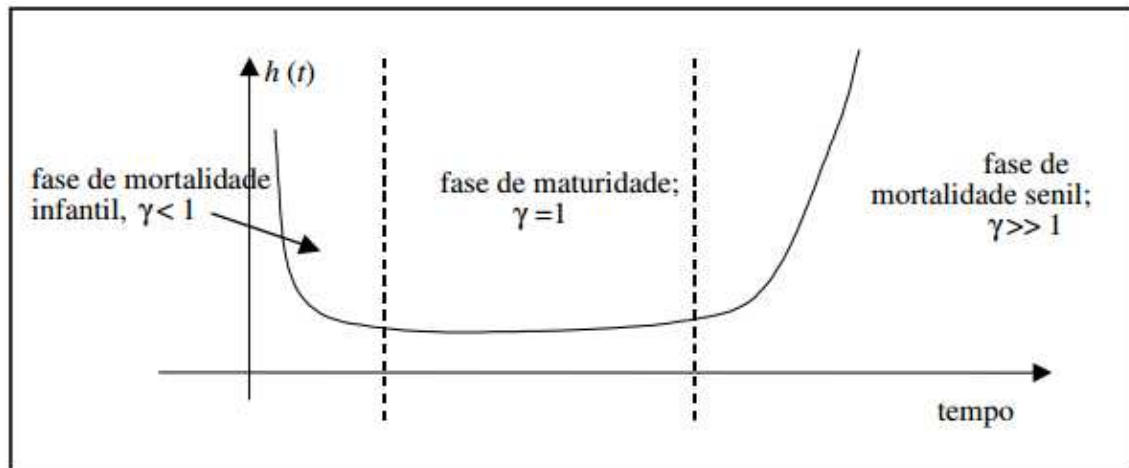
Figura 01: Função de risco $h(t)$, função confiabilidade $R(t)$ e tempo médio entre falhas MTTF.

Fonte: Adaptado SELLITTO, 2005.

3.2 Curva da banheira

A análise do comportamento das falhas de um determinado equipamento pode ser representada por uma curva que possui formato de banheira, a curva da banheira (*bathtub curve*). A curva da banheira representa as fases da vida útil de um sistema: mortalidade infantil, maturidade e mortalidade senil (envelhecimento). Estas fases estão associadas ao fator de forma da distribuição de Weibull que descreve a confiabilidade do sistema (SELLITTO, 2005).

Figura 02: Curva da banheira e ciclo de vida de equipamentos



Fonte: Sellitto, 2005.

No período de mortalidade infantil, a taxa de falhas é alta, porém decrescente. As falhas preliminarmente são causadas por defeitos congênitos ou fraquezas, erros de projeto, peças defeituosas, processos de fabricação inadequados, mão-de-obra desqualificada, estocagem inadequada, instalação imprópria, partida deficiente entre outras. Para Sellitto (2005), a melhor estratégia de manutenção para esse caso é a corretiva, ou seja, reparar o equipamento e corrigir a falha para que a mesma não se repita.

No período de maturidade as falhas acontecem por causas aleatórias, tendo o valor médio da taxa de falhas constante. Sellitto (2005) aponta que, neste período, a melhor estratégia de manutenção é a preditiva, ou seja, monitoramento para detectar o início da fase de desgaste.

O período de mortalidade senil (envelhecimento) é caracterizado pelo desgaste do equipamento e representa que o ativo está em fase final de sua vida útil. Neste período as falhas são mais comuns e de certa forma esperadas. Sellitto (2005) aponta que, neste período, a melhor estratégia de manutenção é a preventiva, ou seja, já que o



equipamento irá falhar, cabe à manutenção aproveitar a melhor oportunidade para substituir ou reformar o item.

3. Estudo de Caso

A situação a qual será o objeto de estudo é formado por 4 máquinas de corte e solda dentro de uma indústria de termoplásticos, situada no município de Governador Valadares – Minas Gerais. Todos os equipamentos possuem a mesma função básica porém uma ou outra podem apresentar-se um pouco mais complexas com funções adicionais ou serem específicas e adequadas a um tipo de produto.

Até o presente momento a empresa não possui um procedimento para análise de dados que tratam da manutenção e confiabilidade, por vezes são coletados apenas dados que formam um banco de dados rico em informações que não são extraídas de forma a apoiar na gestão estratégica.

Os dados relativos a cada máquina estão agrupados em ordem cronológica para facilitar o cálculo de dias entre falhas utilizando uma planilha eletrônica.

Tabela 01: Tempo entre falhas medido em horas

Tempo entre falhas e horas			
MAQ 1	MAQ 2	MAQ 3	MAQ 4
1	193,75	172,84	120,5
1,42	53,34	155	27
2,67	130,34	54,17	244,6
3,17	149,67	176	483,67
4,34	27,67	29,5	200





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

4,34	1,84	389,5	29
6	146,5	555	53,17
6,5	554,84	434,5	173,84
7	2	8	245,4
27	169	464	194,75
30,34	27,5	127	
50	290,67	52	
52	81	27	
52,25	101,17	3	
56	1088,17	3	
73,67	145,34	31	
77,5	30	7	
79		26,17	
79			
97,17			
99			
100			
122,08			
174			
217			
265,5			
267,17			
281,34			



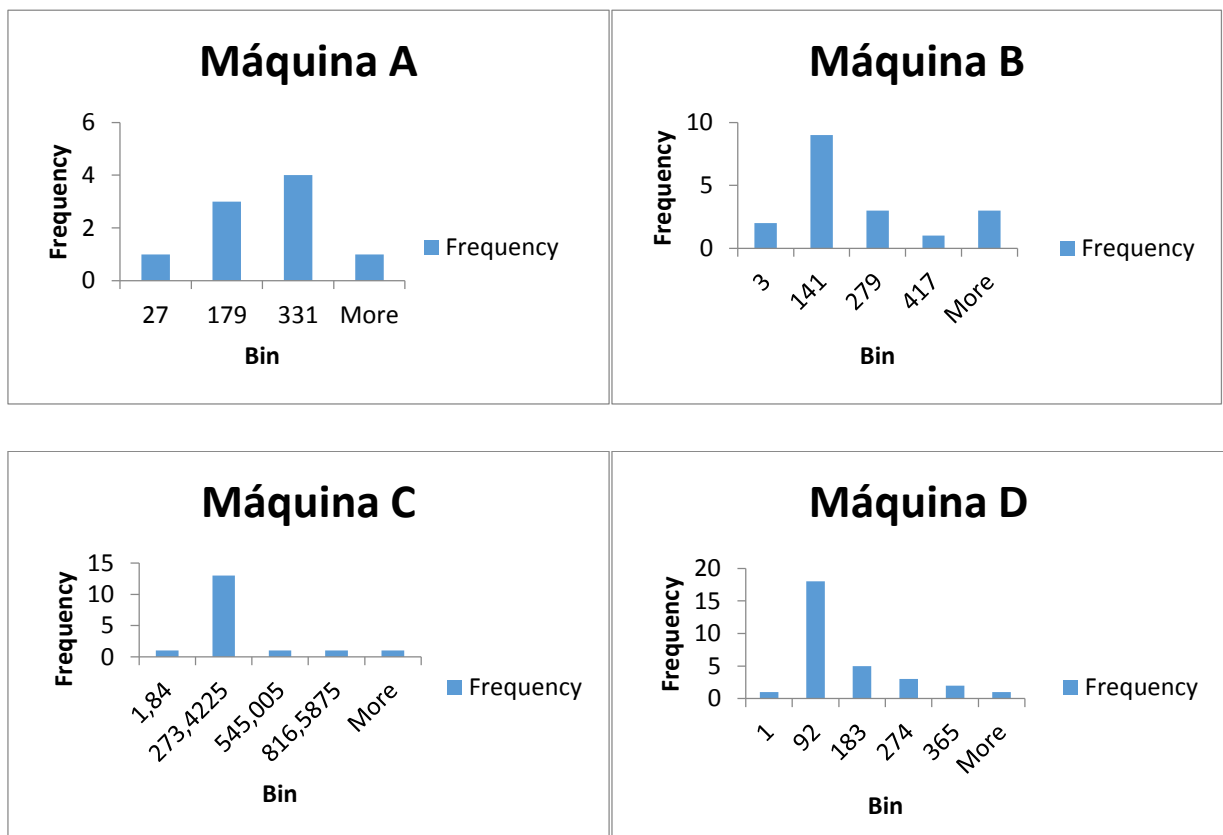
313

456,58

Fonte: Banco de dados da empresa.

De início analisa-se os histogramas elaborados com os dados de tempo entre falhas de todos os quatro equipamentos e observa-se o comportamento presente em cada conjunto de dados. Com auxílio do Excel a respectiva ferramenta de análise de dados construiu-se um histograma para cada máquina afim de identificar visualmente e afirmar o comportamento em relação a curva da banheira:

Figura 03: Histograma tempo entre falhas dos equipamentos



Fonte: Excel 2013.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

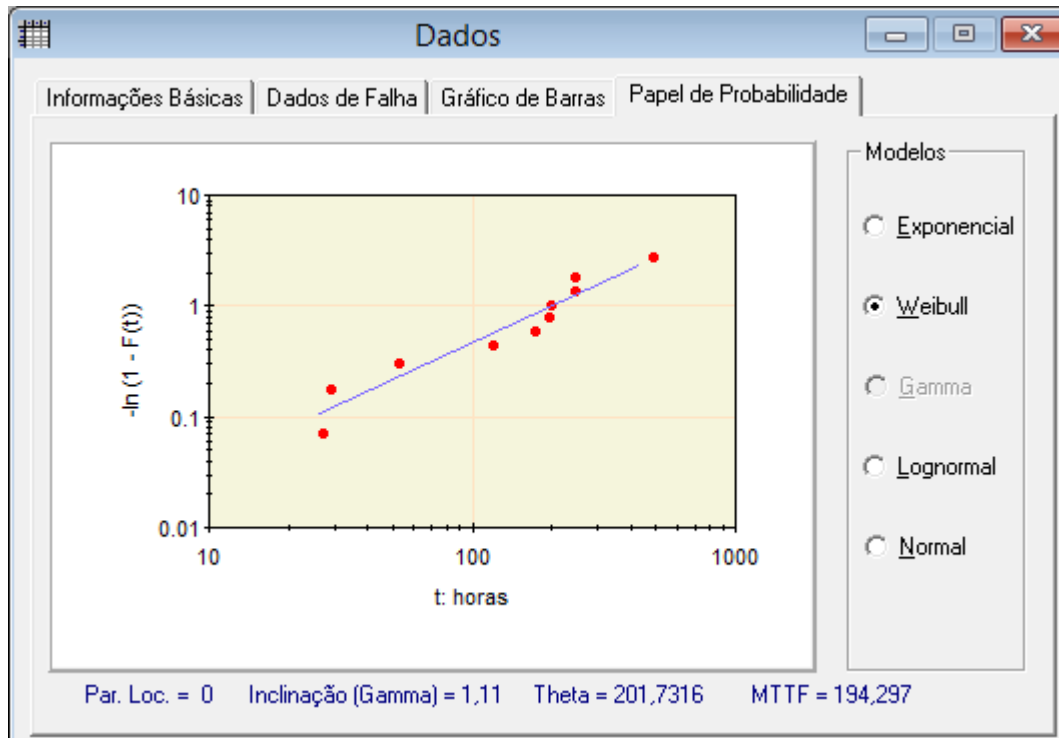
Na figura 03, para máquina A, pode-se notar o comportamento de maturidade saindo do período de mortalidade infantil, uma frequência de falhas maior sugerindo uma tendência de crescimento ao longo eixo Bin (frequências) onde as falhas tornam-se aleatórias. A medida que essas falhas vão sendo sanadas o equipamento entra numa estabilidade funcional onde a taxa de falhas tende a ser constante. Nesse estágio pode-se encontrar falhas que partem da do mau uso do equipamento até causas inexplicáveis.

Com relação as máquinas B, C e D existe uma frequência maior de falhas com um intervalo de tempo relativamente pequeno entre as mesmas. Certamente evidencia um comportamento de mortalidade infantil que pode ter como causas o processo ineficiente de fabricação dos componentes, mão de obra desqualificada, materiais fora da especificação, entre outros problemas.

Entretanto tal estratégia necessita de uma boa interpretação e análise dos gráficos, e como a pesquisa tem caráter qualitativo, optou-se pelo cálculo dos parâmetros de Weibull para afirmar os comportamentos previamente citados. Com o auxílio do Proconf 98 foi possível verificar o valor do parâmetro.

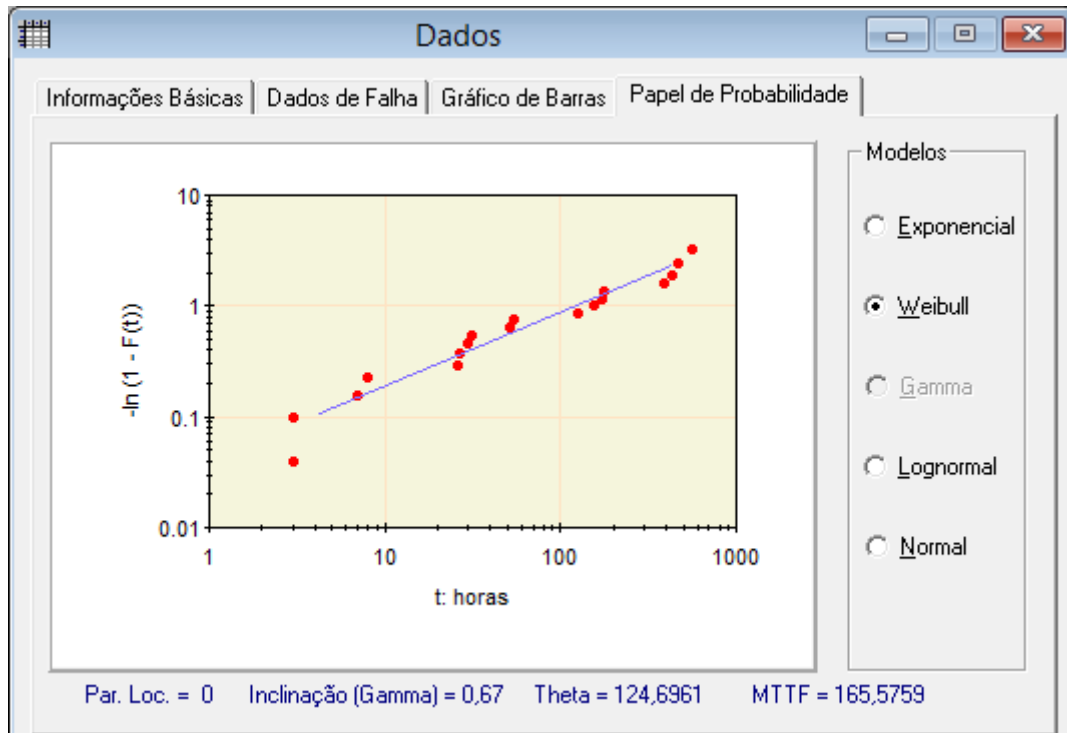
Figura 04: Parâmetros de Weibull para máquina A





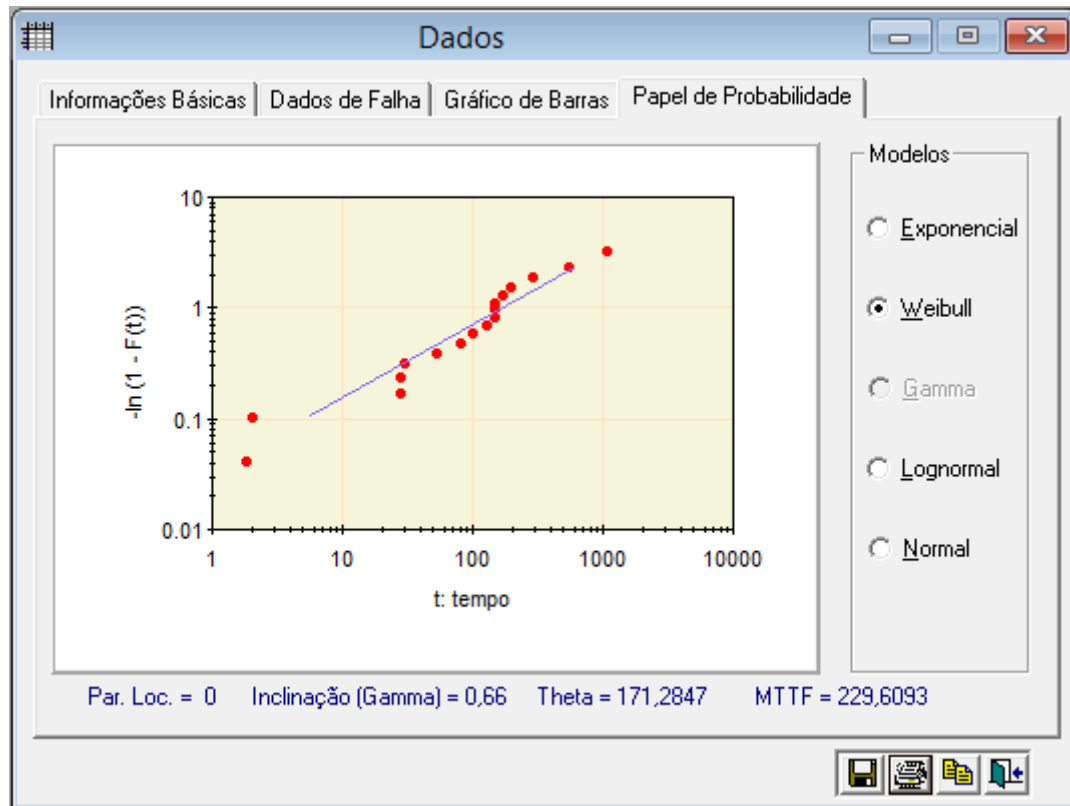
Fonte: Proconf98

Figura 05: Parâmetros de Weibull para máquina B



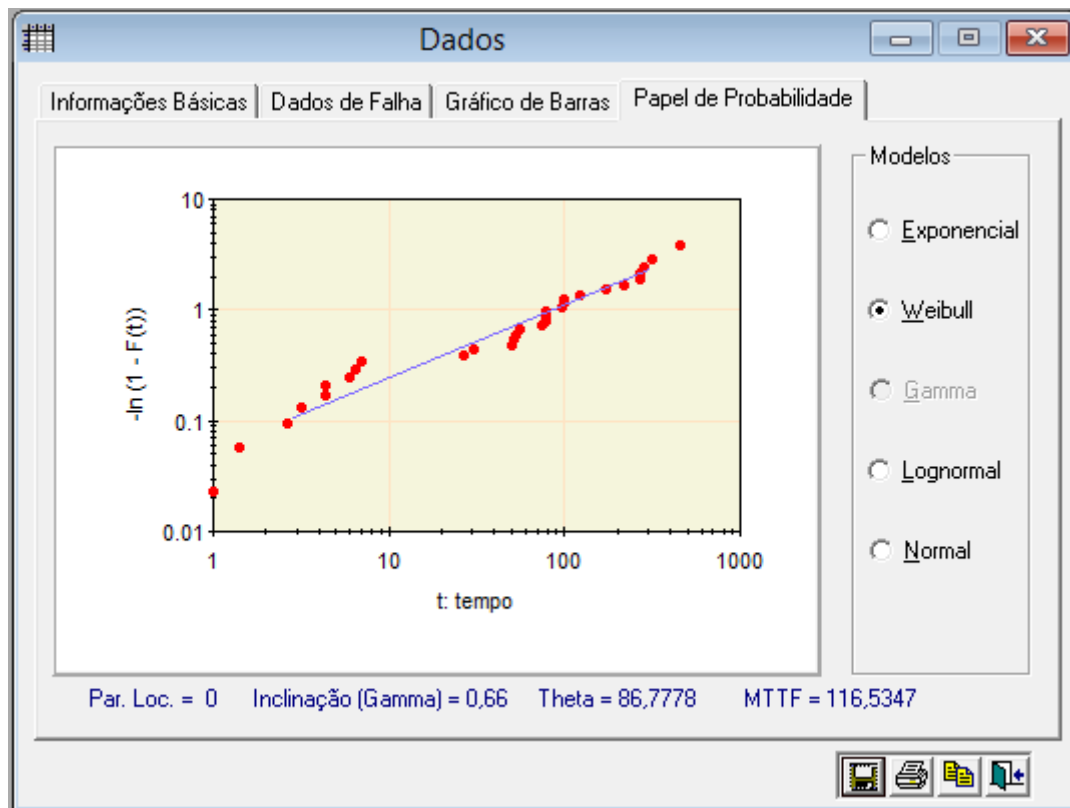
Fonte: Proconf98

Figura 06: Parâmetros de Weibull para máquina C



Fonte: Proconf98

Figura 07: Parâmetros de Weibull para máquina D



Fonte: Proconf98.

Em resumo tem-se indicado na tabela abaixo o parâmetro da distribuição que é de interesse para a manutenção dos equipamentos. A partir deste parâmetro pode-se compreender melhor qual é o comportamento no qual a máquina se encontra e comparar com os índices relativos ao gráfico de curva da banheira.

Em qualquer estágio da vida do equipamento a manutenção tem papel de prolongar ou abreviar essa etapa do ciclo. Aplicar o modulo de manutenção incorreto em um estágio de mortalidade infantil, por exemplo, pode fazer com que o equipamento continue com altas taxas de falhas mesmo após uma manutenção. Relacionado tais informações é possível descrever o melhor modulo da manutenção para determinado equipamento.

Tabela 02: Parâmetros γ da Distribuição Weibull



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

MÁQUINA WEIBULL (Y)

A	1,11
B	0,67
C	0,66
D	0,66

Fonte: Excel 2013.

Em relação as máquinas B, C e D que possuem elevadas taxas de falhas o mais aquedado para essa situação será aplicar uma manutenção corretiva. O estágio de mortalidade infantil apresenta falhas devido aos procedimentos adotados para instalar o equipamento, na especificação dos componentes que podem não estar ou não foram fabricados dentro dos padrões, por falta de resistência mecânica das peças e ainda podem ter sido mal instaladas.

Não se enfatiza que não se deva usar outro modulo da manutenção, entretendo usar a manutenção preventiva neste estágio apenas prolongara as altas taxas de falha do equipamento. Pois a manutenção preventiva tem caráter mais de inspeção, uma lubrificação por exemplo, do que de substituição de peças defeituosas. Por essa razão muito provavelmente as falhas continuariam e a corretiva só seria usada no momento em que a máquina apresenta-se uma falha.

Por motivos similares o módulo de manutenção preditiva também não se encaixa na etapa da mortalidade infantil pois este tipo de manutenção monitora uma falha que poderá levar a uma quebra e geralmente quando a quebra ocorre neste estágio foi devido à falta de resistência do componente e que não dava indícios de que isso iria ocorrer e consequentemente não estaria sendo monitorada pelo modulo preditivo.





Para o caso apresentado pelo equipamento A que possui altas taxas de falhas devido encontrar-se em estágio de desgaste ou mortalidade senil a estratégia adotada será a manutenção preditiva. Nessa etapa do ciclo de vida do equipamento as falhas são ocasionadas pelo desgaste dos componentes, o que levará mais tarde à falha. A preditiva tem como função monitorar esse processo, ou seja, identificar com antecedência a necessidade de manutenção preventiva, corretiva e até mesmo emergencial.

4. Considerações finais

Foi possível estabelecer uma estratégia de manutenção baseada no banco de dados de falhas das quatro máquinas analisadas. A utilização do software Proconf 98 mostrou-se de simples implementação e para os autores deste trabalho a utilização desta ferramenta na empresa estudada pode ser de grande proveito na análise da vida útil dos ativos utilizados.

É importante mencionar que a utilização do método de análise através da distribuição de Weibull analisada a partir da curva da banheira, não está restrita à utilização do software Proconf 98.

A estratégia criada nesse trabalho foi enviada à gestão da empresa estudada e será analisada pelos mesmos.

5. Referências Bibliográficas

GURSKI, C. A. – Curso de Formação de Operadores de Refinaria. Equipe Petrobras – Noções de Confiabilidade e Manutenção Industrial – Petrobras, UnicenP, Curitiba. 2002.

MENGUE, D. C; SELLITTO, M. A. Estratégia de Manutenção baseada em funções de confiabilidade para uma bomba centrífuga petrolífera. Revista Produção Online, Florianópolis, SC. 2013.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

NRB 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade, disponível em:
http://hdutil.com.br/site/arquivos/biblioteca%20cpcm/NBR_5462_TB_116__Confiabilidade.pdf

SELLITTO, M. A. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. *Produção*, v.15, n.1, p.44-59, 2005

SIQUEIRA, I. P. de. *Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação*. 2ª reimpressão. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

