

## Componente com mais de um modo de falha

Numa pedreira, uma correia de transmissão trapezoidal montada em cada um dos 3 moinhos de martelos iguais existentes falha por dois modos independentes A ou B (a correia é substituída por outra nova sempre que ocorre uma qualquer falha):

1. Modo de falha A: Quebra devido a sobrecargas, segundo uma distribuição de probabilidade Exponencial negativa com um MTTF = 4.500 horas de funcionamento;
2. Modo de falha B: Desgaste segundo uma distribuição de probabilidade Normal com os parâmetros: Média = 550 horas e Desvio padrão = 150 horas.

A capacidade média de produção do moinho é de 30 Ton/hora e o regime de funcionamento estimado para o próximo ano é de 15 horas/dia, 22 dias/mês e 230 dias/ano.

- a) Qual o tempo médio de funcionamento (vida) até à falha (MTTF) da correia?
- b) Qual a probabilidade de a correia durar, pelo menos, 450 horas de funcionamento?
- c) Qual a probabilidade de a correia durar mais 450 horas tendo já decorrido 150 horas?
- d) Qual a razão de os resultados das alíneas b) e c) serem diferentes?
- e) Se a substituição da correia demorar 2 horas e a margem de contribuição da produção perdida for de 10 €/Ton, qual será o custo de oportunidade originado por cada moinho durante o próximo ano?
- f) Se a substituição preventiva da correia for realizada após cada 300 horas de funcionamento do moinho e aquela demorar uma média de 2 horas, qual a quantidade de correias que serão necessárias durante o período de 1 ano de funcionamento dos 3 moinhos de martelos, admitindo um risco de apenas 0,1 de essa quantidade vir a ser superior?

### Resolução

- a) Na prática, como o modo de falha (m.f.) B é predominante ( $MTTF_B \ll MTTF_A$ ), ignoraríamos a existência (episódica) do m.f. A. Porém, será preferível analisar o que de facto se passará em resultado da interação destes dois modos de falha. Recorrendo à aplicação EXCEL “Simulador\_modos falha\_procura”<sup>1</sup>, depois de introduzidos os dados, modificada a programação do campo (C7:C506) para o processo gerador de uma Normal e introduzido um valor muito elevado na célula F2 de modo a que as intervenções de MP nunca tenham lugar, repetindo a célula F5 (na aplicação EXCEL “Repetidor”<sup>1</sup>), encontramos aproximadamente 516 horas como valor esperado. O tempo médio de funcionamento até à falha da correia (independentemente se devido ao modo de falha A ou ao modo de falha B) é então  $MTTF \cong 516$  horas.
- b) Introduzindo 450 na célula F2 e repetindo a célula H9, determinamos a fiabilidade da correia para 450 horas a partir de nova:  $R = 1 - 0,3237 = 0,6763$
- c) Introduzindo alternativamente 150 e  $150 + 450 = 600$  na célula F2 e repetindo a célula H9, obtemos como fiabilidade da correia para 450 horas a partir de usada com 150 horas 0,3352:  
 $R(T + \Delta t) = R(150 + 450 = 600) = 1 - 0,6770 = 0,3230$   
 $R(T = 150) = 1 - 0,0365 = 0,9635$   
 $R(450 | 150) = 0,3230 / 0,9635 = 0,3352$
- d) Porque no caso da alínea c) a correia parte para a mesma missão já usada, logo a probabilidade de falhar mais cedo é maior (ou a sua fiabilidade é menor).
- e) Previsão de horas perdidas por cada moinho durante o próximo ano: 2 horas/intervenção x

<sup>1</sup> Aplicação constante no meu livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”, 2014

$(1/516)$  intervenções/hora  $\times$  15 horas/dia  $\times$  22 dias/mês e 11 meses/ano = 14,07 horas/ano.moínho Logo, o custo de oportunidade será: 14,07 horas/ano  $\times$  30 toneladas/hora  $\times$  10 €/tonelada  $\cong$  4.200 €/ano.moínho.

- f) Introduzindo 300 na célula F2, 2 nas células H2 e H3, 3 na célula H19, 22 na célula H21, 15 na célula H22 e 11 na célula H24, repetindo a soma das células H26 e H27 e calculando o percentil 90 da amostra assim conseguida, ou introduzindo 0,9 na célula M9 da folha "Histograma", obtemos 39 na célula M10, isto é:  $P(D \leq 39) = 0,9$ . Logo,  $D_{0,9} = 39$  unidades.

Notar que, se calculássemos o percentil 90 da procura de correias JIC e JIT separadamente, obteríamos, respectivamente, 7 e 35, ou seja 42 unidades, o que seria errado pois estas duas variáveis estão correlacionadas.