

## Políticas alternativas de manutenção

Um determinado órgão de um equipamento falha de acordo com uma distribuição de *Weibull* cujos parâmetros poderão ser calculados pelo método de regressão linear a partir dos TTF residentes no cadastro do equipamento ao qual aquele órgão pertence, desde o dia em que se iniciou o registo destes acontecimentos. Estes dados podem ser vistos no fim deste enunciado. Os custos e os tempos estimados de uma intervenção preventiva e correctiva são, respectivamente, 1.200 e 3.600 € e 5 e 30 horas.

Se arbitrarmos realizar uma intervenção correctiva 10% das vezes, qual será a melhor política: correctiva (MC), preventiva sistemática (MPS) ou condicionada (MPC)? (no planeamento empregam-se múltiplos de 50 horas).

- Na perspectiva dos custos? Ter em conta que, no caso da manutenção condicionada, o custo de monitorização contínua (*on-line*) custa mais 0,5 € por cada hora de funcionamento (devido à amortização do sistema de sensores);
- Na perspectiva da disponibilidade?
- Quais as periodicidades óptimas nas perspectivas dos custos e da disponibilidade?
- Qual a probabilidade de falha para uma missão de 500 horas quando o componente já acumulou 2.000 horas de funcionamento?

Ordem	TTF (horas)	Causas
1	5.656	Falha
2	3.475	Falha
3	2.044	Falha
4	4.610	Falha
5	5.084	Falha
6	6.992	Falha
7	3.586	Falha
8	2.338	Substituído preventivamente
9	3.648	Falha
10	2.612	Falha
11	1.953	Falha
12	1.880	Falha
13	1.282	Falha
14	2.394	Falha
15	3.972	Falha
16	5.213	Falha
17	1.047	Falha devida a outro modo de falha
18	3.945	Falha
19	2.740	Falha
20	5.431	Substituído preventivamente
21	3.546	Falha
22	1.548	Falha
23	3.092	Falha
24	2.873	Falha
25	3.884	Falha
26	4.189	Falha
27	766	Falha
28	2.843	Falha
29	4.241	Falha
30	4.555	Falha
31	5.159	Falha
32	2.578	Falha
33	3.063	Falha
34	3.576	Falha
35	3.480	Falha
36	4.754	Falha
37	3.340	Falha
38	2.728	Falha

39	2.373	Falha
40	2.859	Falha
41	3.650	Falha
42	2.827	Falha
43	5.731	Falha
44	3.768	Falha
45	2.887	Falha
46	3.217	Falha
47	2.842	Falha
48	3.581	Falha
49	1.236	Falha
50	4.248	Falha
51	3.334	Falha
52	1.757	Falha
53	2.344	Falha
54	1.778	Falha
55	2.848	Falha

### Resolução

Pelos métodos de regressão linear e *median ranking* e recorrendo à aplicação EXCEL “Ajustamento Weibull-Bernard”<sup>1</sup> tratamos os TTF constantes no Quadro anterior, censuramos os TTF de ordens 8, 17 e 20, e obtemos:

$$t_0 = 0; \alpha = 2,876 \text{ e } \beta = 3.790 \text{ horas}$$

Recorrendo à aplicação EXCEL “Distribuição Weibull”<sup>1</sup> obtemos também: MTTF = 3.378 horas.

a) Para  $F(t) = 0,1$ , vem que  $tp = 1.733 \cong 1.750$  horas, a que corresponde uma vida média de 1.287 horas.

Custo da política de MC (Manutenção Correctiva):  $3.600 \times 1/3.378 = 1,0656 \text{ €/hora}$

Custo da política de MPS (Manutenção Preventiva Sistemática):

$$C_{MP} = \frac{C_c \cdot F(t_p) + C_p \cdot [1 - F(t_p)]}{t_f \cdot F(t_p) + t_p \cdot [1 - F(t_p)]}$$

Substituindo valores, vem:  $[3.600 \times 0,102682 + 1.200 \times (1 - 0,102682)] / [1.287 \times 0,102682 + 1.750 \times (1 - 0,102682)] = 0,8496 \text{ €/hora}$

Custo da política de MPC (Manutenção Preventiva Condicionada), ou seja, combinação de “quase-falhas” (evitadas *in extremis*) como se de MC se tratasse, com as consequências da MPS:  $1.200 \times 1/3.378 + 0,5 = 0,8552 \text{ €/hora}$

A política mais económica será pois a MPS (Manutenção Preventiva Sistemática).

b) Disponibilidade proporcionada pela política de MC:  $3.378/(3.378 + 30) = 0,9912$

Disponibilidade proporcionada pela política de MPS:

$$D_{MP} = \frac{t_f \cdot F(t_p) + t_p \cdot [1 - F(t_p)]}{t_f \cdot F(t_p) + t_p \cdot [1 - F(t_p)] + T_c \cdot F(t_p) + T_p \cdot [1 - F(t_p)]}$$

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

Substituindo valores, vem:  $[1.287 \times 0,102682 + 1.750 \times (1 - 0,102682)] / \{[1.287 \times 0,102682 + 1.750 \times (1 - 0,102682)] + [30 \times 0,102682 + 5 \times (1 - 0,102682)]\} = 0,9956$

Disponibilidade proporcionada pela política de MPC (correctiva com as consequências da preventiva):  
 $3.378 / (3.378 + 5) = 0,9985$

A política de manutenção proporcionadora da maior disponibilidade é pois a MPC.

- c) Recorrendo à Expressão usada na alínea a), a um método numérico e enumerando uma gama larga de periodicidades  $t_p$  alternativas, ou, ainda pelo método de “tentativa-erro”, concluímos que a periodicidade óptima de MPS na perspectiva do custo mínimo é 2.400 horas, à qual corresponde o custo de 0,7862 €/hora.

Usando o mesmo procedimento e a Expressão usada na alínea b) concluímos que a periodicidade óptima de MPS na perspectiva da disponibilidade máxima é 1.750 horas, à qual corresponde a disponibilidade de 0,9956.

- d) Recorrendo à próxima Expressão e substituindo valores, obtemos:

$$F(\Delta t | T) = 1 - \frac{R(T + \Delta t)}{R(T)} = \frac{F(T + \Delta t) - F(T)}{1 - F(T)}$$

$$F(500 | 2.000) = [F(2.000 + 500) - F(2.000)] / R(2.000) = (0,260817 - 0,147066) / 0,852934 = 0,133365$$