## Exercícios Cap. 1

1) Uma fábrica de bobinas para motores está interessada em estimar a vida média de suas bobinas. Para tanto, foram submetidas a testes de confiabilidade 150 bobinas. As bobinas foram observadas e as falhas anotadas em intervalos de tempo. O número de falhas por intervalo de tempo é mostrado na tabela abaixo:

|  |  |
| --- | --- |
| Intervalo de tempo  (horas) | Falhas no intervalo |
| 0 – 1,000 | 16 |
| 1,001 – 2,000 | 24 |
| 2,001 – 3,000 | 26 |
| 3,001 – 4,000 | 46 |
| 4,001 – 5,000 | 38 |

Estime a função densidade *f*(*t*), a função de risco *h*(*t*), a função de probabilidade acumulada *F*(*t*) e a função de confiabilidade *R*(*t*). Plote os gráficos destas funções. Use as fórmulas abaixo para estimar as funções:

   

2) Um certo componente eletrônico apresenta função de risco constante com valor de 2,5 × 10-5 falhas por hora. Calcule a probabilidade do componente sobreviver pelo período de 1 ano (104 horas). Caso um comprador adquirisse um lote deste componente e fizesse um teste de 5.000 horas em uma amostra de 2.000 componentes, quantos deles falhariam durante o teste?

3) Componentes como válvulas apresentam função de risco crescente, . Encontre a função densidade *f*(*t*), a probabilidade de falha no intervalo (0,*t*] – *F*(*t*), a função de confiabilidade *R*(*t*), a função acumulada do risco *H*(*t*) e a função de vida residual média.

Determine a função de confiabilidade após um ano de uso da válvula, sabendo que 0,5 × 10-8. Qual a média de tempo para a reposição da mesma?

Considere que uma função de risco crescente possui função de densidade de Rayleigh; assim sendo:  e .

4) Um engenheiro estima a confiabilidade de uma máquina de corte, chegando a seguinte expressão:





(a) Determine a função de risco. (b) Determine a MTTF.

5) Capacitores cerâmicos têm função de risco constante com valor de 3 × 10-8 falhas por hora. Qual será a função de sobrevivência após 1 ano (104 horas). Após o recebimento de um carregamento destes capacitores, decide-se fazer um teste de 5.000 horas com uma amostra de 2.000 capacitores. Quantos capacitores devem falhar durante o teste?

6) Um determinado componente apresenta a função de confiabilidade de uma distribuição de Weibull. Os parâmetros do modelo são γ = 2,25 e θ = 300. Determine a confiabilidade deste componente depois de 10 horas de operação, sua vida esperada e seu desvio padrão.

Considere , , onde  é função de gama.

7) O tempo de vida de um determinado componente segue uma distribuição lognormal com μ = 6 e σ = 2. Calcule a confiabilidade do componente e o risco após 200 unidades de tempo. O formulário da distribuição lognormal vem dado abaixo:





Obs.: *z* refere-se a uma variável normal padronizada.  é a integral tabelada cujo valor corresponde à ordenada da função de densidade de uma variável normal padronizada.

8) O tempo de falha de um componente segue uma distribuição de Weibull com parâmetro de escala (horas)-1 e parâmetro de forma . Calcule o valor da MTTF.

9) A resistência rolante é uma medida da energia perdida por um pneu de carga ao resistir à força que opõe sua direção de movimento. Em um carro normal, viajando a oitenta quilômetros por hora, são usados aproximadamente 20% do poder da máquina para superar a resistência do rolamento dos pneus. Um fabricante de pneus introduz um material novo que, quando acrescido à combinação de borracha, melhora significativamente a resistência do rolamento do pneu. Uma análise em laboratório com 150 pneus demonstrou que a taxa de falha do pneu novo aumenta linearmente com o tempo (em horas); isto pode ser expresso como . Calcule a função de confiabilidade do pneu após um ano e a média de tempo até a troca do pneu. Formulário adicional é fornecido abaixo:

 

Os próximos exercícios devem ser resolvidos com o auxílio do *software* Proconf, cujo tutorial encontra-se no Apêndice, ao final deste capítulo.

10) Os dados na tabela abaixo são tempos-até-falha, apresentados em ordem crescente, medidos a partir de uma amostra de 50 unidades de um determinado componente eletro-mecânico:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 15 | 119 | 158 | 218 | 312 |
| 23 | 121 | 162 | 225 | 330 |
| 62 | 125 | 167 | 230 | 345 |
| 78 | 128 | 171 | 237 | 360 |
| 80 | 132 | 175 | 243 | 383 |
| 85 | 137 | 183 | 255 | 415 |
| 97 | 140 | 189 | 264 | 436 |
| 105 | 145 | 190 | 273 | 457 |
| 110 | 149 | 197 | 282 | 472 |
| 112 | 153 | 210 | 301 | 572 |

Pede-se: (*a*) plotar no Proconf as funções *f*(*t*), *h*(*t*), *R*(*t*) e *F*(*t*); (*b*) comentar os resultados.

11) Os dados de tempo-até-falha a seguir foram obtidos em ensaios de confiabilidade conduzidos sobre um tipo de componente eletrônico. Obtenha no Proconf os histogramas das funções *f*(*t*), *h*(*t*), *R*(*t*) e *F*(*t*) e comente os resultados.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2,7 | 6,1 | 8,4 | 12,0 | 18,9 | 21,0 |
| 3,1 | 6,4 | 8,6 | 13,2 | 19,0 | 22,2 |
| 3,3 | 7,3 | 9,5 | 13,7 | 19,3 | 26,4 |
| 3,3 | 8,0 | 9,6 | 14,2 | 20,2 | 33,6 |
| 4,6 | 8,2 | 11,9 | 16,1 | 20,4 | 35,0 |

12) Os dados a seguir foram obtidos em testes com um componente mecânico que falha por fadiga. Plote no Proconf os histogramas de funções *f*(*t*), *h*(*t*), *R*(*t*) e *F*(*t*) e comente os resultados.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 62 | 85 | 95 | 101 | 109 | 126 |
| 65 | 87 | 95 | 103 | 109 | 131 |
| 79 | 90 | 98 | 105 | 119 | 132 |
| 82 | 92 | 99 | 106 | 120 | 134 |
| 83 | 95 | 99 | 108 | 125 | 139 |

13) Considere os três grupos de dados abaixo. O grupo no item (*a*) foi obtido testando o número de dias até falha de lâmpadas elétricas em condições de uso contínuo; o grupo no item (*b*) corresponde ao tempo até falha, em milhares de horas, de bombas submersas; o grupo no item (*c*) corresponde a um teste com mecanismos de pouso de aviões (os resultados estão em números de pousos/decolagens, em condições normais). Analise os grupos de dados e determine, utilizando o Proconf: (*a*) qual a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta aos dados (na dúvida entre mais de uma distribuição, informe os resultados para aquelas que oferecem melhor ajuste); (*b*) elabore um relatório com os gráficos da função de confiabilidade e de densidade da distribuição selecionada; (*c*) a MTTF dos equipamentos; e (*d*) o tempo correspondente à uma confiabilidade de 95% para os equipamentos?

(a) Lâmpadas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 20,1 | 98,7 | 256,4 | 662,6 |
| 20,4 | 115,3 | 267,2 | 668,9 |
| 21,5 | 116,9 | 332,6 | 702,7 |
| 32,5 | 190,9 | 378,6 | 750,7 |
| 35,3 | 191,8 | 417,4 | 771,1 |
| 56,0 | 219,2 | 433,1 | 907,0 |
| 63,6 | 234,5 | 522,4 | 952,2 |
| 74,1 | 235,7 | 560,4 | 1072,4 |
| 78,1 | 253,3 | 577,0 | 1168,4 |
| 82,0 | 254,2 | 581,7 |  |

(b) Bombas submersas

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 58,9 | 57,3 | 38,0 | 26,8 | 27,4 | 89,7 | 16,3 | 41,2 | 39,7 | 20,7 |
| 14,8 | 102,2 | 63,2 | 58,0 | 75,4 | 31,1 | 60,7 | 15,1 | 110,6 | 13,7 |
| 30,0 | 41,4 | 39,5 | 171,7 | 13,8 | 23,6 | 51,1 | 62,7 | 106,7 | 30,5 |
| 40,5 | 28,0 | 127,0 | 14,3 | 36,5 | 38,7 | 47,7 | 118,0 | 14,5 | 18,8 |
| 81,1 | 49,5 | 72,3 | 20,0 | 174,2 | 12,7 | 20,8 | 6,5 | 24,3 | 59,3 |
| 19,0 | 21,8 | 32,0 | 125,5 | 21,9 | 58,6 | 29,5 | 101,0 | 165,3 | 46,6 |
| 46,8 | 75,6 | 26,5 | 11,3 | 28,4 | 43,3 | 34,0 | 55,2 | 42,8 | 24,5 |
| 18,5 | 43,5 | 66,9 | 51,0 | 13,7 | 194,4 | 32,2 | 48,2 | 32,8 | 20,2 |
| 44,8 | 64,6 | 28,5 | 10,6 | 29,1 | 19,4 | 47,6 | 108,1 | 98,6 | 11,4 |
| 23,4 | 68,9 | 79,8 | 123,8 | 27,3 | 16,6 | 18,0 | 13,5 | 56,1 | 36,3 |

(c) Trens de pouso

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 20937,3 | 19295,7 | 18076,7 | 10550,1 | 16618,8 | 16504,1 |
| 15868,6 | 19455,8 | 21300,5 | 14498,5 | 15672,5 | 19597,5 |
| 16606,6 | 15864,2 | 19558,7 | 19274,7 | 19485,0 | 18646,4 |
| 19593,3 | 27046,6 | 13572,6 | 14585,3 | 25814,3 | 18627,7 |
| 15579,3 | 19101,3 | 9797,0 | 16785,8 | 16724,8 | 18631,4 |
| 15525,7 | 20822,0 | 15854,5 | 15063,2 | 8384,93 | 11950,7 |
| 20130,6 | 22271,6 | 17342,7 | 20617,2 | 12328,2 | 16003,7 |
| 20703,5 | 26231,2 | 22068,3 | 12786,3 | 21788,0 | 19782,8 |
| 15845,8 | 12242,6 | 22179,6 | 20739,5 | 16217,6 | 17431,8 |
| 20900,8 | 11110,2 | 23469,6 | 26138,5 | 21370,0 | 14301,2 |

14) Um componente mecânico sujeito a *stress* cíclico apresenta um tempo até falha normalmente distribuído, com média 1980 ciclos e desvio-padrão de 350 ciclos. O fabricante oferece uma garantia de 1 ano, com total reposição do componente no caso de falha (em um ano, estima-se uma média de 1580 ciclos de uso do componente). Cada reposição custa $380,00 para o fabricante. Elabore um relatório no Proconf com as seguintes informações: (*a*) apresente os gráficos de confiabilidade, densidade de probabilidade e taxa de falha do componente mecânico; (*b*) para cada 1000 componentes vendidos, qual o custo esperado para o fabricante incorrido com reposições dentro do prazo de garantia? (*c*) o fabricante deseja um custo com reposições na garantia ≤ $ 1000,00/mil peças vendidas; considerando o nível de confiabilidade atual, qual deveria ser o prazo de garantia oferecido pelo fabricante para o produto?

15) Utilizando o Proconf, encontre a distribuição que melhor se ajusta aos dados e a MTTF da seguinte amostra de tempos até a falha:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6 | 15 | 30 | 39 | 47 | 57 | 149 |
| 8 | 16 | 33 | 41 | 48 | 62 | 271 |
| 10 | 28 | 36 | 45 | 51 | 110 |  |