

4

Metodologia de Previsão Proposta

Os equipamentos eletrônicos apresentam uma baixíssima taxa de falhas, algo em torno de 1 falha a cada 100.000 horas. Tal característica levaria a pensar que os equipamentos eletrônicos teriam elevado tempo de vida, mas hoje se deve considerar uma outra característica que é a obsolescência. Existem dois tipos de obsolescência:- a obsolescência operacional devido à aparição no mercado de equipamentos que proporcionam maiores facilidades e performance de operação e a obsolescência técnica devido à evolução dos componentes, que leva os fabricantes a procurar componentes com melhor performance e menor custo. A obsolescência fez com que o planejamento de troca de um equipamento eletrônico, que há algum tempo atrás era de 20 anos, se situe, atualmente, entre 5 e 10 anos.

Pode-se, então, presumir que um componente eletrônico não se desgasta durante o tempo de vida de 5 a 10 anos e neste caso as falhas seguem um processo aleatório. Esta premissa é fundamental para a compreensão da proposta deste trabalho, que utiliza a distribuição de Poisson como uma alternativa ao uso de Séries Temporais para apresentar melhores resultados na previsão de consumo de peças eletrônicas de reposição.

Inicialmente, será apresentada uma breve revisão dos conceitos que irão fundamentar a metodologia proposta e, em seguida, a metodologia de cálculo da compra inicial de sobressalentes utilizado pela maioria dos fornecedores de equipamentos. Entender a metodologia utilizada para a compra inicial é fundamental por ser a base para a previsão de consumo durante a vida do equipamento.

4.1

Taxa de Falha λ

A Taxa de Falha de uma peça (*failure rate*) pode ser definida como “a proporção de entidades que tendo sobrevivido a um determinado tempo “t”, falharam dentro do intervalo de tempo $[t, t+\Delta t]$ ”, [VILLEMEUR , 1992]. A Taxa de Falha também pode ser definida, para um único item, por:

$$\lambda_t = \frac{f}{T}$$

$\lambda_t \rightarrow$ Taxa de Falhas

$f \rightarrow$ número de falhas verificadas no intervalo de tempo T

$T \rightarrow$ intervalo de tempo de observação

e para N itens instalados em K equipamentos, [CISCEA, 1994], por

$$\lambda_{eq} = \frac{f}{KNT}$$

$K \rightarrow$ número total de equipamentos que contém o item,

$N \rightarrow$ quantidade do item instalada em cada equipamento,

Uma variante da Taxa de Falhas também largamente utilizado é o MTBF (Mean Time Between Failure) e o MTTF (Mean Time To Failure). O MTBF é utilizado para itens reparáveis e o MTTF para itens descartáveis.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \text{ Tempo Médio Entre Falhas}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \text{ Tempo Médio Até Falhar}$$

A Taxa de Falhas é o parâmetro fundamental para o cálculo da Confiabilidade.

4.2

Confiabilidade

A Confiabilidade (*Reliability*), é definida como a probabilidade de que um item execute a função para a qual foi construído, sob condições especificadas e por um período de tempo definido, [SITTI, 1999].

A distribuição exponencial é largamente utilizada para previsão da confiabilidade de equipamentos eletrônicos por possuir as seguintes vantagens, [SITTI, 1999]:

- a) taxa de falha constante ($K(t) = k$), o que torna fácil a avaliação do parâmetro λ ;
- b) cálculos matemáticos simples;
- c) larga aplicação;
- d) propriedade aditiva, isto é, as taxas de falha se somam;
- e) conserva a aproximação com outras distribuições probabilísticas.

A Confiabilidade é expressa pela seguinte função:

$$R(t) = e^{-\int_0^t K(t) dt} = e^{-\lambda t}$$

4.3

Disponibilidade e Nível de Serviço

A Disponibilidade Operacional (*Operational Availability*), está relacionada com o tempo de reparo de um equipamento. Ela também pode ser analisada como nível de serviço prestado e depende basicamente de:

- frequência e duração das manutenções preventivas;
- quantidade e duração das manutenções corretivas.

A Disponibilidade Operacional, matematicamente, é a relação entre o tempo de operação e a soma do tempo de operação e o tempo de parada

(inoperância) [Raytheon, 2005]. Um valor próximo de 1 significa uma boa disponibilidade.

$$A_o = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

$A_o \rightarrow$ Disponibilidade Operacional

$T_{ON} \rightarrow$ Tempo de Operação

$T_{OFF} \rightarrow$ Tempo de Inoperância

Exemplo:

A Disponibilidade Operacional (A_o) de um equipamento que funciona em regime de operação contínua (24h), operou 700 horas e esteve 20 horas inoperante, será:

$$A_o = \frac{700}{700 + 20} = 0,9722$$

Ela é função de vários fatores, entre eles os mais importantes [CCT, 1983], são:

- Características construtivas do equipamento
 - dispositivos de teste e localização de falhas
 - facilidades para retirada do item defeituoso e instalação de substituto
- Técnicos mantenedores:
 - quantidade
 - qualificação
 - experiência

- Documentação Técnica:
 - abrangência
 - atualização
- Ferramentas e Equipamentos de Testes
 - adequação
 - estado
 - calibração
- Peças de Reposição
 - adequação
 - quantidade

Este trabalho foca o aspecto quantidade de peças de reposição. A quantidade a ser prevista deverá ser dimensionada de maneira que a Probabilidade de Não Ruptura de Estoque proporcione o índice de Disponibilidade Operacional (Nível de Serviço) especificado para o equipamento.

Os termos, confiabilidade e disponibilidade são muitas vezes confundidos. Enquanto a confiabilidade é um indicador da probabilidade de um equipamento vir a falhar, a disponibilidade é um indicador do tempo operação de um equipamento. Assim, um equipamento que apresentar várias falhas em um mês, por poucos segundos, apresentará um baixo índice de confiabilidade e um alto índice de disponibilidade.

4.4

Distribuição de Poisson

O processo de Poisson é um processo estocástico contínuo com espaço de estados discretos. Isto quer dizer que se $K(t)$ indica um processo de Poisson onde:

$t \rightarrow$ índice dos tempos.

$K(t) \rightarrow$ número de ocorrências de um determinado evento no tempo “t”.

“t” é uma variável contínua e $K(t)$ é uma variável discreta que pode assumir valores (0, 1, 2, ...)

A distribuição de Poisson é usada para modelar as ocorrências de um evento considerado “raro” em um determinado intervalo de tempo, [Shapiro, 1967].

Em uma distribuição de Poisson, o número de ocorrências no intervalo de tempo $T(1)=[0, t_1]$ é independente do número de ocorrências em qualquer outro intervalo de tempo disjunto, por exemplo, $T(2)=[t_1, t_2]$. Logo a probabilidade condicional do número de ocorrências em $T(2)$, dado o número de ocorrências em $T(1)$ é igual à probabilidade incondicional em $T(2)$, isto é, só depende da duração do intervalo $T(2)$ e não depende do que ocorreu no passado, [Barros M., 2004]. Em outras palavras, a probabilidade de um item falhar no intervalo de tempo $T(2)$ independe de ele ter, ou não, falhado no intervalo $T(1)$.

A afirmativa parece incoerente, tendo em vista que se o item já funcionou $T(1)$ era de se esperar que a probabilidade de ele falhar aumentasse com o tempo de uso. Entretanto, para um equipamento eletrônico, vale a premissa de que durante a sua vida útil a taxa de falhas permanece constante e que praticamente não há desgaste de suas partes.

Principais propriedades da Distribuição de Poisson:

a) Função Densidade de Probabilidade

$$f(k) = P(K = k) = (\lambda t)^k \frac{e^{-\lambda t}}{k!}$$

$\lambda \rightarrow$ taxa de falhas

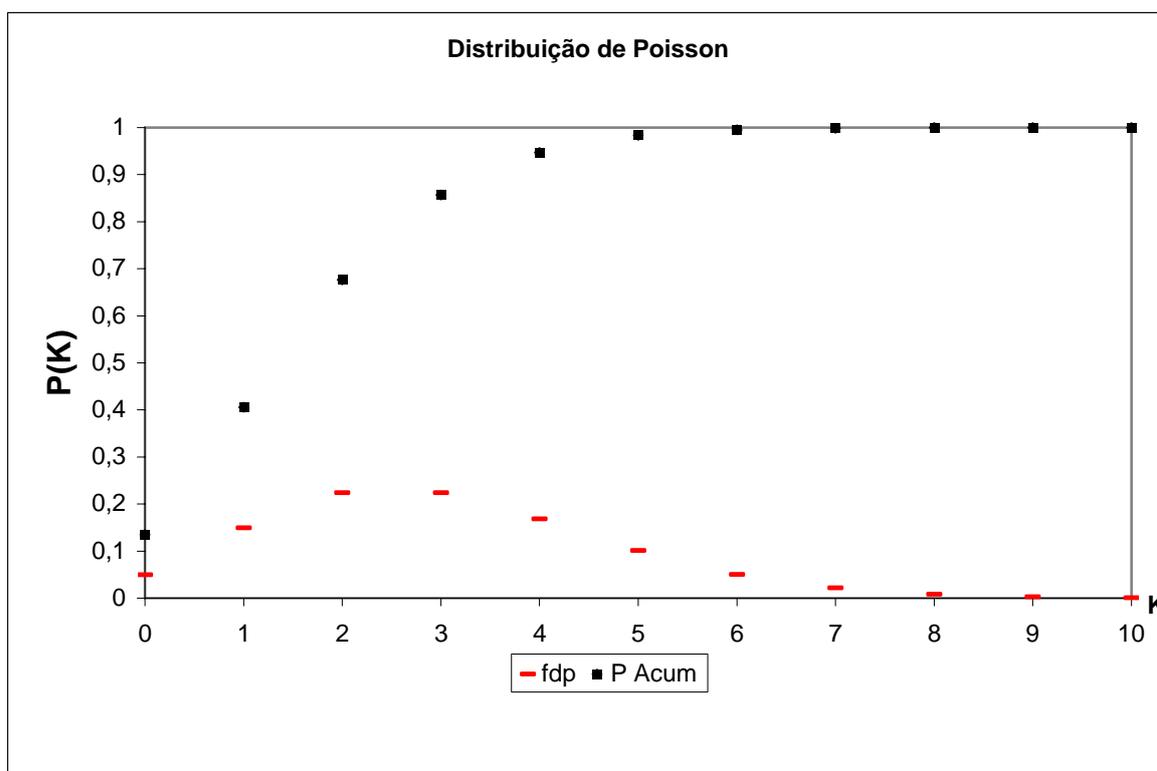
$(\lambda t) \rightarrow$ media de falhas no tempo “t”

$k \rightarrow$ número de falhas no tempo “t”

b) Probabilidade Acumulada (probabilidade de k ou menos falhas)

$$P(K \leq k) = \sum_{i=0}^k (\lambda t)^i \frac{e^{-\lambda t}}{i!}$$

Representação gráfica da distribuição de Poisson



Valor Esperado $E(K)$

$$E(K) = (\lambda t)$$

d) Média μ

$$\mu = \lambda t$$

e) Variância $VAR(K)$

$$VAR(K) = (\lambda t)$$

Assim, a Média é igual à Variância em um Distribuição de Poisson.

f) Soma de Variáveis Aleatórias

Se $K_1, K_2, K_3, \dots, K_i$, sendo K_i uma variável aleatória independente que possui distribuição de Poisson com parâmetro $(\lambda_i t)$, e

$Y = K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_i$, Y possui distribuição de Poisson com parâmetro $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_i$

Esta propriedade é particularmente importante para o cálculo da dotação de peças de reposição.

g) Contagem

A distribuição de Poisson descreve um processo de contagem e $K(t)$ representa o número total de ocorrências de um evento no intervalo $(0,t)$.

Se $t_1 < t_2$ então $K(t_1) \leq K(t_2)$

Se $t_1 < t_2$ então $K(t_2) - K(t_1)$ corresponde ao número k de ocorrências no intervalo $[t_1, t_2]$, onde $K(t)$ é inteiro e maior que zero.

4.5

Previsão da Compra Inicial

O objetivo da compra inicial de sobressalentes é minimizar a probabilidade de que um determinado equipamento fique inoperante devido à falta de peças no período inicial de operação. Enquanto no varejo a compra inicial é baseada em pesquisas de mercado, no caso dos sobressalentes há consenso entre fornecedores e usuários de que ela deve ser prevista segundo a distribuição de Poisson.

Normalmente a quantidade inicial de sobressalentes é comprada junto com o equipamento, sendo calculada segundo critérios do órgão comprador ou por sugestão do fornecedor. Ela é fundamental para manter a disponibilidade do equipamento no período de funcionamento inicial no qual a *manutenabilidade* é estimada com base em dados teóricos do fabricante.

. O modelo matemático é mostrado resumidamente a seguir.

4.5.1

Hipóteses

As seguintes hipóteses são colocadas para utilização do método:

- a) os defeitos devidos à mortalidade infantil foram eliminados no *burn in*,
- b) os componentes seguem uma lei de falhas exponencial,
- c) não há degradação dos sobressalentes durante o período de estocagem,
- d) somente os itens deteriorados no equipamento são substituídos por sobressalentes durante o reparo

- e) a taxa de falhas é considerada constante ao longo do período de atendimento previsto para o estoque, sendo as falhas decorrentes de eventos estocásticos e independentes, por mecanismos intrínsecos do próprio item,
- f) o equipamento estará operando dentro de condições normais de especificação, recebendo toda a manutenção preventiva para ele preconizada, bem como toda a manutenção corretiva necessária para restaurá-lo às condições originais de especificação e nível de qualidade,
- g) as quantidades sobressalentes do item, necessárias para as manutenções de falhas que não as decorrentes dos processos acima listados, serão originárias de estoques adicionais.

4.5.2

Modelo Matemático

As quatro fontes consultadas utilizam a distribuição de Poisson para o cálculo da compra inicial com algumas variantes nas letras e nomes de constantes e variáveis, mas a fórmula é basicamente a mesma. A seguir é apresentado o modelo matemático da CISCEA, [1994]:

$$Ps(s) = \sum_{x=0}^s \frac{F^x}{x!} \times e^{-F}$$

S → número de falhas do item estimado para o período previsto na compra inicial,
Ps(s) → probabilidade acumulada de que o número médio de falhas “F” do item, seja menor ou igual a “S”, não havendo assim a ruptura do estoque de sobressalentes, quando a quantidade estocada for igual a “S”.

Nota: Ps é também chamada de Probabilidade de Não Ruptura de Estoque,

F → número médio de falhas do item considerado, sendo:

$$F = KNMLD$$

K → número total de equipamentos que contém o item,

N → quantidade do item instalada em cada equipamento,

M → taxa média de utilização dos KN itens instalados

Nota: $M = 1$ para itens em operação permanente (24h),

L → taxa de falhas do item, normalmente designada como λ ,

D → período de suporte previsto com a compra inicial.

4.5.3

Exemplo de cálculo da compra inicial com metodologia CISCEA

Supondo o item A, o cálculo da quantidade a ser adquirida com a compra inicial para um período de 6 meses com Probabilidade de Não Ruptura de Estoque, P_s , de 0,95, sabendo que existe 1 equipamento por Sítio e um total de 7 Sítios, é apresentado a seguir:

Informações do item A:

→ quantidade instalada em cada equipamento $N = 4$

→ número total de equipamentos que contém o item A, $K = 7$,

→ taxa média de utilização, $M = 1$,

→ tempo médio entre falhas informado pelo fabricante, $MTBF = 43800$ horas,

→ período suporte previsto com a compra inicial, $D = 6$ meses,

→ Probabilidade de Não Ruptura de Estoque, $P_s = 0,95$

O primeiro passo para cálculo da quantidade a ser comprada inicialmente é encontrar a Taxa de Falha λ

$$L = \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{43800} = 2,28311 \times 10^{-5}$$

Usando o EXCEL®, calcula-se a probabilidade acumulada de Poisson, ($P_s(s)$, para x começando de $x=0$ até que $P_s(s)$ seja igual ou superior à Probabilidade de Não Ruptura de Estoque desejada (0,95) para um Sítio ($K=1$) e todos os Sítios ($k=7$).

Exemplo de cálculo da dotação inicial				
DADOS		x	Ps(s) Acum 1 Eqpto	Ps(s) Acum K Eqpto
MTBF(h)=	43800	0	0,670320046	0,060810063
K=	7	1	0,938448064	0,231078238
N=	4	2	0,992073668	0,469453683
M=	1	3	0,999223749	0,691937433
L=	2,28311E-05	4	0,999938757	0,847676057
D(h)=	4380	5	0,999995957	0,934889687
F=	2,8	6	0,99999771	0,97558938
		7	0,99999989	0,991869258
		8	0,99999999	0,997567215
		9	1	0,999339913
		10	1	0,999836268

Na tabela acima pode ser verificado que para 1 equipamento, $x=2$ (peças sobressalentes) proporciona uma Probabilidade de Não Ruptura de Estoque $Ps(2)=0,99$. Em outras palavras, a probabilidade de que venha a ocorrer mais do que 2 falhas é de somente 0,01, $(1-Ps(2))$, ou ainda, com 2 unidades em estoque existe 99,2% de probabilidade de que não ocorra ruptura de estoque no período de 6 meses.

Raciocínio análogo pode ser feito para os 7 equipamentos ($K=7$). Neste caso, seriam necessárias 6 peças sobressalentes para obter uma Probabilidade de Não Ruptura de Estoque maior do que 0,95.

4.6

Metodologia proposta

Um item é considerado crítico quando a sua falha torna o equipamento, no qual está instalado, inoperante. Assim, o primeiro passo na metodologia a ser proposta para reposição de estoque é a identificação dos itens considerados críticos. Estes itens devem possuir tratamento prioritário em relação aos demais, independente do valor e da quantidade, pois em caso de ruptura de estoque um equipamento ficará inoperante.

Identificados os itens críticos os demais podem ser tratados segundo as classes ABC propostas por Pareto [Moura, 1989], que sugere concentrar o esforço gerencial nos itens do grupo A, os quais devem ser submetidos a negociações

especiais, onde se pode conseguir maiores ganhos e redução de custos, enquanto que a política de estoques para os itens do grupo C deve ser a de trabalhar com folgas e estoques elevados, de modo a economizar esforços gerenciais e administrativos. Quanto aos itens do grupo “B”, eles devem possuir um acompanhamento ativo, mas não tão intenso quanto os do grupo “A”.

Uma vez que os itens tenham sido classificados segundo a *criticidade* e a metodologia ABC pode-se passar para a metodologia de previsão propriamente dita.

4.6.1

Disponibilidade Operacional x Probabilidade de Não Ruptura de Estoque

Não há, matematicamente, uma equação que relacione a Disponibilidade Operacional (A_o) com a Probabilidade de Não Ruptura de Estoque (P_s), mas intuitivamente espera-se que quanto maior for A_o maior deve ser P_s .

A CISCEA [1994] utiliza nas suas previsões de compra inicial de sobressalentes para novos equipamentos a seguinte relação:

Ps sugerida em função de Ao

Ao	Ps
0,95	0,95
0,96	0,97
0,97	0,98
0,98	0,99
0,99	0,995

Fonte: CSCEA 1994

4.6.2

Previsão de Consumo

A metodologia de previsão de consumo para um determinado período é descrita a seguir:

estimar o tempo T_d ;

- a) identificar a Disponibilidade Operacional ou o Nível de Serviço contratado para o equipamento em análise. Estimar a Taxa de Não Ruptura de Estoque que proporcione o Nível de Serviço contratado;
- b) Verificar as falhas deste item e as respectivas datas;
- c) Calcular a Taxa de Falhas, λ_R

$$\lambda_R = \frac{f}{KNT} = L$$

$f \rightarrow$ número de falhas no período T

- d) Calcular o número de peças (x) a adquirir para a Probabilidade de Não Ruptura de Estoque desejada;

$$Ps(s) = \sum_{x=0}^s \frac{F^x}{x!} \times e^{-F}$$

$$F = KNMLD$$

K \rightarrow número total de equipamentos que contém o item,

N \rightarrow quantidade do item instalada em cada equipamento,

M \rightarrow taxa média de utilização dos KN itens instalados

Nota: M=1 para itens em operação permanente (24h),

L $\rightarrow \lambda_R$,

D \rightarrow período de previsão

a quantidade adquirida será o valor de “x” que proporciona

$$Ps(s) \geq A_o$$

Como verificado, é uma metodologia simples, de fácil implementação, seja no EXCEL®, seja através de uma rotina em um software de Gestão de Estoque. O exemplo a seguir mostrará a sua aplicação.

É importante ressaltar que esta metodologia calcula a previsão de consumo de um determinado item. Portanto, é um dos parâmetros para o cálculo da quantidade a ser adquirida para reposição do estoque.

4.6.3

Exemplos de aplicação

Os exemplos descritos a seguir foram elaborados com dados reais de falhas de módulos eletrônicos utilizados em equipamentos de auxílios à navegação aérea. Os cálculos foram desenvolvidos em planilhas EXCEL®.

A taxa de falhas inicial foi calculada para os primeiros 12 meses e as seguintes acrescentado períodos de 6 meses. Assim a segunda taxa de falha corresponde a 18 meses, a terceira a 24, a quarta a 30 meses e a quinta a 36 meses.

Como o *Lead Time* (T_d) é de 6 meses, a previsão será aplicada nos seis meses posteriores ao *Lead Time*. Assim, a previsão realizada utilizando a taxa de falhas do período 2004-1 será aplicada no período 2005-1 e assim por diante.

a) Power Supply

Preço Unitário= 6.349,20 US\$

PN= A (fictício)

MTTF= 800064horas

Disponibilidade Operacional $A_o=0,95$

$T_d= 6$ meses

$K= 7$ equipamentos

$N= 18$ peças funcionam em cada equipamento

Cálculo da Taxa de Falhas

Data da Falha	Nr Falhas	f	λ_R	Data da Falha	Nr Falhas	f	λ_R
30/1/2004	2	8	1,47E-05	30/7/2005	1	5	1,56E-05
28/2/2004	1			30/8/2005	1		
30/3/2004	1			30/9/2005	1		
30/4/2004	2			30/10/2005	1		
30/5/2004	1			30/11/2005	1		
30/6/2004	1			30/12/2005	0		
30/7/2004	1	8	1,47E-05	30/1/2006	1	8	1,54E-05
30/8/2004	1			28/2/2006	1		
30/9/2004	1			30/3/2006	2		
30/10/2004	2			30/4/2006	1		
30/11/2004	1			30/5/2006	2		
30/12/2004	2			30/6/2006	1		
30/1/2005	1	13	1,776E-05	30/7/2006	3	11	3,95E-05
28/2/2005	2			30/8/2006	3		
30/3/2005	2			30/9/2006	2		
30/4/2005	2			30/10/2006	1		
30/5/2005	0			30/11/2006	1		
30/6/2005	6			30/12/2006	1		

Previsão de peças para o estoque

x	2005-1	2005-2	2006-1	20062	2007-1
	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão
0	0,00033546	0,000335463	6,33607E-05	0,0002035	0,00022487
1	0,00301916	0,003019164	0,000675848	0,0019329	0,00211375
2	0,01375397	0,013753968	0,003636201	0,0092832	0,01004707
3	0,04238011	0,042380112	0,013175116	0,0301091	0,03226037
4	0,0996324	0,0996324	0,036227494	0,074364	0,07890828
5	0,19123606	0,191236062	0,080795426	0,1495973	0,15727678
6	0,31337428	0,313374278	0,152599315	0,2561779	0,26699268
7	0,45296081	0,452960809	0,251757068	0,3855971	0,39865176
8	0,59254734	0,592547341	0,371572685	0,523105	0,5368938
9	0,71662426	0,716624259	0,500263534	0,6529737	0,6659197
10	0,81588579	0,815885793	0,624664687	0,763362	0,77430145
11	0,888076	0,888075999	0,733986913	0,848662	0,8570657
12	0,9362028	0,936202803	0,822052039	0,9090829	0,91500068
13	0,9658193	0,965819298	0,887536364	0,9485889	0,95243558
14	0,98274301	0,98274301	0,932751731	0,9725746	0,97489653
15	0,99176899	0,991768989	0,961890523	0,9861666	0,98747466
16	0,99628198	0,996281979	0,97949521	0,9933873	0,99407817

A tabela mostra:

13 peças para o 1º semestre de 2005

13 peças para o 2º semestre de 2005

15 peças para o 1º semestre de 2006

14 peças para o 2º semestre de 2006

13 peças para o 1º semestre de 2007

b) AMPLIFIER MODULE

Preço Unitário= 50.427,30 US\$

PN= B (fictício)

MTBF= 94787horas

Disponibilidade Operacional $A_o=0,95$

Td= 6 meses

K= 7 equipamentos

N= 16 peças funcionam em cada equipamento

Cálculo da Taxa de Falhas,

Data da Falha	Nr Falhas	f	λ_R	Data da Falha	Nr Falhas	f	λ_R
30/1/2004	0	6	1,24E-05	30/7/2005	0	6	1,24E-05
28/2/2004	0			30/8/2005	1		
30/3/2004	2			30/9/2005	1		
30/4/2004	1			30/10/2005	1		
30/5/2004	1			30/11/2005	1		
30/6/2004	2			30/12/2005	2		
30/7/2004	0			4	1,03E-05		
30/8/2004	0	28/2/2006	1				
30/9/2004	1	30/3/2006	1				
30/10/2004	1	30/4/2006	1				
30/11/2004	2	30/5/2006	1				
30/12/2004	0	30/6/2006	1				
30/1/2005	0	8	1,24E-05	30/7/2006	0	5	1,21E-05
28/2/2005	1			30/8/2006	1		
30/3/2005	1			30/9/2006	2		
30/4/2005	2			30/10/2006	0		
30/5/2005	1			30/11/2006	1		
30/6/2005	3			30/12/2006	1		

Previsão de peças para o estoque

x	2005-1	2005-2	2006-1	2006-2	2007-1
	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão
0	0,00247875	0,0067379	0,00247875	0,00247875	0,00247875
1	0,01735127	0,0404277	0,01735127	0,01735127	0,01735127
2	0,0619688	0,124652	0,0619688	0,0619688	0,0619688
3	0,15120388	0,2650259	0,15120388	0,15120388	0,15120388
4	0,2850565	0,4404933	0,2850565	0,2850565	0,2850565
5	0,44567964	0,6159607	0,44567964	0,44567964	0,44567964
6	0,60630278	0,7621835	0,60630278	0,60630278	0,60630278
7	0,74397976	0,8666283	0,74397976	0,74397976	0,74397976
8	0,84723749	0,9319064	0,84723749	0,84723749	0,84723749
9	0,91607598	0,9681719	0,91607598	0,91607598	0,91607598
10	0,95737908	0,9863047	0,95737908	0,95737908	0,95737908
11	0,97990804	0,9945469	0,97990804	0,97990804	0,97990804
12	0,99117252	0,9979811	0,99117252	0,99117252	0,99117252
13	0,99637151	0,999302	0,99637151	0,99637151	0,99637151
14	0,99859965	0,9997737	0,99859965	0,99859965	0,99859965
15	0,9994909	0,999931	0,9994909	0,9994909	0,9994909

A tabela mostra:

10 peças para o 1º semestre de 2005

9 peças para o 2º semestre de 2005

10 peças para o 1º semestre de 2006

10 peças para o 2º semestre de 2006

10 peças para o 1º semestre de 2007

c) LOCAL OSCILLATOR

Preço Unitário= 24.542,00 US\$

PN= C (fictício)

MTBF= 129.199horas

Disponibilidade Operacional $A_o = 0,95$

Td= 6 meses

K= 7 equipamentos

N= 4 peças funcionam em cada equipamento

Cálculo da Taxa de Falhas, λ_R

Cálculo da Taxa de Falhas

Data da Falha	Nr Falhas	f	λ_R	Data da Falha	Nr Falhas	f	λ_R
30/1/2004	0	1	8,27E-06	30/7/2005	0	2	1,24E-05
28/2/2004	0			30/8/2005	0		
30/3/2004	0			30/9/2005	0		
30/4/2004	0			30/10/2005	0		
30/5/2004	0			30/11/2005	1		
30/6/2004	1			30/12/2005	1		
30/7/2004	0	1	8,27E-06	30/1/2006	0	3	1,49E-05
30/8/2004	0			28/2/2006	1		
30/9/2004	0			30/3/2006	1		
30/10/2004	0			30/4/2006	0		
30/11/2004	0			30/5/2006	0		
30/12/2004	1			30/6/2006	1		
30/1/2005	0	2	1,1E-05	30/7/2006	0	1	1,38E-05
28/2/2005	1			30/8/2006	0		
30/3/2005	1			30/9/2006	1		
30/4/2005	0			30/10/2006	0		
30/5/2005	0			30/11/2006	0		
30/6/2005	0			30/12/2006	0		

Previsão de peças para o estoque

x	2005-1	2005-2	2006-1	2006-2	2007-1
	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão
0	0,36787944	0,36787944	0,2635971	0,22313016	0,165298888
1	0,73575888	0,73575888	0,61506	0,5578254	0,462836887
2	0,9196986	0,9196986	0,8493686	0,80884683	0,730621086
3	0,98101184	0,98101184	0,9535057	0,93435755	0,891291605
4	0,99634015	0,99634015	0,9882181	0,98142406	0,963593339
5	0,99940582	0,99940582	0,9974747	0,99554402	0,989621963
6	0,99991676	0,99991676	0,9995317	0,99907401	0,99743055
7	0,99998975	0,99998975	0,9999236	0,99983043	0,999438473
8	0,99999887	0,99999887	0,9999889	0,99997226	0,999890255
9	0,99999989	0,99999989	0,9999985	0,9999959	0,999980612
10	0,99999999	0,99999999	0,9999998	0,99999945	0,999996876
11	1	1	1	0,99999993	0,999999537
12	1	1	1	0,99999999	0,999999937
13	1	1	1	1	0,999999992
14	1	1	1	1	0,999999999
15	1	1	1	1	1

A tabela mostra:

3 peças para o 1º semestre de 2005

3 peças para o 2º semestre de 2005

3 peças para o 1º semestre de 2006

4 peças para o 2º semestre de 2006

4 peças para o 1º semestre de 2007