

Caso Grupos Homogêneos (GH)

Um componente não reparável cuja referência de fabricante é REFAB2015 existe na quantidade de 12 unidades e encontra-se montado e em funcionamento em 5 equipamentos: Um equipamento do tipo EK, dois do tipo EW e dois do tipo EY. A Figura 1 esquematiza estes equipamentos e a distribuição do componente.

Artigo: REFAB2015

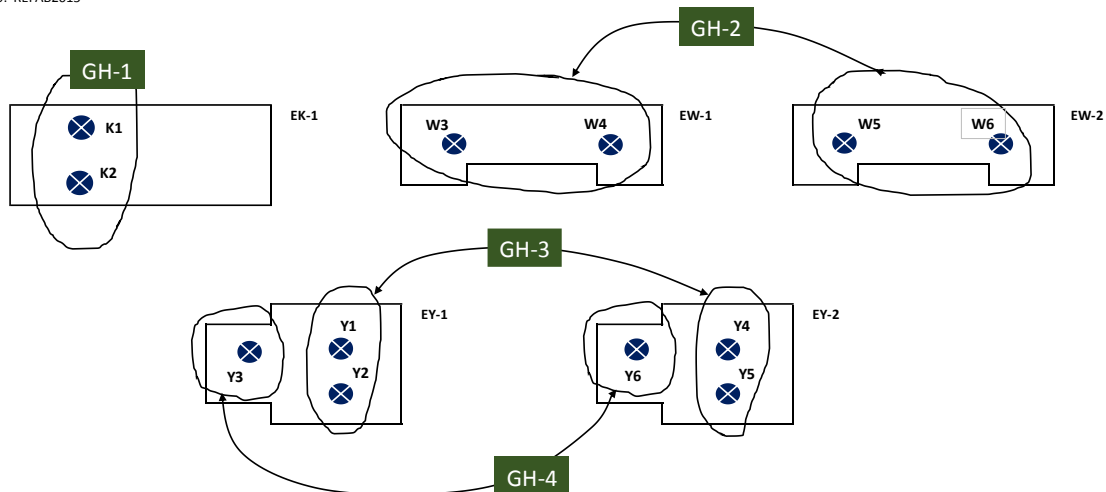


Figura 1 – Arranjo de 5 equipamentos e localização de 12 unidades do componente REFAB2015

Tendo em conta a semelhança nas condições de carga e de ambiente, identificam-se 4 Grupos Homogêneos (GH): GH-1, GH-2, GH-3 e GH-4. Estes agrupamentos têm interesse para efeitos de tratamento estatístico conjunto. Cada componente recebe um código específico que permite identificar o seu local de funcionamento. A composição de cada GH encontra-se descrita na coluna 2 do Quadro 1.

Os regimes de funcionamento (diários e anuais) dos 5 equipamentos são diferentes. O tempo de funcionamento de cada componente é uma fracção do tempo de funcionamento do equipamento em que se encontra montado. Esta fracção de tempo designa-se por coeficiente de simultaneidade.

Todas estas informações encontram-se descritas nas colunas 1, 2, 3, 4 e 6 no Quadro 1. A coluna 5 resulta do produto das colunas 3 e 4.

Grupos Homogêneos	Referências locais	Regime diário dos equipamentos	Coeficientes de simultaneidade	Regime diário dos componentes	Regime anual equipamentos
		(horas/dia)		(horas/dia)	(dias/ano)
GH-1	K1	15	0,92	13,8	230
	K2	15	0,92	13,8	230
GH-2	W3	22	0,88	19,36	270
	W4	22	0,88	19,36	270
	W5	22	0,88	19,36	270
	W6	22	0,88	19,36	270
GH-3	Y1	5	0,96	4,8	210
	Y2	5	0,96	4,8	210
	Y4	8	0,96	7,68	220
	Y5	8	0,96	7,68	220
GH-4	Y3	5	0,74	3,7	210
	Y6	8	0,74	5,92	220

Quadro 1 – Grupos Homogêneos (GH) e referências locais do componente REFAB2015

O histórico de intervenções nestes equipamentos para substituição correctiva e de oportunidade do componente REFAB2015 existe desde 17 de Fevereiro de 2004.

A título de exemplo, ilustra-se o histórico do GH-1 no Quadro 2, no qual podemos ver que o GH-1 é constituído por dois componentes com os códigos de localização K1 e K2. Para cada um dos dois componentes, a primeira coluna mostra as datas das intervenções; a segunda coluna mostra as vidas úteis (ou TTF) calculadas pelas diferenças sucessivas entre as datas da primeira coluna (as durações de intervenção são consideradas desprezáveis face aos TTF) ajustadas dos regimes de funcionamento diário e anual de cada componente e a terceira coluna mostra a natureza das várias intervenções – a maioria foram de MC (correctivas) e apenas 3 foram de MPO (preventivas de oportunidade); uma no caso do K1 e duas no caso do K2 (realçadas com cor amarelo).

GH-1					
K1			K2		
17-fev-04	2.069	MC	17-fev-04	2.260	MC
11-out-04	2.752	MC	30-mai-04	2.742	MC
14-fev-05	2.548	MC	2-out-04	2.539	MC
10-jun-05	3.984	MC	26-jan-05	1.848	MC
9-dez-05	3.064	MC	20-abr-05	2.937	MC
28-abr-06	1.773	MPO	1-set-05	2.933	MC
18-jul-06	2.567	MC	13-jan-06	2.593	MC
12-nov-06	2.359	MC	12-mai-06	2.579	MC
28-fev-07	2.492	MC	6-set-06	4.068	MC
22-jun-07	3.883	MC	11-mar-07	1.918	MPO
16-dez-07	2.249	MC	7-jun-07	3.246	MC
28-mar-08	3.011	MC	2-nov-07	2.736	MC
12-ago-08	1.779	MC	6-mar-08	3.789	MC
2-nov-08	1.701	MC	26-ago-08	3.328	MC
18-jan-09	2.462	MC	25-jan-09	2.568	MPO
11-mai-09	1.916	MC	22-mai-09	2.081	MC
6-ago-09	3.145	MC	25-ago-09	3.208	MC
28-dez-09	2.244	MC	19-jan-10	1.911	MC
9-abr-10	2.440	MC	16-abr-10	3.135	MC
30-jul-10	3.804	MC	6-set-10	3.091	MC
19-jan-11	1.542	MC	25-jan-11	2.350	MC
31-mar-11	3.846	MC	13-mai-11	2.207	MC
22-set-11	3.110	MC	21-ago-11	2.229	MC
11-fev-12	3.635	MC	1-dez-11	2.547	MC
26-jul-12	4.041	MC	26-mar-12	2.571	MC
27-jan-13	2.723	MC			
31-mai-13	3.084	MC			
19-out-13	2.684	MC			

Quadro 2 – Dados históricos do GH-1

1. Periodicidade de manutenção preventiva sistemática (MPS)

Pretendemos adoptar uma política de MPS deste componente e determinar a periodicidade de intervenção admitindo uma proporção de intervenções de MC e de MP igual a 0,1 e 0,9 respectivamente (o mesmo é dizer que admitimos que em cada 10 intervenções, uma será correctiva) e múltiplos de 50 horas. Para tal, temos de conhecer os parâmetros da distribuição de probabilidade *Weibull* de melhor aderência aos dados empíricos. Recorrendo aos métodos de regressão linear e de *median ranking* (aplicação EXCEL “Ajustamento Weibull Bernard”), obtemos os resultados das colunas 5, 6, 7 e 8 do Quadro 3.

		Componentes		Weibull			$F(tp)$ aceitável =	0,1	
		Regime diário	Regime anual	$t0$ (horas)	α	β (horas)	Múltiplo =	50	horas
Grupos Homogéneos	Referências locais	(horas/dia)	(dias/ano)				tp (horas)		
GH-1	K1	13,8	230	1257	2,46	1716			1950
	K2	13,8	230						
GH-2	W3	19,36	270	889	3,2	1523			1650
	W4	19,36	270						
	W5	19,36	270						
	W6	19,36	270						
GH-3	Y1	4,8	210	798	2,44	1248			1300
	Y2	4,8	210						
	Y4	7,68	220						
	Y5	7,68	220						
GH-4	Y3	3,7	210	1089	1,69	808			1300
	Y6	5,92	220						

Quadro 3 – Parâmetros da distribuição Weibull de melhor ajustamento a cada GH e periodicidades de MPS

2. Gestão de Stocks

O facto de este componente ser substituído preventivamente não evita que ele falhe por vezes antes de ter chegado o momento da sua substituição preventiva. Nestas circunstâncias, pretendemos determinar o ponto de encomenda (ou de reposição) deste componente, cujo prazo de aprovisionamento é de 30 dias (calendário) e para cuja gestão se pretende um nível de serviço de 95%.

Pretendemos também conhecer a previsão de procura deste componente para MC (*just-in-case*) e para MPS (*just-in-time*) durante os próximos 3 anos (ou 1.095 dias calendário).

Após alguns cálculos recorrendo à aplicação EXCEL “Simulador_modos falha”, obtiveram-se os resultados descritos nos próximos Quadros.

Características do sistema				
Referências locais	Regime	Regime	Nº componentes	Procura média
	(horas/dia)	(dias/ano)		
K1, K2	15	230	2	0,001584832
T3, T4, T5, T6	22	270	4	0,005553125
Y1, Y2	5	210	2	0,000799641
Y4, Y5	8	220	2	0,001279426
Y3	5	210	1	0,000380186
Y6	8	220	1	0,000608298

Cálculo do ponto de encomenda		
Prazo de Aprovisionamento (PA) =	30	dias
Nível de serviço objectivo =	95%	
Procura média anual em MC =	2,526918175	unidades/ano
Procura média durante o PA =	0,207691905	unidades em 30 d
Ponto de Encomenda =	1	unidades

Previsão da procura		
Horizonte de previsão (HP) =	1095	dias
Procura média em MC =	8	unidades em 1095 dias
Procura média anual em MP =	22,1712216	unidades/ano
Procura média em MP =	67	unidades em 1095 dias

Quadro 4 – Ponto de Encomenda e previsões da procura em MC e MP nos próximos 3 anos

Conforme podemos constatar no Quadro 4, após a adopção da política de MPS, o ponto de encomenda é 1 unidade e a previsão da procura para os próximos 3 anos é de 8 unidades para intervenções de MC e de 67 unidades para intervenções de MP.

3. Planeamento de necessidades para MP

Suponhamos que se prevê que este componente seja necessário nas quantidades descritas na primeira linha do Quadro 5 para intervenções de manutenção preventiva (sistemática ou condicionada). Suponhamos também que o prazo de disponibilidade é de uma semana, que o stock de segurança deve ser de apenas uma unidade, que o fornecedor entrega em caixas de 10 unidades, que hoje existem 2 unidades em stock e que está prevista uma entrega de 10 unidades na semana 3.

Nestas circunstâncias, as quantidades necessárias encomendar em cada semana ao fornecedor dentro do princípio “o mais tarde possível” (*just-in-time*) são as descritas na última linha do Quadro 5. Os cálculos foram realizados com o apoio da aplicação EXCEL “MRP_compras”.

Produto:	XPTO		Nº de períodos planeados:	9 períodos	
Prazo de disponibilidade =	1	(até 6 períodos)	Múltiplos?	s	
Tamanho do Lote =	10	unidades			
Stock de Segurança =	1	unidades			

Períodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plano de Entregas		0	12	0	18	6	0	22	0	16
Recebimentos Planeados		0	0	10	0	0	0	0	0	0
Existências	2	2	10	20	2	6	6	4	4	8
Necessidades Líquidas		0	11	0	0	5	0	17	0	13
Recebimentos Necessários		0	20	0	0	10	0	20	0	20
Encomendas Planeadas		20	0	0	10	0	20	0	20	0

Quadro 5 – Plano de encomendas a colocar ao fornecedor nas próximas 9 semanas

4. Política de manutenção preventiva condicionada (MPC)

Suponhamos que os componentes do GH-1 passam a ser substituídos condicionalmente em função do seu estado de condição e que não é possível (ou prático, ou não se justifica

economicamente) a sua monitorização contínua. Nestas condições, pretendemos determinar o calendário das próximas inspecções.

Conhecendo o período P-F igual a 150 horas e admitindo um risco de ocorrência de uma falha (não noticiada a tempo) em cada 10 inspecções e após alguns cálculos com o apoio da aplicação EXCEL “Calendário de Inspecções”, o calendário a partir de novo deverá ser o descrito no Quadro 6.

$t_0 =$	1257			Tempo já decorrido =	0		
$\alpha =$	2,46			Período P-M =	150	Calcular	
$\beta =$	1716			Fiabilidade mínima requerida =	0,9		

Inspeção n	R_i^n	Momentos de inspeção (M_n) a partir de novo	Momentos ajustados de inspeção (M_n)	Momentos de inspeção (M_n) a partir de hoje	Intervalos entre inspecções	Momentos (P_{n-1}) a partir de novo	Probabilidade de falha funcional $F(P_n M_n)$
1	0,848351	2.080,84	2.080,84	2.080,84	2.080,84	1.930,84	0,095442
2	0,719700	2.348,98	2.348,98	2.348,98	268,14	2.198,98	0,062200
3	0,610558	2.544,64	2.544,64	2.544,64	195,66	2.394,64	0,034276
4	0,517967	2.704,38	2.704,38	2.704,38	159,74	2.554,38	0,009189
5	0,439418	2.854,38	2.854,38	2.854,38	150,00	2.704,38	0,000000
6	0,372781	3.004,38	3.004,38	3.004,38	150,00	2.854,38	0,000000
7	0,316249	3.154,38	3.154,38	3.154,38	150,00	3.004,38	0,000000
8	0,268290	3.304,38	3.304,38	3.304,38	150,00	3.154,38	0,000000
9	0,227604	3.454,38	3.454,38	3.454,38	150,00	3.304,38	0,000000
10	0,193088	3.604,38	3.604,38	3.604,38	150,00	3.454,38	0,000000

Quadro 6 – Calendário de inspecções do GH-1 a partir de novo

Se, por exemplo, a inspeção prevista para as 2.080 horas, fosse realizada mais tarde às 2.190 horas, o novo calendário seria o descrito no Quadro 7.

$t_0 =$	1257			Tempo já decorrido =	2190		
$\alpha =$	2,46			Período P-M =	150	Calcular	
$\beta =$	1716			Fiabilidade mínima requerida =	0,9		

Inspeção n	R_i^n	Momentos de inspeção (M_n) a partir de novo	Momentos ajustados de inspeção (M_n)	Momentos de inspeção (M_n) a partir de hoje	Intervalos entre inspecções	Momentos (P_{n-1}) a partir de novo	Probabilidade de falha funcional $F(P_n M_n)$
1	0,842637	2.094,44	-	-	2.094,44	1.944,44	0,100001
2	0,710038	2.367,00	2.349,00	159,00	272,56	2.217,00	0,066089
3	0,598305	2.565,89	2.499,00	309,00	198,89	2.415,89	0,037584
4	0,504154	2.728,27	2.649,00	459,00	162,38	2.578,27	0,011959
5	0,424819	2.878,27	2.799,00	609,00	150,00	2.728,27	0,000000
6	0,357968	3.028,27	2.949,00	759,00	150,00	2.878,27	0,000000
7	0,301638	3.178,27	3.099,00	909,00	150,00	3.028,27	0,000000
8	0,254171	3.328,27	3.249,00	1.059,00	150,00	3.178,27	0,000000
9	0,214174	3.478,27	3.399,00	1.209,00	150,00	3.328,27	0,000000
10	0,180471	3.628,27	3.549,00	1.359,00	150,00	3.478,27	0,000000

Quadro 7 – Calendário de inspecções do GH-1 a partir das 2.190 horas

Notar que, por exemplo, a segunda inspeção que deveria ter lugar às 268 horas após a primeira às 2.080 horas será antecipada para 159 horas após as 2.190 horas. Verifica-se portanto a necessidade de uma correcção do calendário sempre que uma data não é cumprida.