

Caso “MOBILEX”

Disponibilidade de equipamentos de produção

Caso retirado do livro “Manutenção Centrada na Fiabilidade, Economia das Decisões”, Rui Assis, LIDEL, 1997 e reescrito de acordo com o livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”, Rui Assis, LIDEL, 2014.

Apresentação do caso

A MOBILEX é uma empresa industrial que produz móveis para escritório. As vendas têm aumentado ultimamente e uma encomenda importante está prestes a entrar. Esta encomenda necessita de 5.000 painéis folheados de aglomerado de madeira (de forma rectangular), que deverão ser produzidos numa linha composta por quatro estações. Cada estação realiza uma operação diferente (A – cortar longitudinalmente, B – cortar transversalmente, C – orlar, D – furar e encavilhar).

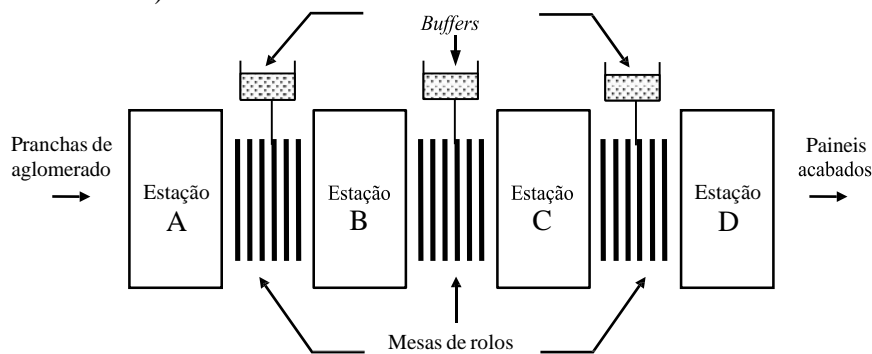


Figura 1 - Linha de fabricação de painéis

Tendo em conta a carga actual planeada da linha e a data de entrega acordada, o prazo de fabricação deverá ser exactamente duas semanas ou, 2 semanas x 5 dias/semana x 8 horas/dia = 80 horas.

O Eng^o Madeira, responsável pela Produção, está preocupado, pois duvida que aquele prazo possa ser cumprido sem recorrer a horas extraordinárias (contrário à política vigente na empresa), tendo em conta a baixa disponibilidade da linha (da ordem dos 80%). Com efeito, a linha pára com alguma frequência para substituir ferramentas (afiamento), corrigir afinações ou reparar pequenas falhas.

O Eng^o Madeira lembrou-se, então, de que cada estação dispõe de um cabeçote de reserva, o qual pode ser preparado para, em caso de falha do seu homólogo, o substituir em poucos minutos. O cabeçote falhado será prontamente reparado e ficará, por sua vez, em *standby*. Constituir-se-iam, assim, redundâncias passivas (em *standby*) e, conseqüentemente, aumentar-se-ia a disponibilidade da linha. Contudo, estes cabeçotes necessitam de algum tempo para preparação e afinação no local, antes de ficarem prontos para montagem. Este tempo vai provocar o atraso das encomendas em curso, pelo que, só as estações estritamente necessárias deverão ser preparadas.

O Eng^o Madeira está decidido a adoptar esta sua ideia mas não sabe quais as estações que deverão receber cabeçotes redundantes. Vamos ajudar?

Recolha de dados

Uma peça ao sair de uma estação é encaminhada manualmente sobre uma mesa de rolos para a próxima (ver a Figura 1). Cada estação possui um *buffer* que lhe permite continuar a funcionar no caso de uma interrupção da alimentação da estação imediatamente a montante, até o esgotar. Cada estação pode continuar a funcionar durante algum tempo no caso de uma paragem da estação imediatamente a jusante, até completar o *buffer* desta. Na perspectiva da disponibilidade, as estações encontram-se em série pois quando uma estação pára, as estações a jusante funcionam ainda durante algum tempo (até esgotado o *buffer* de cada uma) e a linha pára. Em consequência, na perspectiva da disponibilidade, as estações encontram-se em série. A montante da estação A e a jusante da estação D não existem restrições.

Torna-se pois necessário conhecer a capacidade (em horas) da linha para cada alternativa do arranjo físico, e compará-la com a carga (em horas) de cada estação. De cada vez que aquela for inferior à carga de qualquer uma das estações, teremos de seleccionar nova redundância para a estação com menor disponibilidade. Logo que a capacidade da linha se torne superior a qualquer das cargas, teremos encontrado a solução.

Forma de abordagem

Depois de alguma reflexão, concluímos ser necessário conhecer os dados que tornem possível o cálculo das cargas e das disponibilidades de todas as estações. Concretamente:

- O tempo médio unitário de operação em cada estação;
- O tempo médio entre falhas (MTTF) de cada estação;
- O tempo médio de reparação (MTTR) de cada estação.

Após algum tempo de pesquisa entre catálogos do fabricante e registos da Produção e da Manutenção (confirmados oralmente pelo pessoal da linha), conseguimos os dados que mostramos no Quadro II.7.

Estações	Tempo médio de operação (segundos)	MTTF (horas)	MTTR (horas)
A	26	45	2
B	33	48	1
C	44	58	2
D	53	37	3

Quadro 1 - Características das várias estações

Com estes dados podemos passar à resolução do caso.

Resolução do caso

O raciocínio a seguir encontra-se exposto graficamente na Figura 2 que se mostra seguidamente.

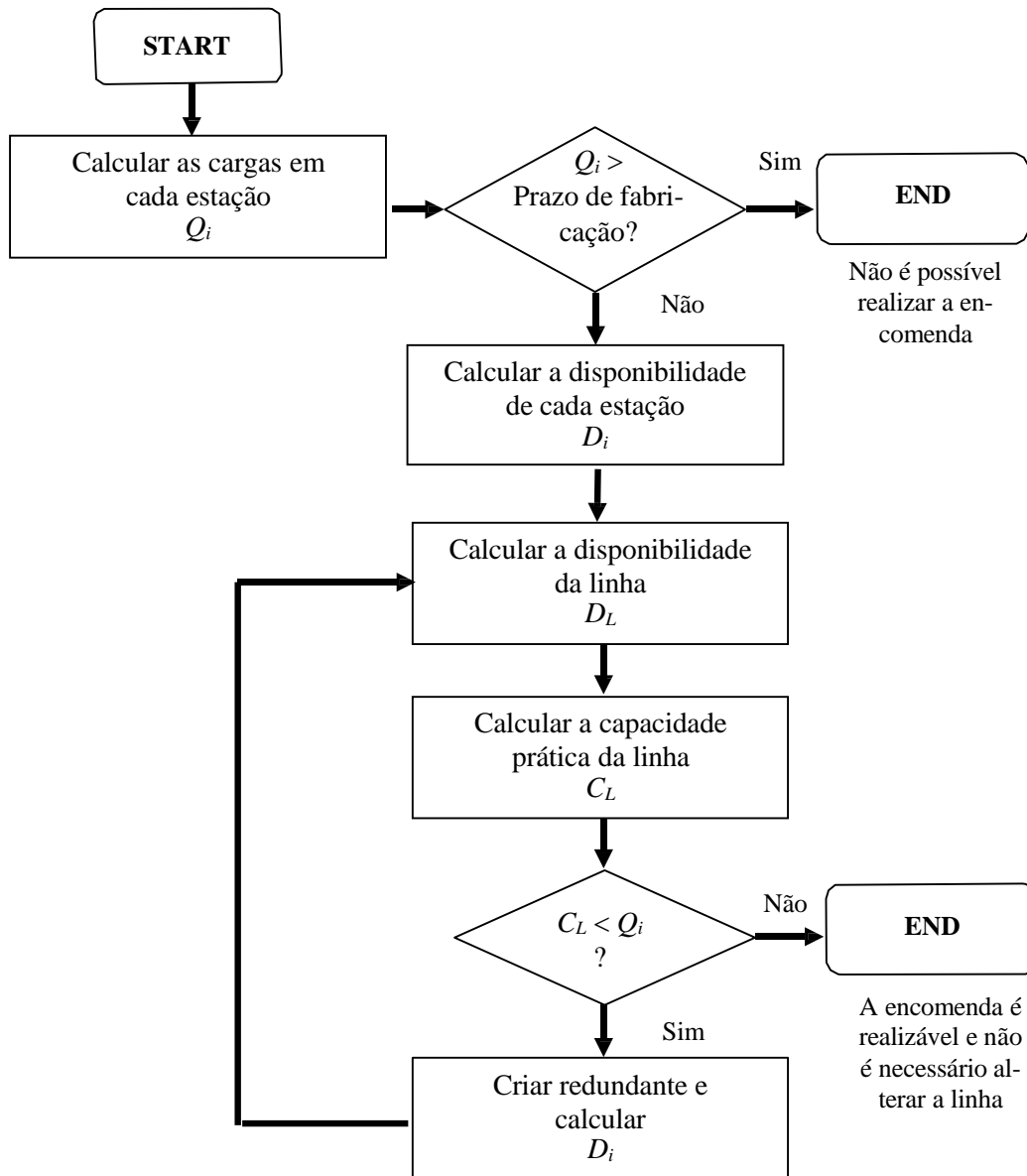


Figura 2 – Logograma do caso MOBILEX

Começamos por calcular as cargas Q_i (em horas) em cada estação.

Carga de cada estação

$$Q_i = |\text{unidades}| \times |\text{segundos/unidade}| / |\text{segundos/hora}| = |\text{horas}|$$

$$Q_A = 5.000 \times 26 / 3.600 \cong 36 \text{ horas}$$

$$Q_B = 5.000 \times 33 / 3.600 \cong 46 \text{ horas}$$

$$Q_C = 5.000 \times 44 / 3.600 \cong 61 \text{ horas}$$

$$Q_D = 5.000 \times 53 / 3.600 \cong 74 \text{ horas}$$

Neste ponto, podemos confirmar que qualquer das estações possui carga inferior ao prazo de fabricação (80 horas), pelo que a encomenda é exequível e podemos prosseguir.

As disponibilidades D_i de cada estação são dadas pela Expressão 2.32:

$$\begin{aligned} D_A &= 45 / (45 + 2) = 0,9574 \\ D_B &= 48 / (48 + 1) = 0,9800 \\ D_C &= 58 / (58 + 2) = 0,9670 \\ D_D &= 37 / (37 + 3) = 0,9250 \end{aligned}$$

Disponibilidade inicial de cada estação

E a disponibilidade da linha D_L é dada pela Expressão (4.11):

$$D_L = 0,9574 \times 0,9800 \times 0,9670 \times 0,9250 = 0,8392$$

Disponibilidade inicial da linha

Consequentemente, a capacidade prática da linha será:

$$C_L = 0,8392 \times 80 = 67,14 \text{ horas}$$

Capacidade inicial da linha

Comparando este valor com as cargas de cada estação, constatamos que a capacidade da linha (67,14 horas) é inferior à carga da estação D (74 horas). Podemos, pois, concluir que a actual disponibilidade da linha compromete a exequibilidade da encomenda.

Vamos tentar melhorar a disponibilidade da linha, obviamente, começando por melhorar a disponibilidade da estação com pior disponibilidade: estação D com 0,9250.

Se a estação D dispuser de um cabeçote em *standby* (considerando esta estação como um Sistema Redundante Passivo Reparável (SRPR) e as reparações realizadas em série (uma única equipa de manutenção), a sua disponibilidade, dada pela Expressão (4.37), melhora e passa a ser:

$$D_D = \frac{\lambda\mu + \mu^2}{\lambda^2 + \lambda\mu + \mu^2} = \left[(1/3)^2 + 1/3 \times 1/37 \right] / \left[(1/3)^2 + 1/3 \times 1/37 + (1/37)^2 \right] = 0,9940$$

A disponibilidade da linha, assim constituída, melhora e passa a ser:

$$D_L = 0,9574 \times 0,9800 \times 0,9670 \times 0,9940 = 0,9018$$

Disponibilidade da linha após a 1ª redundância

Consequentemente, a capacidade prática da linha passa a ser:

$$C_L = 0,9018 \times 80 = 72,14 \text{ horas}$$

Capacidade da linha após a 1ª redundância

Comparando este valor com as cargas de cada estação, constatamos que a capacidade da linha (72,14 horas) continua sendo inferior à carga da estação D (74 horas). Podemos, pois, concluir que a disponibilidade da linha, após introduzida uma redundância na estação D, ainda não é suficiente, comprometendo a exequibilidade da encomenda.

Vamos tentar mais uma melhoria de disponibilidade da linha, introduzindo uma nova redundância. Desta vez, a estação com pior disponibilidade é a estação A (0,9574).

Se a estação A dispuser de um cabeçote em *standby*, novamente pela Expressão (4.37), a sua disponibilidade melhora e passa a ser:

$$D_A = [(1/2)^2 + 1/2 \times 1/45] / [(1/2)^2 + 1/2 \times 1/45 + (1/45)^2] = 0,9981$$

A disponibilidade da linha, assim constituída, melhora e passa a ser:

$$D_L = 0,9981 \times 0,9800 \times 0,9670 \times 0,9940 = 0,9402$$

E, conseqüentemente, a capacidade prática da linha passa a ser:

$$C_L = 0,9402 \times 80 = 75,21 \text{ horas}$$

Disponibilidade da linha após a 2ª redundância

Capacidade da linha após a 2ª redundância

Comparando este valor com as cargas de cada estação, constatamos que a capacidade da linha (75,21 horas) é, finalmente, superior à carga da estação D (74 horas). Podemos, pois, concluir que, após a introdução de uma redundância na estação D e outra na estação A, a linha ganha capacidade suficiente para viabilizar a execução da encomenda.



Conclusões do caso “Mobilex”

Deste caso podemos tirar as seguintes ilações práticas:

1. As redundâncias a criar não devem corresponder às estações que dispõem de menor capacidade, como erradamente poderíamos supor, mas às estações que apresentam menor disponibilidade;
2. Numa linha de produção, a existência de acumuladores (*buffers*) entre postos de trabalho, ao permitir o desacoplamento entre estes, aumenta substancialmente a disponibilidade da linha, dado que o funcionamento de cada posto se torna autónomo (até limites impostos pelas capacidades dos acumuladores);
3. A lógica de cálculo que adoptámos teve como pressuposto que quando o componente redundante entra em serviço o componente falhado é rapidamente reparado;
4. Os métodos empíricos fundamentados na intuição e experiência do decisor são falíveis. Em contrapartida, a força da convicção nos resultados a que chegámos releva do facto de se fundamentarem em métodos científicos. Todavia, conforme o leitor bem se apercebeu, estes métodos requerem a existência de informação histórica verdadeira e exaustiva (própria ou de construtores) guardada em bases de dados multidimensionais e disciplina da organização.

Exercício em computador

No EXCEL carregar o ficheiro MOBILEX.XLS. A área deste ficheiro possui quatro zonas com cor:

- Caracteres a preto sobre fundo violeta claro para texto;
- Caracteres a azul sobre fundo azul claro para introdução de dados;
- Caracteres a magenta sobre fundo verde-claro para cálculos intermédios;
- Caracteres a vermelho sobre fundo amarelo para resultados.

Confirme as conclusões do caso MOBILEX e responda às questões expostas nos pontos seguintes:

1. Se o MTTR da estação D for melhorado passando para 1 hora, qual o melhor procedimento?
2. E se, adicionalmente, melhorarmos o MTTR da estação C passando para 1/2 hora?
3. O mesmo do ponto anterior mas, tratando-se da estação A;
4. Qual a melhor solução entre as duas alternativas apresentadas nos pontos 2 e 3?

1. Introduzir uma redundância na estação A e outra na estação C, passando a capacidade da linha para 76,13 horas; 2. Introduzir uma redundância apenas na estação A, passando a capacidade da linha para 75,53 horas; 3. Introduzir uma redundância apenas na estação C, passando a capacidade da linha para 74,62 horas; 4. A melhor solução consiste em melhorar o MTTR da estação C, conforme o ponto 2, pois, o ganho de capacidade da linha é superior.



Questões