

A perda segundo Taguchi

Por Victor Paulo Gomes da Silva

Face à necessidade de apurar e gerir o custo das falhas externas e a insuficiência das ferramentas habituais de cálculo dos custos, a função de perda de Taguchi pode ajudá-lo a ultrapassar esse problema. Este trabalho explica a sua utilização, procurando seguir a terminologia utilizada pelo autor japonês.

A Norma Portuguesa (NP) n.º 4239, de 1994, contempla as bases para a quantificação dos custos da qualidade. De acordo com esta norma, os custos da qualidade classificam-se do seguinte modo:

- Custos da prevenção – os custos com recursos humanos e materiais que têm por objectivo prevenir falhas/defeitos/anomalias; ou, por outras palavras, que têm por objectivo permitir que tudo saia bem à primeira vez (exemplos: formação dos trabalhadores; manutenção do equipamento);
- Custos da avaliação – os custos com recursos humanos e materiais relacionados com ensaios e inspecções destinados a verificar se a qualidade está a ser mantida; ou, por outras palavras, destinados a detectar falhas; podendo ser,
 - da avaliação interna – avaliação da qualidade/detecção de falhas em bens, serviços e processos, no interior da organização;
 - da avaliação externa – avaliação da qualidade/detecção de falhas em *inputs* (matérias, mercadorias e serviços) provenientes do exterior da organização;
- Custos das falhas – os resultantes da incapacidade de um produto (bem ou serviço) para satisfazer as exigências da qualidade; ou, por outras palavras, são os custos adicionais que a organização tenha e os proveitos que deixe de ter, por causa das falhas; podendo ser,
 - das falhas internas – resultantes da incapacidade de um produto para satisfazer as exigências da qualidade, antes do seu fornecimento (exemplo: reparação de defeituosos e inspecção dessa reparação);
 - das falhas externas – resultantes da incapacidade de um produto para satisfazer as exigências da qualidade, após o seu fornecimento; (exemplo: pagamento de indemnizações devido a um serviço mal prestado ao utente ou perda de um cliente por insatisfação do mesmo face ao bem vendido/serviço prestado pela empresa).

A determinação do custo das falhas externas pode assumir elevada complexidade e, além disso, pode envolver cálculos que não se enquadram nos sistemas convencionais de contabilidade analítica. Veja-se, por exemplo, o caso do custo associado à perda de clientes.

Alguma angústia decorrente do confronto entre a necessidade de apurar e gerir o custo das falhas externas e a insuficiência das ferramentas habituais de cálculo dos custos pode ser superada recorrendo à função de perda de Taguchi. Expliquemo-la, procurando seguir a terminologia utilizada pelo autor.

Um produto do trabalho humano, bem ou serviço, para ser considerado “mercadoria”, deve ter valor de uso, ou seja, deve ter aptidão para satisfazer necessidades humanas, sejam estas provenientes do corpo ou do espírito. O estatístico japonês Genichi Taguchi traduziu esta formulação económica genérica para a perspectiva da qualidade, dizendo que um produto deve ter determinadas características que o tornem útil aos consumidores e à sociedade em geral as quais podem ser designadas pela expressão “características da qualidade”.

Reportando exclusivamente às características da qualidade quantificáveis – ou seja, medidas em escala contínua – podem distinguir-se as seguintes situações:

- existe um valor-objectivo para essas características, diferente de zero e de infinito (por exemplo, cada barra de metal que é fabricada na empresa deve ter um determinado comprimento);
 - o valor-objectivo para essas características é zero (exemplo típico é o encolhimento do vestuário, que deve ser inexistente);
 - o valor-objectivo para essas características é, tendencialmente, infinito (exemplo típico é a resistência de uma soldadura – quanto mais resistente ela for, tanto melhor);
- Ora, a degradação das características da qualidade traduz-se numa redução da utilidade do pro-

Gestão

Victor Paulo Gomes da Silva

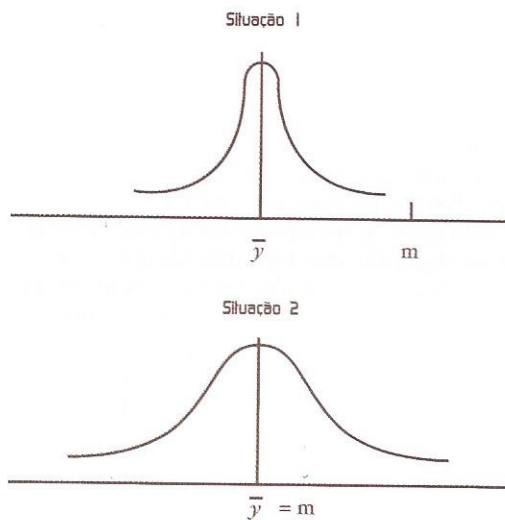
- Doutorando em Gestão
- Mestre em Economia
- Docente (prof. Auxiliar) na Universidade Aberta



duto – logo, numa perda - para os consumidores e para a sociedade em geral, englobando-se nesta o próprio produtor, cujos proveitos futuros poderão ser prejudicados pela atitude de rejeição dos consumidores.

Considerando uma distribuição normal dos valores da característica da qualidade (por exemplo, do comprimento das barras de metal supramencionadas), a perda para os consumidores e para a sociedade em geral advém de qualquer das seguintes situações básicas:

- situação 1: do desvio da média dos valores da característica (\bar{y}) face ao valor-objectivo (m);
 - situação 2: da variabilidade dos valores da característica (y) em torno do valor-objectivo (m).
- Graficamente, as situações supracitadas representam-se do seguinte modo:

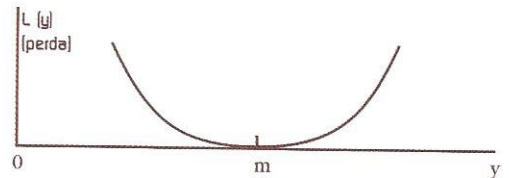


Neste caso, a média dos valores da característica coincide com o valor-objectivo, mas há grande variabilidade em torno do valor-objectivo.

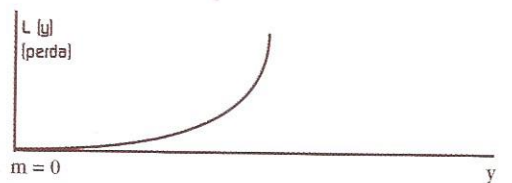
Não se discute aqui se os valores da característica da qualidade (por exemplo, do comprimento das barras de metal supramencionadas) se enquadram, ou não, dentro dos limites de tolerância que foram definidos pelos responsáveis da empresa fabricante: esta lógica, tão disseminada entre os técnicos da indústria no espaço euro-atlântico, não está subjacente à formulação teórica de Genichi Taguchi. De acordo com a lógica deste, para os consumidores e para a sociedade em geral existe perda se $\bar{y} \neq m$ (valor-objectivo) e se há dispersão em torno do valor-objectivo, ou seja, qualquer afastamento face à perfeição implica perda.

Graficamente, a função de perda de Taguchi representa-se do seguinte modo:

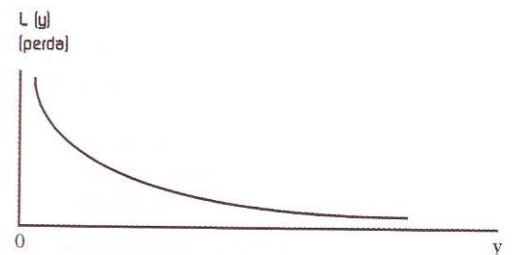
1. Existe um valor-objectivo (m) para a característica, diferente de zero e de infinito.



2. valor-objectivo (m) = 0



3. valor-objectivo (m) $\rightarrow \infty$



A perda para os consumidores e para a sociedade em geral $[L(y)]$ representa-se em valor monetário. Em expressão matemática, a função de perda de Taguchi representa-se do seguinte modo:

	Perda por unidade de produto
existe valor-objectivo, diferente de zero e de infinito	$L(y) = k \times (y-m)^2$
$m = 0$	$L(y) = k \times y^2$
$m \rightarrow \infty$	$L(y) = k \times (1/y^2)$
	Perda média por unidade de produto
existe valor-objectivo, diferente de zero e de infinito	$L = k \times [\sigma^2 + (\bar{y} - m)^2]$
$m = 0$	$L = k \times [\sigma^2 + \bar{y}^2]$
$m \rightarrow \infty$	$L = k \times [1/\bar{y}^2] [1 + (3 \times \sigma^2 / \bar{y}^2)]$

Sendo:

$L(y)$ = perda económica por unidade de produto, quando o valor da característica da qualidade é igual a y ;

L = perda económica por unidade de produto, em termos médios;

\bar{y} = valor da característica da qualidade;

= média aritmética dos valores da característica da qualidade = $\sum (n_i \times y_i) / N$ ou $\sum f_i \times y_i$

m = valor-objectivo;

σ^2 = variância = $\sum (y_i - \bar{y})^2 / N$;

k = constante de proporcionalidade; a qual depende do grau de tolerância dos consumidores face à falta de qualidade e da consequência económica dessa falta de qualidade. Assim:

	Fórmula de determinação de k
existe valor-objectivo, diferente de zero e de infinito	$k = A_0 / \Delta_0^2$
$m = 0$	$k = A_0 / y_0^2$
$m \rightarrow \infty$	$k = A_0 \times y_0^2$

Sendo:

A_0 = custo médio da reparação, da substituição, da indemnização...; ou seja, a consequência económica para a sociedade proveniente da falta de qualidade;

D_0 = metade da tolerância dos consumidores (Nota: entende-se por "tolerância dos consumidores" o valor da característica da qualidade a partir do qual 50 por cento dos consumidores considera que o produto é inútil);

y_0 = valor superior ou inferior da tolerância dos consumidores, consoante $m = 0$ ou $m \rightarrow \infty$.

Apresentada a função de perda de Taguchi nada melhor do que um caso concreto para visualizar a sua lógica e aplicabilidade. O caso em apreço reporta a um equipamento muito específico que tem como função lançar um determinado líquido dentro de um recipiente. Pretende-se que a quantidade de líquido lançada, em cada utilização do equipamento, seja de 0,2 litros.

A tolerância dos consumidores, em valor absoluto, é de 0,04 litros, ou seja, de acordo com um inquérito efectuado por iniciativa do fabricante, se a quantidade de líquido lançada se afastar (para mais ou para menos) em 0,04 litros da devida, 50 por cento dos utilizadores do equipamento considera que a mistura que se forma dentro do recipiente está inutilizada. O custo da mistura é de 500 euros.

O fabricante do equipamento, preocupado com as reclamações dos clientes, resolveu testar dois modelos do mesmo – que designamos por A e B – a fim de determinar o mais fiável que será, doravante, o único fabricado.

Admitamos que foram efectuadas 50 experiências com cada modelo; tendo-se obtido as seguintes quantidades de líquido (em litros), lançadas dentro do recipiente:

Modelo A:		Modelo B:	
0,25 litros	7 vezes	0,25 litros	7 vezes
0,23 litros	14 vezes	0,24 litros	14 vezes
0,2 litros	26 vezes	0,19 litros	22 vezes
0,16 litros	2 vezes	0,14 litros	7 vezes
0,13 litros	1 vez		

Estamos, assim, perante um caso em que existe valor-objectivo para a característica da qualidade (a precisão no lançamento do líquido), diferente de zero e de infinito. Efectivamente, o líquido dentro do recipiente deve ser 0,2 litros; logo, $m = 0,2$ litros.

A média aritmética dos valores da característica da qualidade (\bar{y}) ou seja, a média aritmética das quantidades de líquido lançadas dentro do recipiente, é de:

- Modelo A: 0,2124 litros;

- Modelo B: 0,2054 litros.

Constatamos, portanto, que o desvio da média face ao valor-objectivo ($m = 0,2$ litros) é menor no caso do modelo B. De acordo com esta perspectiva, este modelo é o preferível.

A variância em torno da média (σ^2) é de:

– Modelo A: 0,00061;

– Modelo B: 0,00132.

Constatamos, portanto, que a variabilidade dos valores da característica da qualidade em torno da média aritmética é menor no caso do modelo A. De acordo com esta perspectiva, este modelo é o preferível.

O custo de substituição da mistura – ao fim e ao cabo, o custo da mistura que é inutilizada – é de 500 euros; logo, a consequência económica da falta de qualidade (A_0) = 500 euros.

A tolerância dos utilizadores é de 0,08 litros (= 0,04 litros abaixo do valor-objectivo + 0,04 litros acima do valor-objectivo). Metade da tolerância (Δ_0) é, portanto, 0,04 litros.

Considerando os elementos referidos nos dois parágrafos anteriores, a constante de proporcionalidade (k) é de 312.500 euros.

Finalmente, aplicando a função de perda de Taguchi às situações correspondentes aos modelos A e B, obtemos a seguinte perda económica por unidade de produto, em termos médios (L):

$$L_A = \text{€}238,70;$$

$$L_B = \text{€}421,60.$$

A perda menor, para os consumidores/utilizadores e para a sociedade em geral está associada à utilização do modelo A. Isto porque, no que respeita a este modelo, embora o desvio da média face ao valor-objectivo seja maior do que no caso do modelo B, a variabilidade dos valores da característica da qualidade em torno da média aritmética é menor do que no caso do modelo B; e esta vantagem mais do que compensa a desvantagem em termos de média. Assim sendo, deverá ser fabricado o modelo A do equipamento.

(Texto recebido pela CTOC em Fevereiro de 2005)

Bibliografia

- Taguchi, Genichi (1986), *Introduction to quality engineering – designing quality into products and processes*, Tokyo, Asian Productivity Organization, p. 191.
- Taguchi, Genichi et alii (1989), *Quality engineering in production systems*, Singapore, McGraw-Hill, p. 173.
- Taguchi, Genichi (1992), *Taguchi methods – research and development*, ("Quality Engineering Series – volume 1"), Dearborn (Michigan), American Supplier Institute, pp. 351.
- Ross, Phillip J. (1991), *Aplicações das técnicas Taguchi na engenbaria da qualidade*, São Paulo, Makron Books do Brasil e McGraw-Hill, p. 333.