

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE TAGUCHI NA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE PROJETOS

Ademir José Petenate
Departamento de Estatística - Mestrado em Qualidade
Universidade Estadual de Campinas
Brasil

1. Introdução

Qualidade é hoje uma palavra chave para as organizações. Sob o símbolo da Qualidade abrigam-se filosofias, sistemas gerências, ferramentas estatísticas, etc. Uma das áreas importantes é a de Custos da Qualidade.

Uma equação simplificada para se determinar o lucro de uma empresa é:

$$\text{Lucro} = (\text{preço} - \text{custo}) \times \text{volume vendido}$$

Em economias não-competitivas, o preço final do produto é fixado em função do custo de produção e do volume vendido, fixando-se o lucro esperado. Em economias competitivas, a tendência é reconhecer que o preço unitário é influenciado pelo mercado, e que a forma de aumentar a margem de lucro unitário é reduzir o custo de produção. Para se aumentar o lucro total, deve-se aumentar o volume de vendas. Mas a demanda é fortemente afetada pela qualidade e pelo preço final do produto.

Os responsáveis pela empresa devem ter consciência de todas as oportunidades para redução de custo de produção e melhoria da qualidade.

Uma visão incorreta, muito difundida nas organizações, é que qualidade e custo caminham na mesma direção, ou seja, melhor qualidade implica em maior custo de produção. Essa relação acontece muitas vezes na prática pelo uso de abordagens inadequadas para se atingir qualidade. A utilização de tecnologias apropriadas tem demonstrado que é possível obter melhoria de qualidade com redução de custos. Essas tecnologias, com fundamentação na estatística, são aplicáveis em todas as fases do ciclo de desenvolvimento de um produto, principalmente na fase de projeto. Estamos falando dos métodos de planejamento estatístico de experimentos, e em particular do método de Taguchi.

O ciclo de desenvolvimento de um produto pode ser resumido em três fases: criação, projeto e produção. A inventividade e a percepção do mercado são básicas na fase de criação. Os conhecimentos das ciências básicas e dos princípios da Engenharia são fundamentais para se iniciar o projeto de um produto e para se projetar um processo de fabricação. Entretanto, esses conhecimentos não são suficientes para se garantir a qualidade de um produto com preços competitivos.

Um componente que está presente em todos os produtos é a sua variabilidade funcional. Essa variabilidade afeta a qualidade do produto. São necessárias ferramentas adequadas para identificar fatores críticos no projeto que afetam a variabilidade, bem como uma estratégia para reduzi-la.

O método de Taguchi, aplicados na fase de projeto do produto, possibilita:

- Reduzir o custo de fabricação.
- Aumentar a qualidade

Além disso, esse método permite reduzir o tempo de desenvolvimento do produto, que é hoje elemento chave na estratégia competitiva das organizações.

2. Custo e Qualidade

Taguchi (1978) define custo como a perda imposta à sociedade antes que o produto seja distribuído aos consumidores. Dessa forma, o objetivo do controle de custo deveria ser o de reduzir o custo total da sociedade para se produzir um produto. A definição de custo é abrangente no sentido em que engloba os custos de quem produz diretamente (empresa), de quem usa o produto e da sociedade.

Os componentes básicos do custo são: matéria prima, energia, mão de obra, despesas provenientes de produção de itens defeituosos, recursos utilizados em itens defeituosos, resíduos resultantes da produção, etc. A redução de custos se faz basicamente através de práticas gerências adequadas e tecnologias eficientes.

Por exemplo, para se produzir gasolina a empresa necessita adquirir basicamente o petróleo cru e acrescentar energia e mão de obra. O consumidor eventualmente tem um custo com o carro proveniente de desgastes no motor provocado pela qualidade da gasolina. A sociedade tem um custo resultante do poluição ambiental provocada pela refinaria.

A maioria das definições de qualidade que se encontra na literatura são vagas. Nessas definições, qualidade é vista como valor, e valor é algo subjetivo; cada pessoa tem sua própria noção de valor. Além disso, essas definições não são operacionais para o engenheiro que busca colocar qualidade no produto. Taguchi inovou ao apresentar uma definição de qualidade que é operacional. Taguchi (1986) define qualidade de um produto como **a perda que um produto causa à sociedade depois de embarcado, desconsiderando-se qualquer perda provocada por suas funções intrínsecas.**

Essa definição é original e ao mesmo tempo estranha. Qualidade é uma palavra que tem, para a maioria das pessoas, um sentido positivo. Taguchi define qualidade como perda. O segundo aspecto de originalidade é que a definição engloba a sociedade como um todo como sendo a atingida pela perda de qualidade. Sua definição de qualidade se assemelha à sua definição de custo.

A perda imposta à sociedade devido ao nível de qualidade de um produto é composta basicamente de :

- Perda devido a efeitos colaterais danosos provocadas pelo produto.
- Perda devido à variação de performance do produto. Essa variação de performance engloba tanto a variação entre duas unidades diferentes do mesmo produto como a variação de performance de um mesmo produto ao longo do tempo. Essa variação deve ser considerada com respeito às características de qualidade do produto.

3. Função Perda

A variação de performance deve ser avaliada com respeito a um valor ideal definido para o produto. Vamos considerar o caso em que a característica de qualidade tem um valor nominal estabelecido. Por exemplo, para um estabilizador de voltagem, a voltagem de saída é uma característica de qualidade. Se ele deve operar com voltagem de saída de 110 V, então esse é o valor nominal da característica de qualidade.

É prática comum estabelecer uma faixa de tolerância para a característica de qualidade, por exemplo, ± 2 V, e considerar que o produto é adequado se sua voltagem de saída é 110 ± 2 V. Se a voltagem está fora da faixa e não foi embarcado, ele deve ser retrabalhado com um custo adicional de produção. Se foi embarcado poderá provocar uma perda para o consumidor, e eventualmente para o fabricante (necessidade de levar o aparelho para manutenção, defeito provocado em aparelho que será ligado no estabilizador, danos à imagem da empresa com possível redução de participação no mercado, etc.). Essa noção corresponde à afirmação de que um produto tem qualidade se está de acordo com as suas especificações.

A perda provocada pelo produto por estar fora da especificação é representada pela figura abaixo.

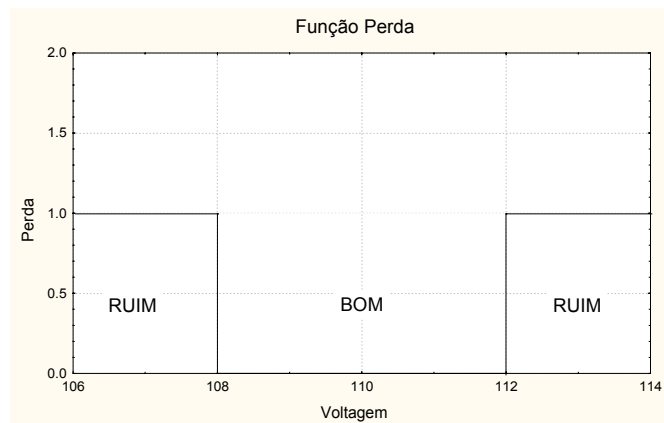


Figure 1 - Função Perda Descontínua

Taguchi engloba todos os custos provenientes da perda devido à qualidade do produto numa função chamada de função perda. Essa função tem a forma de uma parábola e é dada por

$$P = k(y - m)^2$$

sendo:

y - valor da característica de qualidade do produto

m - valor nominal da característica de qualidade

k - coeficiente de perda de qualidade

Para o exemplo do estabilizador de voltagem, e considerando-se $k=0.2$, temos:

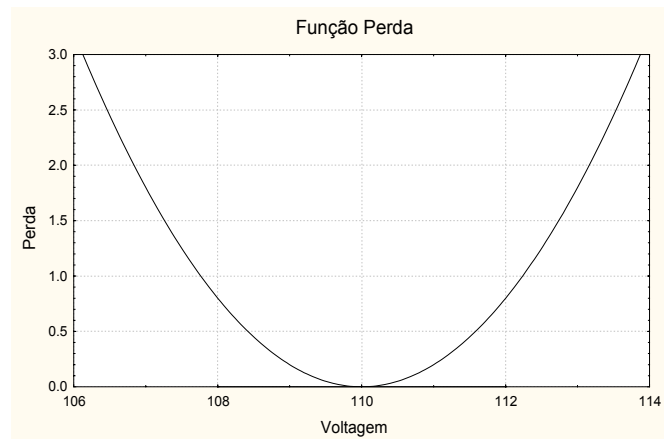


Figure 2 - Função Perda Quadrática

Segundo a função perda, qualquer afastamento da característica de qualidade em relação ao valor nominal implica em perda, e a perda aumenta de forma quadrática conforme y se afasta de m . Observe que segundo a noção de “conformidade de acordo com as especificações”, um estabilizador com voltagem de saída igual a 111.5 V é equivalente a um com voltagem de saída de 110.5 V. A perda provocada pelas duas unidades é a mesma. Obviamente as duas unidades tem qualidade diferente, ou dito de outra forma, provocam perdas diferentes. Essa diferença de qualidade, muitas vezes não de uma forma explicita, é percebida pelo consumidor. Taguchi reconhece essa diferença de qualidade, que é contemplada pela função perda quadrática.

A representação da perda de qualidade através de uma função quadrática é uma aproximação da função perda real. Argumentos baseados na expansão da verdadeira função Perda em série de Taylor podem ser usados para justificar a adequabilidade da aproximação. Além disso, ela é operacional. Como veremos a seguir, ela fornece uma direção clara de atuação no sentido de aumentar a qualidade do produto, e consequentemente reduzir perdas.

A função perda de qualidade apresenta diversos aspectos interessantes:

- Unifica os conceitos de qualidade e de custo
- Engloba em um mesmo modelo aspectos econômicos e de engenharia.
- Permite a otimização dos custos globais da produção e do uso do produto realizados pela empresa, clientes e sociedade.

4. Perda Quadrática Média

Considere que N itens são produzidos, e que $y_1, y_2, \dots, y_N$ são os valores da característica de qualidade para os N itens. Para cada item, a perda de qualidade é dada por:

$$P_i = k(y_i - m)^2 \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Definimos a Perda Quadrática Média (PQM) para os N itens como:

$$PQM = \frac{k}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - m)^2$$

Seja $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}$. É possível mostrar que:

$$PQM = k \left[\left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N} \right\} + (\bar{y} - m)^2 \right] = k \left\{ \sigma^2 + (\bar{y} - m)^2 \right\}$$

sendo σ^2 uma medida da variabilidade dos N itens e $\bar{y}$ a média dos itens produzidos.

A PQM é devido a dois componentes:

σ^2	→	variabilidade do processo de produção
$\bar{y} - m$	→	afastamento da média do processo em relação ao valor nominal.

Então, para reduzir a perda é necessário:

- Reduzir a variabilidade do processo
- Centrar o processo de produção no valor nominal

Dessa forma, a função perda fornece uma ferramenta operacional que orienta a ação dos responsáveis pela produção na direção de aumentar a qualidade e consequentemente na redução da perda.

5. Robustez e Qualidade

Um dos componentes da PQM é a variabilidade. Essa variabilidade, medida através dos itens produzidos, pode ser decomposta em vários componentes. Dois componentes principais dessa variabilidade são a variabilidade intra produto e a variabilidade entre produtos. Taguchi tem enfatizado que no ciclo de desenvolvimento do produto, o estágio que apresenta as maiores oportunidades para se reduzir variabilidade é no projeto do produto/processo (Wilkins, 1994).

O desempenho de um produto é função de vários fatores de projeto e de uso do produto. Esses fatores podem ser genericamente classificados em:

- Fatores internos ou controláveis - são fatores cujos níveis são passíveis de serem fixados no processo de produção ou de uso do produto.
- Fatores externos ou não controláveis - são fatores cujos níveis não são possíveis de serem controlados, tanto do ponto de vista prático como de custo.

Por exemplo, se uma indústria produz uma massa pronta para bolo, a receita da massa depende de alguns fatores que podem ser fixados: quantidade de farinha, de fermento, de gordura, de ovo desidratado, etc. O desempenho do bolo, e portanto a sua qualidade dependem obviamente desses fatores, mas dependem também de outros fatores cujos níveis operacionais não podem ser controlados pelo fabricante tais como a temperatura e o tempo de forno utilizados pelo cliente na sua preparação.

O objetivo da empresa que produz esse produto é desenvolver uma receita, fixando níveis para os fatores controláveis, de tal forma que o bolo tenha boa aceitação e seja pouco sensível às variações que ocorrem na temperatura e tempo de preparo do bolo.

Taguchi define essa situação, onde o projeto de um produto produz itens consistentes e com alta performance sob as mais diferentes condições de uso por parte do cliente, como **robustez**. O objetivo do engenheiro é obter um projeto robusto para seus produtos e processos.

A forma de se atingir robustez é através de experimentação, variando-se os níveis dos fatores de controle e avaliando-se o desempenho da característica de qualidade sendo analisada frente a diferentes combinações dos níveis dos fatores de ruído. A experimentação, se não for conduzida de forma eficiente, pode implicar em altos custos e longo tempo desenvolvimento. Taguchi propôs uma metodologia altamente eficiente para se conduzir e analisar o experimento, baseado no que é conhecido como **experimentos fatoriais** e na **relação sinal/ruído**. A aplicação intensa dessa metodologia tem provocado enormes ganhos de competitividade por parte das empresas japonesas, e mais recentemente das empresas americanas. Essa forma de conduzir os experimentos, conhecida como **Método de Taguchi**, permite:

- Reduzir a variabilidade funcional, e consequentemente reduzir a perda de qualidade
- Reduzir custos
- Reduzir o tempo de desenvolvimento do produto
- Atingir Robustez

Não cabe nesse texto apresentar os detalhes da metodologia. O leitor interessado pode se reportar ao texto de Fowlkes e Creveling (1995) que contém uma apresentação detalhada do método de Taguchi.

Bibliografia

- FOWLKES, W.Y. and Creveling, C.M. *Engineering Methods for Robust Product Design*. Addison-Wesley, 1995.
- TAGUCHI, G. "Off-line and On-line Quality Control Systems." *Proc. Int. Conf. On Quality Control*. Tokyo, Japan, 1978.
- _____. *Introduction to Quality Engineering - Designing Quality into Products and Processes*. ASI Press, 1986.
- WILKINS, J. "Introduction to Quality Engineering and Robust Design." *Proceedings of the 12th Annual Taguchi Symposium*. ASI Press, 1994.