



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE ASPERSÃO TÉRMICA E SOLDAGEM ESPECIAIS

O MÉTODO TAGUCHI/PROJETO ROBUSTO

Ramón S. C. Paredes, Dr. Engº
2017.

-
- ✖ Pode ser entendido como uma abordagem da obtenção de qualidade voltada para o projeto do produto e do processo otimizado.
 - ✖ Esta abordagem foi desenvolvida pelo Prof. Taguchi e por ele denominada de controle de qualidade *off-line*.

- ✖ Segundo Taguchi, a qualidade é medida pelo desvio que uma característica funcional apresenta em relação ao valor esperado da mesma.
- ✖ Os fatores chamados "Ruído" (temperatura, umidade, poeira, deterioração, etc.) causam tais desvios e resultam em perda de qualidade do produto.
- ✖ Este "prejuízo" pode ser avaliado através de uma "função perda" proposta pelo professor Taguchi.

- ✖ O trabalho do Dr. Taguchi, além de uma nova abordagem para a área de qualidade, serviu também para consolidar o conceito de Projeto Robusto, ou seja, o de projetar produtos que minimizem os fatores ambientais.
- ✖ Assim, Projeto Robusto consolidou-se como o conceito/filosofia de projetar produtos minimizando a influência dos fatores ruído, o que pode ser alcançado com diversas outras técnicas ou mesmo a partir da experiência e bom senso dos projetistas.

- ✖ Método Tagchi é uma abordagem da engenharia de qualidade "off line" que busca aumentar a robustez dos projetos/produtos por meio da diminuição dos efeitos dos parâmetros "ruído" no seu desempenho.
- ✖ Conceitos Teóricos:
 - ✖ Fontes de ruído
 - ✖ Qualidade Robusta
 - ✖ Controle da Qualidade "off line"
 - ✖ Controle da Qualidade "on line"
 - ✖ Função Perda
 - ✖ Relação Sinal/Ruído
 - ✖ Etapas Básicas

- ✖ **Fontes de Ruído:** Ruídos ou fatores de perturbação são os fatores que causam a variabilidade da função do produto. Tais ruídos podem ser enquadrados em três tipos:
- ✖ **1. Ruídos Externos:** decorrem tanto das condições de utilização do produto quanto do ambiente em que o produto é utilizado, como, por exemplo, falha na operação do produto, umidade do ar, tensão da rede de energia, poeira, temperatura ambiente, etc.;
- ✖ **2. Ruídos Internos ou Ruídos Degenerativos:** estão ligados às características próprias do produto, do processo ou serviço que o produto sofre antes de chegar ao mercado, e procuram estabelecer valores (ou níveis) dos fatores (ou parâmetros) que têm influência no valor estabelecido para a saída (ou resposta) do sistema, com baixa variação em torno desse valor.
- ✖ **3. Variações na Produção:** corresponde à variabilidade entre unidades do produto manufaturados sob as mesmas especificações.

✖ Qualidade Robusta:

- ✖ É uma abordagem para a garantia da qualidade, com enfoque no projeto do produto e do processo.
- ✖ Seu princípio fundamental é o de que, para assegurar uma qualidade consistente, deve-se procurar projetar produtos que sejam insensíveis a despeito de flutuações que venham ocorrer no processo de produção e no ambiente de uso do produto,
- ✖ O produto e o processo de produção, devem ser projetados de modo que o seu desempenho seja o menos sensível a todos os tipos de ruídos.

- ✖ **Controle de Qualidade “off line” (ou fora de linha)**
- ✖ **São os esforços aplicados à qualidade do projeto, o que inclui qualquer atividade de projeto e desenvolvimento que ocorre antes da fabricação do produto.**
- ✖ **É o controle da qualidade aplicado durante o projeto do produto e durante o projeto do processo.**

-
- ✖ **Controle de Qualidade “on line” (ou na linha)**
 - ✖ **É o controle de qualidade exercido durante a produção ou manufatura do produto**

ETAPAS BÁSICAS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TAGUCHI

- × Identificação dos fatores.
- × Planejamento e Condução dos experimentos.
- × Predição dos novos níveis ótimos de parâmetros.
- ×
- × Validação dos Resultados

✖ Etapa 1: Identificação dos Fatores

- ✖ Nesta etapa realiza-se a identificação dos fatores (ruído e fatores principais do ambiente e processo de fabricação) e os parâmetros de produto (processo) relevantes.
- ✖ Para cada um deles são previstas as possíveis influências e interações com os demais.
- ✖ Esta é uma etapa importante pois a não consideração de um determinado fator ou parâmetro pode distorcer ou impedir a obtenção da função perda, a qual irá guiar os projetistas em direção ao projeto mais robusto.

✖ Etapa 2: Planejamento e Condução dos Experimentos

- ✖ Depois de finalizar o projeto e protótipos do produto realiza-se a etapa de planejamento da coleta de dados experimentais.
- ✖ Estes dados irão permitir a construção da função perda e da relação sinal /ruído.
- ✖ Isto é feito utilizando-se conceitos de planejamento de experimentos, em especial os planejamentos fatoriais. Aliás, o emprego destes planejamentos é uma das características fundamentais do método Taguchi.

✖ Etapa 2: Planejamento e Condução dos Experimentos

- ✖ Para realizar o planejamento deve-se iniciar pela escolha do tipo de planejamento, ou seja, pela escolha da matriz ortogonal que melhor se aplica ao problema.
- ✖ A escolha das matrizes dependem principalmente do número de fatores e da quantidade de corridas (ou seja, de casos de experimentos) que poderiam ser realizados conforme a disponibilidade de tempo e custo.
- ✖ Em seguida são especificados valores para os diferentes níveis dos parâmetros .
- ✖ Com estes dados basta aleatorizar as corridas e programar a realização dos ensaios.

- ✖ Etapa 3: Predição dos Níveis Ótimos dos Parâmetros
- ✖ É realizada uma otimização dos parâmetros do produto levando-se em consideração a relação sinal/ruído.
- ✖ Isto significa obter um modelo estatístico desta relação com os dados coletados no experimento e aplicar, neste modelo, técnicas de otimização para encontrar os valores dos parâmetros ótimos dos produtos.
- ✖ Ao final desta etapa tem-se um conjunto de valores de parâmetros (ou características) do produto que tornam seu desempenho robusto e estável em relação às características ambientais e às variações do processo.

✖ Etapa 4: Validação dos Resultados

- ✖ Como os níveis ótimos dos parâmetros obtidos anteriormente são fruto de um modelo estatístico, e, portanto, uma aproximação da realidade, deve-se realizar uma etapa de validação dos resultados encontrados, ou seja, verificação dos níveis ótimos especificados para os parâmetros.
- ✖ Isto é feito conduzindo um experimento com um protótipo cujos parâmetros são ajustados conforme os valores ótimos obtidos na fase anterior.

✖ Etapa 4: Validação dos Resultados

- ✖ Os resultados deste experimento devem coincidir com àqueles encontrados por meio do modelo, dentro, é claro, da devida margem de segurança.
- ✖ Caso isto ocorra significa que o modelo obtido é confiável e, portanto, pode-se aprovar estes parâmetros como especificações para o projeto.
- ✖ Ao contrário, ocorrendo uma significativa diferença entre os modelos, deve-se reavaliar os resultados dos experimentos e seu planejamento.
- ✖ Provavelmente algum parâmetro do produto ou fator ruído não tenha sido considerado ou algum problema tenha ocorrido durante a condução dos experimentos, entre outras possíveis distorções.

ARRANJOS ORTOGONAIS PADRÃO 5.

Arranjo ortogonal	Número de experimentos	Máximo N°. fatores	Máximo número de colunas na matriz			
			2 níveis	3 níveis	4 níveis	5 níveis
L₄	4	3	3	—	—	—
L₈	8	7	7	—	—	—
L₉	9	4	—	4	—	—
L₁₂	12	11	11	—	—	—
L₁₆	16	15	15	—	—	—
L'₁₆	16	5	—	—	5	—
L₁₈	18	8	1	7	—	—
L₂₅	25	6	—	—	—	6
L₂₇	27	13	—	13	—	—
L₃₂	32	31	31	—	—	—
L'₃₂	32	10	1	—	9	—
L₃₆	36	23	11	12	—	—
L'₃₆	36	16	3	13	—	—
L₅₀	50	12	1	—	—	11
L₅₄	54	26	1	25	—	—
L₆₄	64	63	63	—	—	—
L'₆₄	64	21	—	—	2	—
L₈₁	81	40	—	40	—	—

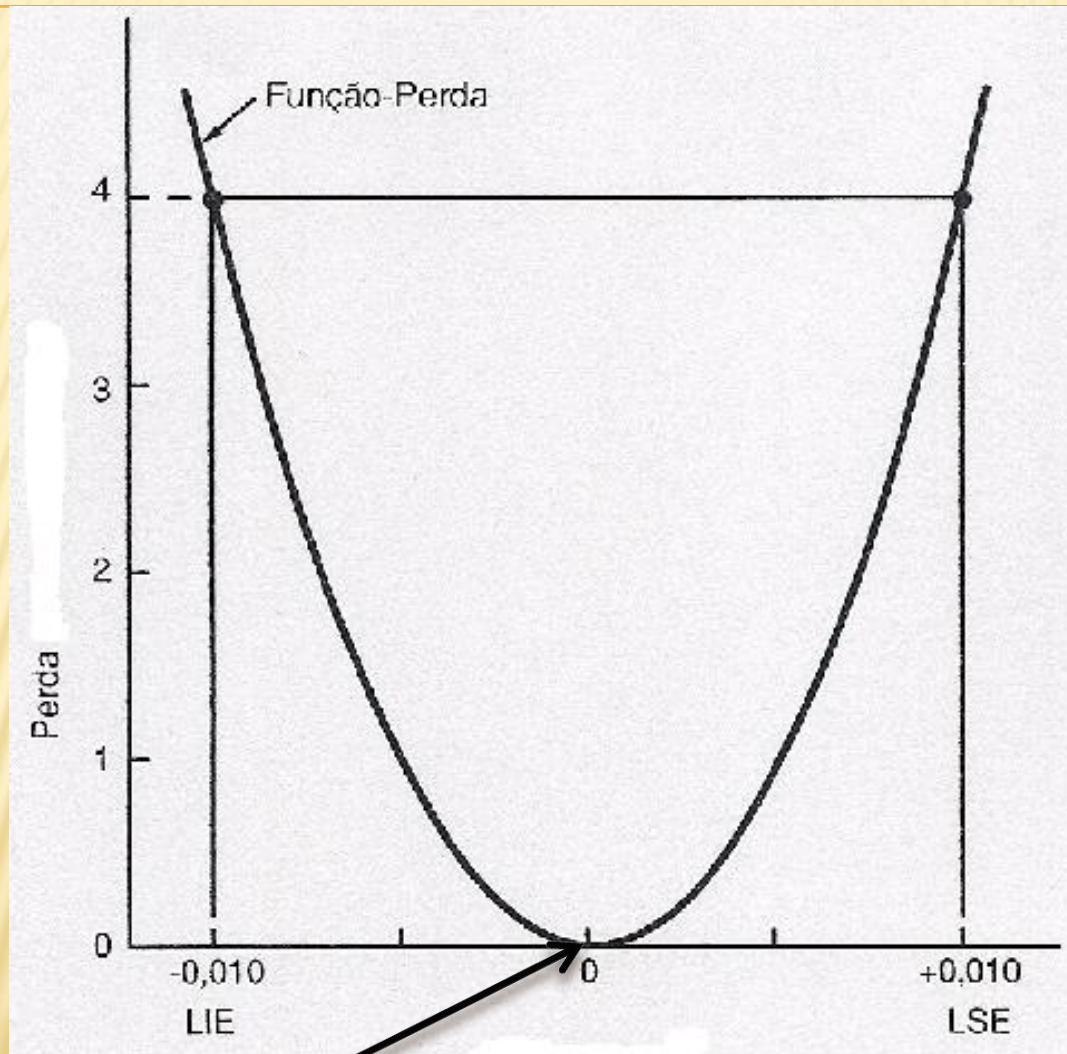
ARRANJO ORTOGONAL OA₈(2⁷)

Exp. No.	COLUNAS DE FATORES						
	A	B	C	D	E	F	G
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	1
3	0	1	1	0	0	1	1
4	0	1	1	1	1	0	0
5	1	0	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	0	1	0
7	1	1	0	0	1	1	0
8	1	1	0	1	0	0	1

FUNÇÃO PERDA

<i>Tipo de característica</i>	<i>Perda para uma peça individual</i>	<i>Perda média por peça numa dada distribuição</i>
Maior é melhor	$k(1/y^2)$	$k[1/\bar{y}^2][1 + (3S^2/\bar{y}^2)]$
Nominal é melhor	$k(y - m)^2$	$k[S^2 + (\bar{y} - m)^2]$
Menor é melhor	$k(y^2)$	$k[S^2 + (\bar{y}^2)]$

FUNÇÃO PERDA

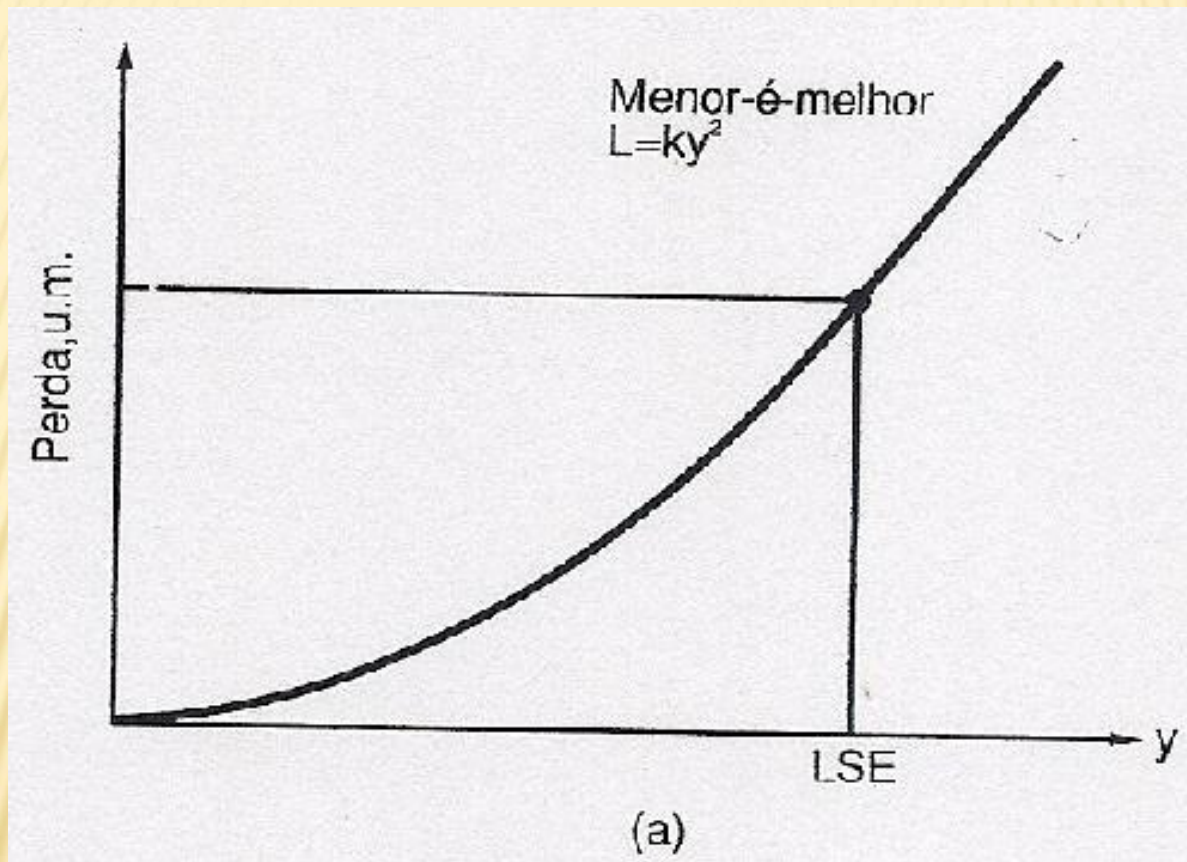


Nominal é melhor

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

$$k[S^2 + (\bar{y} - m)^2]$$

FUNÇÃO PERDA



FUNÇÃO PERDA

