

## METODOLOGIA TAGUCHI

NOS ANOS 80 TAGUCHI DESENVOLVEU UMA FILOSOFIA QUE INTRODUZ A PLANIFICAÇÃO EXPERIMENTAL PARA:

- \* PLANIFICAR PRODUTOS OU PROCESSOS DE TAL MODO QUE SEJAM **ROBUSTOS** EM RELAÇÃO ÀS CONDIÇÕES AMBIENTAIS.
  
- \* PLANIFICAR / DESENVOLVER PRODUTOS QUE SEJAM **ROBUSTOS** EM RELAÇÃO A VARIAÇÕES DOS COMPONENTES.
  
- \* MINIMIZAR VARIAÇÕES À VOLTA DE UM DETERMINADO VALOR REQUERIDO.

TAGUCHI CONSIDERA A EXISTÊNCIA DE TRÊS FASES NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO OU DE UM PROCESSO:

**PLANIFICAÇÃO DO SISTEMA;**  
**PLANIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS;**  
**PLANIFICAÇÃO DE TOLERÂNCIAS.**

- ✦ NA **PLANIFICAÇÃO DO SISTEMA** O ENGENHEIRO USA PRINCÍPIOS CIENTÍFICOS OU DE ENGENHARIA PARA DETERMINAR UMA CONFIGURAÇÃO BÁSICA.
- ✦ NA **PLANIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS** SÃO DETERMINADOS OS VALORES ESPECÍFICOS DOS PARÂMETROS.
- ✦ NA **PLANIFICAÇÃO DE TOLERÂNCIAS** ESTUDAM-SE AS TOLERÂNCIAS PERMITIDAS PARA OS VÁRIOS FACTORES. DEVEM SER DETECTADOS OS COMPONENTES QUE SÃO MAIS SENSÍVEIS E QUAIS OS QUE PODEM SER USADOS COM UMA TOLERÂNCIA GRANDE.

UMA COMPONENTE CHAVE DA FILOSOFIA TAGUCHI É A  
**REDUÇÃO DA VARIABILIDADE EM TORNO DO VALOR  
 NOMINAL** PARA CADA PRODUTO OU PROCESSO.

A BASE FUNDAMENTAL É A DEFINIÇÃO DA **FUNÇÃO PERDA** QUE  
 SE REFERE AOS CUSTOS EM QUE A SOCIEDADE INCORRE  
 QUANDO O CONSUMIDOR USA UM PRODUTO CUJA QUALIDADE É  
 DIFERENTE DO VALOR NOMINAL.

**FUNÇÃO PERDA** - TEM COMO OBJECTIVO DETERMINAR  
 QUANTITATIVAMENTE A PERDA DE  
 QUALIDADE DEVIDO A VARIAÇÕES  
 FUNCIONAIS:

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

**L(y)** - PERDA EM DINHEIRO POR UNIDADE DE PRODUTO QUANDO  
 AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE SÃO IGUAIS A  $y$

**k** - CONSTANTE DE PROPORCIONALIDADE

**y** - VALOR DA VARIÁVEL RELACIONADA COM A QUALIDADE DO  
 PRODUTO

**m** - VALOR NOMINAL (META) DE  $y$

**(y-m)** - TOLERÂNCIA

**FUNÇÃO PERDA** QUANDO EXISTEM **p VALORES** PARA UMA  
DADA VARIÁVEL:

$$L(y) = k \left[ s^2 + (\bar{y} - m)^2 \right]$$

**$s^2$**  - VARIÂNCIA DOS **p** VALORES

$\bar{y}$  - MÉDIA DOS **p** VALORES

PODE DIMINUIR-SE A FUNÇÃO PERDA DIMINUINDO  $s^2$  E/OU  
DIMINUINDO A TOLERÂNCIA

**COMPARAÇÃO DE PROCESSOS COM BASE NA FUNÇÃO PERDA**

$$MSD = \left[ s^2 + (\bar{y} - m)^2 \right]$$

O PROCESSO QUE TIVER O VALOR MAIS BAIXO DE MSD É O  
MELHOR.

## COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS TAGUCHI E RSM

	RSM	TAGUCHI
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ESTRITAMENTE ESTATÍSTICA</li> <li>• ADMITE INICIALMENTE QUE AS VARIÁVEIS SÃO IGUAIS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS DE CUSTO</li> </ul>
OBJECTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IDENTIFICAR O MODELO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBTER A COMBINAÇÃO ÓPTIMA DOS PARÂMETROS</li> </ul>
ATITUDE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DETECTAR AS CAUSAS QUE PROVOCAM DESVIOS EM RELAÇÃO AS CONDIÇÕES ÓPTIMAS DESEJADAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SUPRIMIR O IMPACTO DAS CAUSAS</li> </ul>

## EXEMPLO T1

O potencial dum leitor digital de temperaturas deverá ser de 120 Volt. Sabendo que o custo médio de reparação destes aparelhos quando o potencial sai fora da gama de  $120 \pm 10$  Volt é de 50 contos.

Determinar:

- a) A constante da função perda.
- b) O valor da perda, se um aparelho for vendido com um potencial de 115 Volt.
- c) A tolerância da produção, se o custo de recalibração antes do aparelho sair da fábrica for de 4.500\$00.

Resolução:

$$a) \quad L(y) = k (y - m)^2$$

$$\text{Tolerância: } (y - m) = 10 \text{ Volt}$$

$$50.000\$00 = k (10)^2$$

$$k = 500\$00 / \text{Volt}$$

$$b) \quad L(y) = 500 (115 - 120)^2 = 12.500\$00$$

$$c) \quad 4.500\$00 = 500 (y - m)^2$$

$$(y - m)^2 = 9 \quad \Rightarrow \quad 120 \pm 3 \text{ Volt}$$

## EXEMPLO T2

Em 4 fábricas que produzem ácido fosfórico tiraram-se 12 amostras.

A cada amostra foi efectuada uma análise de densidade a 20 °C, obtendo-se os valores da tabela seguinte.

O valor nominal é 1,16 g cm<sup>-3</sup>.

Qual das fábricas produz o produto mais uniforme?

	$\rho_1 / \text{g cm}^{-3}$	$\rho_2 / \text{g cm}^{-3}$	$\rho_3 / \text{g cm}^{-3}$	$\rho_4 / \text{g cm}^{-3}$
1	1.12	1.13	1.13	1.14
2	1.15	1.15	1.13	1.16
3	1.17	1.16	1.13	1.14
4	1.13	1.14	1.13	1.15
5	1.15	1.15	1.14	1.14
6	1.17	1.16	1.14	1.15
7	1.13	1.14	1.12	1.16
8	1.16	1.15	1.15	1.15
9	1.15	1.16	1.12	1.16
10	1.14	1.14	1.13	1.14
11	1.16	1.15	1.12	1.16
12	1.18	1.13	1.14	1.15

## Resolução

	$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_3$	$\rho_4$
$\bar{y}$	1.151	1.147	1.132	1.150
$s^2$	$3.35 \times 10^{-4}$	$1.15 \times 10^{-4}$	$8.79 \times 10^{-5}$	$7.273 \times 10^{-5}$
$s$	$1.83 \times 10^{-2}$	$1.073 \times 10^{-2}$	$0.9374 \times 10^{-2}$	$0.8528 \times 10^{-2}$
MSD	$4.16 \times 10^{-4}$	$2.84 \times 10^{-4}$	$8.72 \times 10^{-4}$	$1.73 \times 10^{-4}$

O melhor processo é concretizado pela fábrica 4.

## EXEMPLO T3

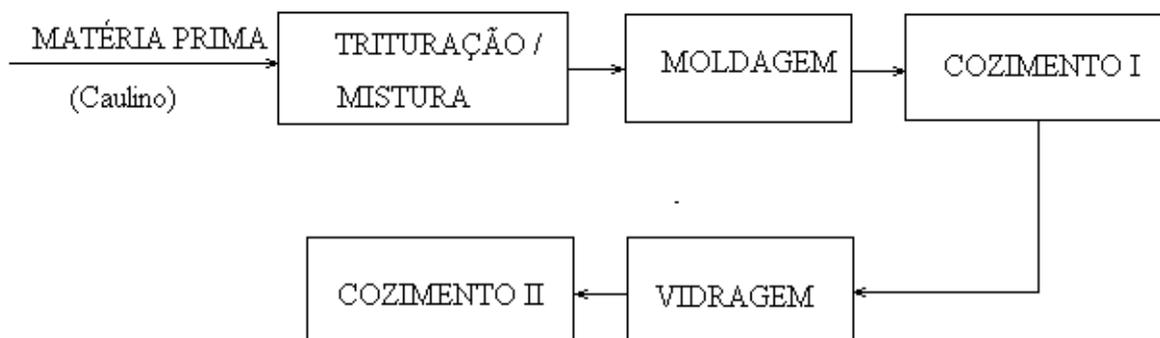
Uma companhia produtora de azulejos comprou um forno em forma de túnel cujo custo foi de 320 mil contos. O forno mede 80 m de comprimento. Quando o forno foi instalado verificou-se que os azulejos tinham variações nas dimensões: mais de 50 % dos azulejos das filas exteriores estavam fora das especificações.

Depois de uma análise ao processo, detectou-se que a razão para tal facto dependia dos gradientes de temperatura no forno.

O problema poderia ser resolvido reprojectando o forno, o que custaria mais 80 mil contos. Esta hipótese foi abandonada.

A companhia efectuou o experiências para investigar os efeitos de alguns factores que poderiam afectar o processo de cozimento e implicitamente as dimensões dos azulejos.

Processo de fabricação dos azulejos:



FACTORES DE CONTROLE E SEUS NÍVEIS

FACTORES	NÍVEIS
A - Quantidade de caulino	A1 - 5 % (novo) A2 - 1 % (existente)
B - Granulometria	B1 - Grosso (novo) B2 - Fino (existente)
C - Quantidade de aglutinante	C1 - 43 % (novo) C2 - 53 % (existente)
D - Tipo de aglutinante	D1 - Combinação existente D2 - Nova combinação
E - Carga de matéria prima	E1 - 1.300 kg (nova) E2 - 1.200 kg (existente)
F - Quantidade de desperdício	F1 - 0 % (novo) F2 - 4 % (existente)
G - Quantidade de feldspato	G1 - 0 % (novo) G2 - 5 % (existente)

ARRANJO ORTOGONAL

	L <sub>8</sub> (2 <sup>7</sup> )							A	B	C	D	E	F	G	Nº de defeitu osos
	A	B	C	D	E	F	G								
	1	2	3	4	5	6	7								
1	1	1	1	1	1	1	1	5	G	43	E	1300	0	0	16
2	1	1	1	2	2	2	2	5	G	43	N	1200	4	5	17
3	1	2	2	1	1	2	2	5	F	53	E	1300	4	5	12
4	1	2	2	2	2	1	1	5	F	53	N	1200	0	0	6
5	2	1	2	1	2	1	2	1	G	53	E	1200	0	5	6
6	2	1	2	2	1	2	1	1	G	53	N	1300	4	0	68
7	2	2	1	1	2	2	1	1	F	43	E	1200	4	0	42
8	2	2	1	2	1	1	2	1	F	43	N	1300	0	5	26

Análise de resultados utilizando a tabela de respostas

	Nº total defeituosos	% de defeituosos
A1	$16+17+12+6=51$	$51/4=12.75^*$
A2	$6+68+42+26=142$	$142/4=35.5$
B1	$16+17+6+68=107$	$107/4=26.75$
B2	$12+6+42+26=86$	$21.5^*$
C1	$16+17+42+26=101$	$25.25$
C2	$6+68+12+6=92$	$23.0^*$
D1	$16+6+12+42=76$	$19.0^*$
D2	$17+68+6+26=117$	$29.25$
E1	$16+68+12+26=122$	$30.5$
E2	$6+17+42+6=71$	$17.75^*$
F1	$16+6+26+6=54$	$13.5^*$
F2	$17+68+42+12=139$	$34.75$
G1	$16+68+42+6=132$	$33.0$
G2	$6+17+12+26=61$	$15.25^*$

COMPARAM-SE OS NÍVEIS A1 COM A2; A1 É MELHOR QUE A2.

IDEM PARA B; C; D; E; F; G.

A COMBINAÇÃO ESCOLHIDA FOI:

**A1; B2; C1; D1; E2; F1; G2**

É C1 E NÃO C2, PORQUE SE POUPA NO AGLUTINANTE E A PERCENTAGEM DE DEFEITUOSOS NÃO SE ALTERA MUITO.