

Conceitos sobre Matriz de Tecnologia e Controle

Carlos Hugo Domenech (MID) e Patrícia Fonseca

Sumário:

Há formas diferentes de expressar as seguintes duas características de um processo:

1. Tecnologia. Capacidade dos processos de atender às especificações do cliente e
2. Controle. Estabilidade do processo.

Se fizermos isto com o Método S abaixo, estaremos inferindo de forma errada o Controle do processo. Sugere-se no seu lugar usar o método da MID que é uma modificação da matriz de Harry and Lawson.

Este artigo está baseado no livro de Harry and Lawson (1992) *Producibility Analysis and Process Characterization* e na experiência dos consultores da M. I. Domenech.

Em discussões mantidas com Patrícia Fonseca, levantou-se a questão sobre a adequação da matriz de Tecnologia versus Controle utilizada em algumas empresas (Figura 1).

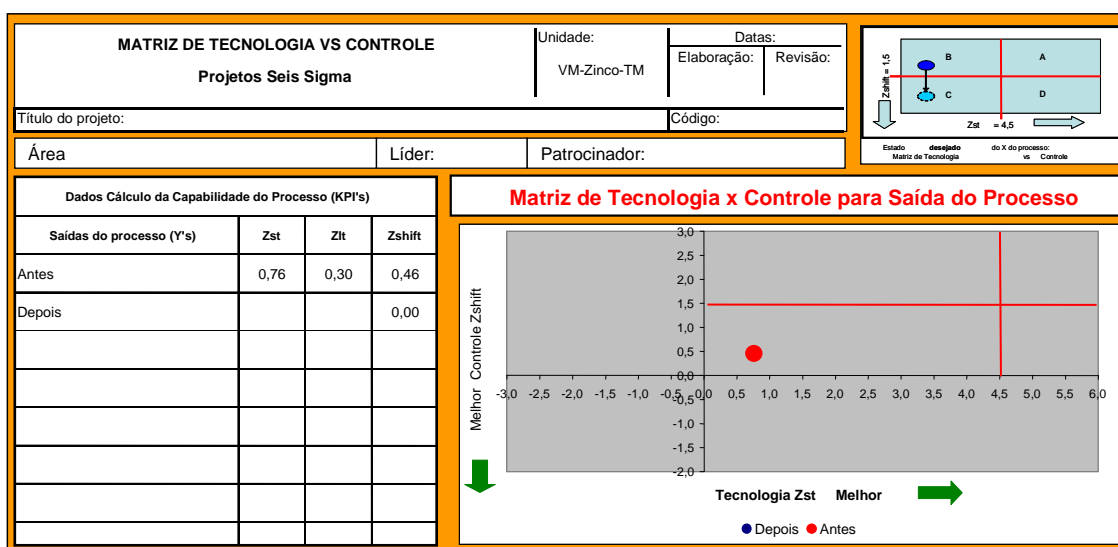


Figura 1 – Matriz Tecnologia x Controle – Método S

Pelos exemplos que mostraremos abaixo, o leitor atento poderá ver que a utilização do Zshift como indicador do controle é inadequada. Isso pode gerar ações de melhoria e estratégias de investimentos erradas.

Ao invés disso deve-se calcular um indicador baseado no quociente do desvio padrão de curto prazo (S_{within} no Minitab) e o desvio padrão de longo prazo ($S_{overall}$ no Minitab). Este quociente denomina-se Coeficiente de robustez e dá uma medida da estabilidade do processo. Valores acima de 0,75 ou 0,80 mostram processos bem controlados. A matriz sugerida tem o formato indicado na figura abaixo:

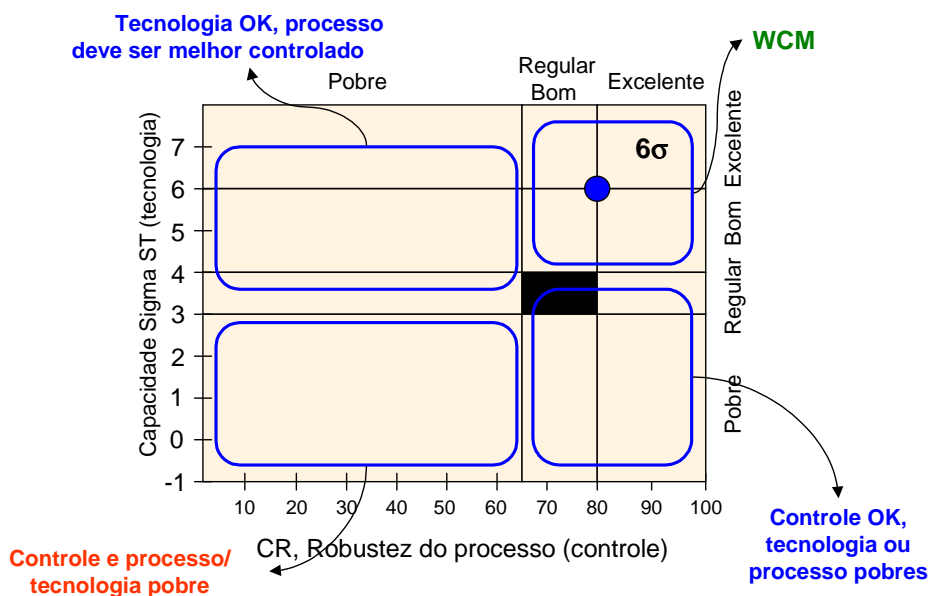


Figura 2 – Matriz Tecnologia x Controle MID

Exemplos de aplicação

Considere as séries da Tabela 1 (LSL = lower specification limit, USL = upper specification limit). Os gráficos destas séries com seus limites de especificação estão depois da Tabela 1.

Tabela 1 – Dados utilizados nas análises

LSL	4	4	7	8	9
USL	16	16	13	12	11
Obs	y1	y2	y3	y4	y5
1	8,64	10,24	8,69	9,98	9,53
2	9,48	9,34	9,68	10,21	9,32
3	9,26	10,92	8,75	9,90	9,76
4	9,38	8,73	8,50	10,22	10,12
5	9,57	9,26	9,10	10,82	9,41
6	11,13	10,48	10,65	9,63	8,80
7	10,59	9,36	8,94	9,90	7,93
8	9,94	9,55	9,42	10,57	9,19
9	11,10	10,18	9,21	9,92	9,47
10	11,09	11,65	8,71	11,46	8,74
11	10,61	11,60	8,62	11,44	9,04
12	9,97	11,75	9,47	11,28	8,74
13	9,21	11,76	9,12	12,37	8,60
14	10,02	11,02	8,83	11,73	8,54
15	10,08	11,57	10,31	12,05	8,12
16	10,24	10,00	9,25	12,08	9,28
17	9,63	10,64	9,54	11,98	9,08
18	9,31	10,19	9,80	11,68	8,92
19	9,15	10,66	9,09	9,86	8,86
20	10,35	10,17	11,37	11,00	8,09
21	10,34	10,32	9,98	8,64	7,25
22	10,18	9,90	9,22	7,81	9,06
23	8,80	10,23	9,33	8,15	7,71
24	10,60	10,77	8,84	8,58	7,61
25	9,60	10,06	9,28	8,88	7,94
26	9,82	10,56	9,34	8,73	8,53
27	9,51	10,69	9,18	8,64	8,09
28	9,03	10,60	9,13	8,27	8,66
29	9,36	10,31	11,09	8,20	8,88
30	9,00	11,77	10,18	8,58	8,32
31	9,69	10,44	10,71	10,41	9,10
32	9,17	9,43	12,07	10,71	10,52
33	9,50	11,72	10,97	11,50	12,18
34	9,99	10,92	11,27	10,53	12,24
35	9,83	9,72	10,94	10,44	12,16
36	9,99	9,90	11,50	10,10	11,54
37	9,41	10,96	11,06	10,32	12,11

38	10,64	11,04	12,38	11,54	11,52
39	10,95	11,90	12,45	10,97	12,73
40	10,52	11,97	11,23	11,29	12,99
41	10,47	9,84	10,73	12,01	13,49
42	10,60	10,53	9,37	11,00	10,94
43	12,52	10,07	8,88	10,09	11,22
44	9,83	9,20	8,40	11,30	10,56
45	10,39	9,05	10,39	9,82	10,74
46	10,73	9,15	8,32	10,06	11,54
47	11,73	10,38	9,13	11,10	10,03
48	10,22	9,91	8,65	10,07	10,78
49	9,60	10,01	9,05	11,47	10,48
50	9,74	10,93	6,86	10,24	10,45
51	10,08	11,59	9,81	10,71	10,81
52	10,52	10,17	8,96	9,77	10,35
53	11,20	9,82	11,08	9,85	9,01
54	11,21	10,66	9,92	10,41	8,10
55	11,06	10,49	11,77	10,16	8,97
56	10,32	11,52	10,37	9,39	8,07
57	10,29	10,16	10,08	10,14	9,56
58	10,76	10,19	10,58	10,25	10,60
59	9,88	10,74	11,08	9,66	10,42
60	10,56	10,62	9,50	10,30	8,57
61	9,83	11,12	10,01	8,76	10,18
62	9,97	10,49	10,89	9,64	9,70
63	9,25	10,67	10,11	9,73	9,51
64	10,37	10,92	10,59	11,80	8,73
65	9,54	11,19	9,74	12,13	8,97
66	10,33	10,27	10,48	10,66	8,17
67	8,44	10,15	9,68	10,48	7,43
68	10,01	9,92	10,06	11,37	7,15
69	10,49	10,71	10,47	11,58	7,40
70	9,77	9,60	9,83	14,09	7,45
71	10,21	10,38	10,44	13,72	8,83
72	9,51	10,76	10,01	12,45	10,41
73	11,09	10,73	8,86	14,57	9,24
74	11,35	10,59	8,47	13,22	10,05
75	10,47	10,97	9,37	12,23	8,81
76	10,13	11,85	7,82	12,09	8,43
77	8,83	10,82	9,41	12,62	9,97
78	10,16	10,99	9,51	12,05	9,47
79	10,08	12,20	8,36	13,00	10,34
80	10,98	10,73	8,30	13,37	9,56
81	10,31	9,73	8,11	12,24	11,53
82	10,42	10,70	7,68	11,57	11,38
83	9,85	9,84	8,58	11,40	12,13
84	9,23	10,82	9,96	11,89	10,09
85	10,84	10,66	9,22	10,73	10,42
86	10,94	10,11	9,60	10,89	10,85
87	10,63	10,96	8,33	11,40	10,53
88	9,61	10,76	8,26	12,53	10,12
89	9,98	11,63	8,71	11,45	12,16
90	9,35	10,62	8,69	12,38	11,04
91	9,01	8,93	8,65	10,39	12,16
92	10,36	11,81	9,20	11,47	12,54
93	11,27	10,94	9,62	11,01	10,98
94	9,90	10,07	10,81	10,83	10,51
95	10,37	10,88	9,96	9,63	10,47
96	8,93	10,20	9,36	10,24	11,19
97	10,01	10,02	8,98	10,26	10,76
98	9,70	8,91	11,65	10,67	11,35
99	10,46	10,09	10,02	10,76	10,82
100	9,73	11,66	9,35	10,95	11,50

Como exercício, analise os gráficos e conclua sobre o nível de controle das séries. Depois analise os resultados na tabela com os valores de controle sugeridos pelo Método S ou MID.

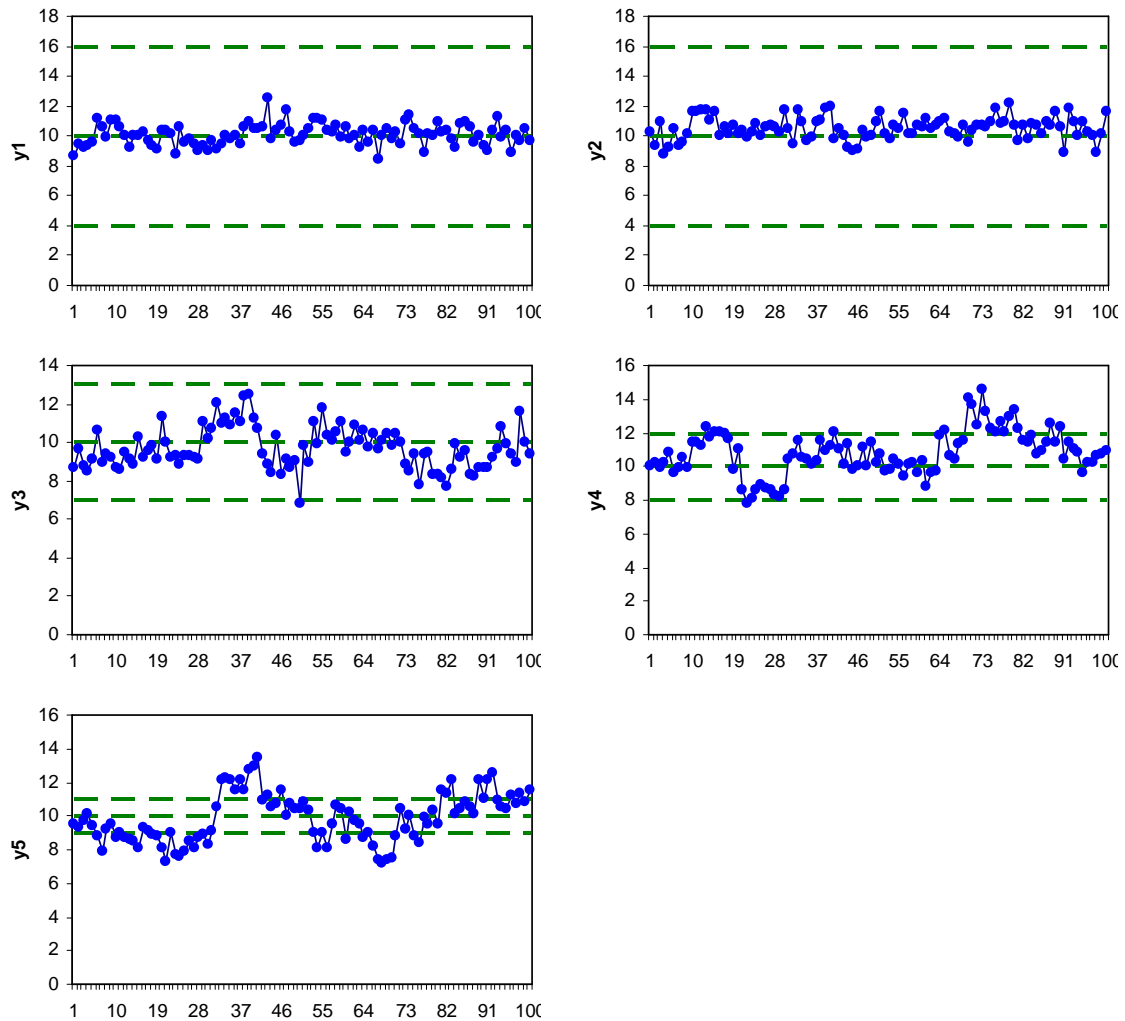


Figura 3 – Exemplos de características controladas em um processo

Você fez a classificação das séries conforme a Tabela 2? Se você respondeu que sim, confirme seu palpite na Tabela 3.

Tabela 2 – Palpite seu conforme a tabela de Tecnologia e Controle Votorantim?

Série	Controle
y1	Zshift < 1,5
y2	Zshift < 1,5
y3	Zshift > 1,5
y4	Zshift > 1,5
y5	Zshift > 1,5

Tabela 3 – Valores reais de Zshift e CR

Série	Controle Votorantim (Zshift)	Controle sugerido (CR)
y1	1,69	0,83
y2	1,17	0,86
y3	1,19	0,69
y4	1,03	0,48
y5	1,11	0,44

Conclusões:

- Lamentamos muito se você errou em quase todas!
- Comece a pensar diferente. Use somente métodos validados com pensamento profundo (sugestão do Deming).

Quebrando paradigmas:

Se você ainda não está convencido faça o seguinte. Repita os cálculos para a variável $y_6 = y_1 - 0,8$; ou seja, y_6 foi obtida a partir de y_1 , subtraindo uma constante. Você concordará conosco que o fato de somar ou subtrair uma constante a uma variável não pode mudar a estabilidade dela (ou seja, o nível de controle deveria ser o mesmo). O Zshift de y_6 fica igual a 1,5 (ao invés de 1,69 como no caso da variável y_1). Subtraindo uma constante você pode, magicamente, piorar (ou aumentar) o nível de controle da variável (procedimento mais barato do que ficar fazendo projetos LSS)! Veja que isso não acontece com a medida CR proposta neste artigo (CR de y_6 fica igual a 0,83).