

## 5 Análise de desempenho dos gráficos

Neste capítulo, são feitas comparações envolvendo o desempenho do gráfico de controle proposto, o gráfico  $\chi^2$  com TAV e o gráfico utilizado em Kang & Albin (2000), o gráfico  $\chi^2$  com PF para o monitoramento de perfis lineares.

Rotinas em R (*software estatístico R*) foram escritas para a obtenção do *NMA* quando o processo encontra-se em controle e fora de controle. Para efeitos de comparação, foi considerado o exemplo apresentado por Kang & Albin (2000), no qual foi utilizado um único tamanho de amostra  $n_0 = 4$ . Como  $n_1 < n_0 < n_2$ ,  $n_1$  ficou, então, restrito a apenas dois valores (2 e 3), uma vez que com  $n_1 = 1$ , seria impossível determinar o intercepto e o coeficiente de inclinação e o tamanho de amostra  $n_2$  assumiu sete valores (5, 6, 7, 10, 15, 25 e 50). Para cada combinação envolvendo  $n_0$ ,  $n_1$  e  $n_2$  calculou-se  $p_0$  e  $w$ . O *NMA* para o gráfico de controle qui-quadrado com TAV foi calculado através da eq. (4.4). Para o gráfico de controle qui-quadrado com PF, o *NMA* foi obtido pela expressão:

$$NMA = \frac{1}{1 - \beta} \quad (5.1)$$

onde  $1 - \beta = P(\chi_j^2 \geq LSC \mid \hat{\beta} \sim N(\tilde{\beta}, \Sigma))$ .

Considerando o exemplo de Kang & Albin (2000), os valores de  $X$ , quando  $n = n_k$ ,  $k = 1, 2$ , foram calculados através da expressão:

$$x_j = j \frac{10}{(n_k + 1)}, j = 1, \dots, n_k, k = 1, 2 \quad (5.2)$$

Foram considerados os casos de desvios somente em um dos parâmetros  $\beta_*^0$ ,  $\beta_*^1$  e  $\sigma_*$ . Na comparação entre os gráficos, foi efetuado o cálculo do ganho percentual. O ganho percentual expressa em termos percentuais o quanto se ganha em rapidez na detecção de um estado fora de controle quando

do uso do gráfico de controle qui-quadrado com TAV em relação ao gráfico de controle qui-quadrado com PF. O ganho percentual foi obtido pela expressão:

$$\frac{NMA_{PF} - NMA_{TAV}}{NMA_{PF}} \times 100$$

onde  $NMA_{PF}$  representa o número médio de amostras até um sinal com a utilização do gráfico de controle qui-quadrado com PF e,  $NMA_{TAV}$  representa o número médio de amostras até um sinal quando se usa o gráfico de controle qui-quadrado com TAV.

A Tabela 5.1 apresenta resultados do cálculo do  $NMA$  para ambos os gráficos de controle quando somente  $\delta_0$  varia e  $n_1 = 2$ . Na Tabela 5.2 o tamanho de amostra  $n_1$  é igual a três. As Figuras 5.1 e 5.2 mostram os ganhos percentuais relativos às Tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.1 -  $NMA$  para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente no intercepto,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 2$ .

Gráfico	$p_0$	w	$n_2$	$\delta_0$										
				0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\chi^2_{PF}$	---	---	---	200,04	137,77	63,46	27,96	13,19	6,88	3,99	2,58	1,85	1,45	1,23
$\chi^2_{TAV}$	0,33	0,81	5	200,04	136,81	59,75	24,11	10,58	5,39	3,22	2,21	1,71	1,44	1,29
$\chi^2_{TAV}$	0,50	1,39	6	200,04	136,03	56,76	21,26	8,86	4,50	2,80	2,04	1,67	1,46	1,34
$\chi^2_{TAV}$	0,60	1,83	7	200,04	135,36	54,22	19,05	7,66	3,96	2,58	1,97	1,67	1,50	1,39
$\chi^2_{TAV}$	0,75	2,75	10	200,04	133,66	48,16	14,64	5,74	3,27	2,38	1,98	1,76	1,61	1,49
$\chi^2_{TAV}$	0,85	3,74	15	200,04	131,36	41,02	11,09	4,82	3,20	2,54	2,18	1,93	1,74	1,59
$\chi^2_{TAV}$	0,91	4,88	25	200,04	127,55	32,57	9,22	5,18	3,82	3,06	2,54	2,18	1,90	1,69
$\chi^2_{TAV}$	0,96	6,36	50	200,04	120,28	26,20	11,45	7,66	5,47	4,08	3,18	2,57	2,14	1,83

Conforme pode ser verificado nas Tabelas 5.1 e 5.2, quando o processo encontra-se em controle o  $NMA$  é igual a 200,04. O gráfico de controle qui-quadrado com TAV é mais rápido do que o gráfico de controle qui-quadrado com PF para detectar situações onde o processo encontra-se fora de controle quando ocorrem pequenos e moderados deslocamentos no intercepto ( $\delta_0 \leq 1,0$ ).

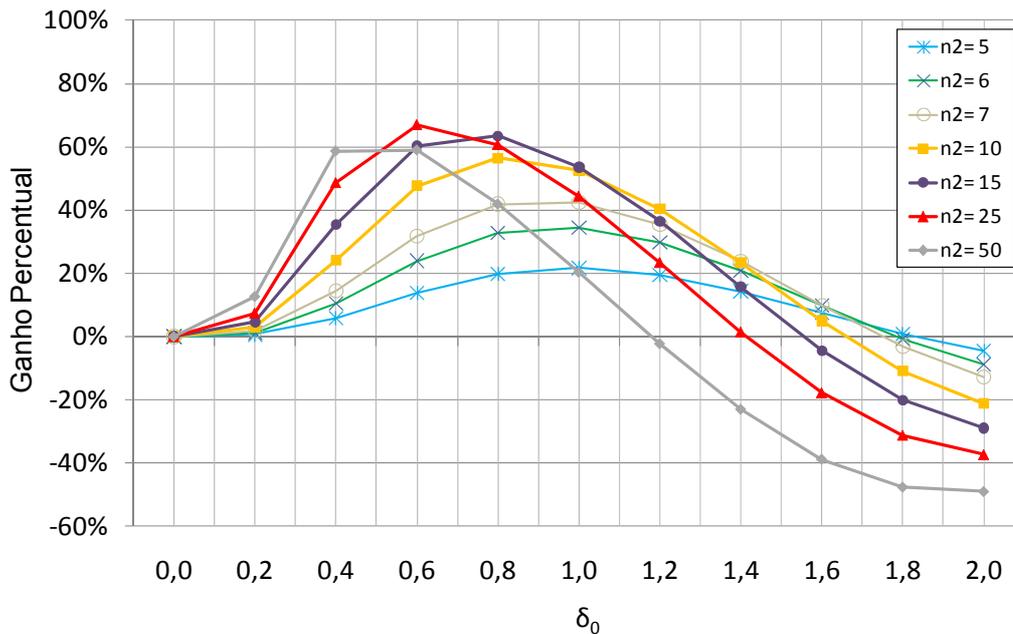


Figura 5.1 - Ganho percentual entre os gráficos TAV e PF, em função de deslocamentos somente no intercepto, com  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 2$ .

Para deslocamentos desta magnitude, tanto para  $n_1 = 2$ , como também para  $n_1 = 3$ , o desempenho do gráfico com TAV foi superior ao gráfico com PF para todos os sete tamanhos de amostras  $n_2$  utilizados. Em contrapartida, na presença de grandes deslocamentos, o gráfico com PF mostrou-se mais eficiente, apesar de que, nestes casos, o número médio de amostras até um sinal é inferior a 2,0 para o gráfico com TAV.

Tabela 5.2 - NMA para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente no intercepto,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 3$ .

Gráfico	$p_0$	$w$	$n_2$	$\delta_0$										
				0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\chi^2_{PF}$	---	---	---	200,04	137,77	63,46	27,96	13,19	6,88	3,99	2,58	1,85	1,45	1,23
$\chi^2_{TAV}$	0,50	1,39	5	200,04	137,06	60,51	24,65	10,82	5,48	3,25	2,22	1,70	1,41	1,25
$\chi^2_{TAV}$	0,67	2,20	6	200,04	136,59	58,42	22,38	9,31	4,67	2,85	2,05	1,64	1,41	1,27
$\chi^2_{TAV}$	0,75	2,77	7	200,04	136,22	56,71	20,61	8,25	4,15	2,63	1,96	1,62	1,42	1,28
$\chi^2_{TAV}$	0,86	3,89	10	200,04	135,38	52,70	16,96	6,45	3,46	2,40	1,92	1,65	1,46	1,32
$\chi^2_{TAV}$	0,92	4,97	15	200,04	134,33	47,85	13,74	5,50	3,33	2,49	2,03	1,74	1,52	1,36
$\chi^2_{TAV}$	0,95	6,18	25	200,04	132,76	41,67	11,83	5,77	3,84	2,87	2,27	1,87	1,59	1,39
$\chi^2_{TAV}$	0,98	7,70	50	200,04	130,39	37,14	14,21	8,17	5,23	3,60	2,65	2,07	1,69	1,44

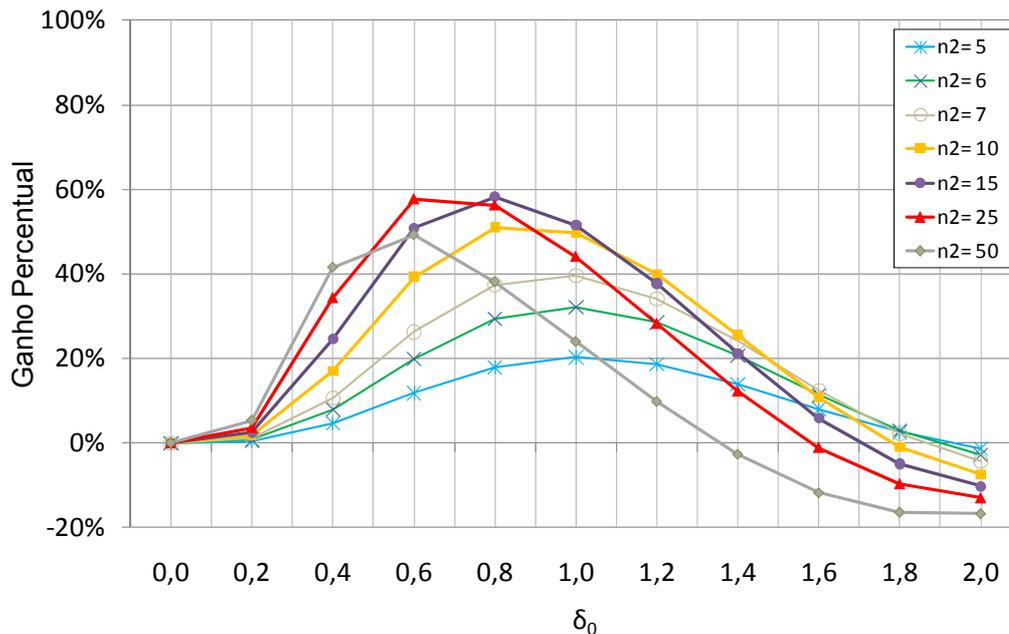


Figura 5.2 - Ganho percentual entre os gráficos TAV e PF, em função de deslocamentos somente no intercepto, com  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 3$ .

Valores maiores de  $n_2$  favorecem o desempenho do gráfico com TAV, para a detecção de situações onde o processo encontra-se fora de controle, apenas quando ocorrem deslocamentos menores ( $\delta_0 \leq 0,6$ ) no intercepto. Tal fato pode ser explicado porque, quando o processo encontra-se fora de controle, amostras com tamanhos grandes permitem uma maior rapidez na detecção do problema. Na situação em que  $\delta_0 = 0,2$  e  $n_1 = 2$ , percebeu-se um ganho máximo de 13% quando  $n_2 = 50$ . Para este mesmo deslocamento no intercepto e  $n_1 = 3$ , os ganhos são mais modestos, máximo de 5% para  $n_2 = 50$ . O gráfico com TAV com  $n_2 = 50$  também conseguiu o melhor desempenho para  $\delta_0 = 0,4$ , ganhos de 59% e 41% para  $n_1 = 2$  e  $n_1 = 3$ , respectivamente. Considerando todas as combinações testadas, o maior ganho observado foi de 67%, na situação em que  $\delta_0 = 0,6$ ,  $n_1 = 2$  e  $n_2 = 25$ .

À medida que  $\delta_0$  cresce, observa-se uma queda no desempenho do gráfico com TAV, principalmente quando são usados grandes valores de  $n_2$  ( $n_2 \geq 25$ ). Para  $\delta_0 = 1,2$  e  $n_1 = 2$ , o único gráfico com TAV que apresentou desempenho inferior ao gráfico com PF foi o que utilizou  $n_2 = 50$ . Para grandes deslocamentos ( $\delta_0 \geq 1,6$ ), valores maiores de  $n_2$  contribuem de forma negativa para o desempenho do gráfico TAV.

Por outro lado, gráficos com TAV com os três menores valores de  $n_2$  (5, 6 e 7) mantiveram-se com desempenho superior ao gráfico com PF para

deslocamentos no intercepto de até 1,6. O gráfico com TAV, para estes três valores de  $n_2$ , apresenta pior desempenho que o gráfico com PF para deslocamentos acima de 1,6. Entretanto, a diferença é pequena e pode ser compensada por desempenhos muito superiores para deslocamentos pequenos.

A Tabela 5.3 apresenta uma comparação entre os NMA's dos dois gráficos, quando apenas  $\delta_1$  varia e  $n_1 = 2$ . Na Tabela 5.4 o tamanho de amostra  $n_1$  é igual a três. As Figuras 5.3 e 5.4 mostram os ganhos percentuais relativos às Tabelas 5.3 e 5.4.

Tabela 5.3 - NMA para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente na inclinação,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 2$ .

Gráfico	$p_0$	w	$n_2$	$\delta_1$										
				0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$\chi^2_{PF}$	---	---	---	200,04	166,03	105,61	60,68	34,49	20,12	12,23	7,80	5,23	3,69	2,74
$\chi^2_{TAV}$	0,33	0,81	5	200,04	165,62	103,11	56,37	29,99	16,42	9,55	5,98	4,04	2,95	2,29
$\chi^2_{TAV}$	0,50	1,39	6	200,04	165,31	101,06	52,91	26,61	13,87	7,84	4,91	3,41	2,58	2,10
$\chi^2_{TAV}$	0,60	1,83	7	200,04	165,04	99,28	49,99	23,94	12,01	6,71	4,27	3,05	2,40	2,02
$\chi^2_{TAV}$	0,75	2,75	10	200,04	164,41	94,80	43,18	18,50	8,78	5,04	3,47	2,71	2,30	2,04
$\chi^2_{TAV}$	0,85	3,74	15	200,04	163,60	88,85	35,57	13,91	6,86	4,44	3,42	2,88	2,53	2,29
$\chi^2_{TAV}$	0,91	4,88	25	200,04	162,33	79,79	27,41	11,17	6,75	5,10	4,19	3,57	3,10	2,73
$\chi^2_{TAV}$	0,96	6,36	50	200,04	159,94	66,32	23,02	13,34	9,94	7,78	6,20	5,03	4,16	3,50

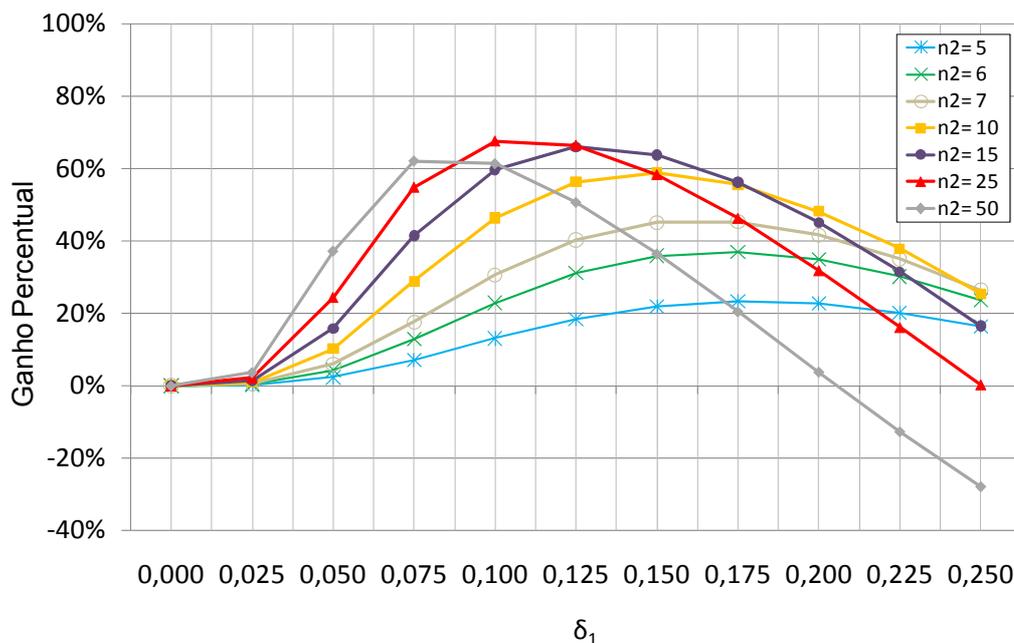


Figura 5.3 - Ganho percentual entre os gráficos TAV e PF, em função de deslocamentos somente na inclinação, com  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 2$ .

Novamente, quando o processo encontra-se em controle, em ambas as figuras, o  $NMA$  é igual a 200,04. Os dois tamanhos de amostra usados para  $n_1$  não causaram alterações relevantes nos  $NMA$ 's. O gráfico com TAV foi capaz de detectar situações onde o processo encontra-se fora de controle mais rapidamente do que o gráfico PF em todas as combinações envolvendo  $\delta_1$ ,  $n_1$  e  $n_2 \leq 25$ .

Quanto maior o valor de  $n_2$ , maior a diferença no desempenho entre os dois gráficos para pequenos e moderados deslocamentos na inclinação da reta de regressão. Para todos os tamanhos de amostra  $n_2$  testados, foi notado um crescimento no ganho percentual até  $\delta_1 = 0,075$ , ganho percentual máximo de 62% para  $n_2 = 50$  e  $n_1 = 2$ . A partir de  $\delta_1 = 0,075$ , o gráfico com TAV com  $n_2 = 50$  começou a apresentar queda de desempenho, sendo que, entre todas as situações testadas, o gráfico com TAV com  $n_2 = 50$  foi o único a apresentar desempenho inferior ao gráfico com PF na situação em que  $\delta_1 = 0,250$ .

Os gráficos com TAV com  $n_2 < 50$  sempre apresentaram desempenho superior ao gráfico com PF, embora com ganhos percentuais menos relevantes para grandes deslocamentos no intercepto. Considerando todas as combinações testadas, o maior ganho observado foi de 68%, na situação em que  $\delta_0 = 0,1$ ,  $n_1 = 2$  e  $n_2 = 25$ .

Tabela 5.4 -  $NMA$  para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente na inclinação,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 3$ .

Gráfico	$p_0$	$w$	$n_2$	$\delta_1$										
				0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$\chi^2_{PF}$	---	---	---	200,04	166,03	105,61	60,68	34,49	20,12	12,23	7,80	5,23	3,69	2,74
$\chi^2_{TAV}$	0,50	1,39	5	200,04	165,77	103,78	57,28	30,72	16,87	9,79	6,10	4,11	2,98	2,31
$\chi^2_{TAV}$	0,67	2,20	6	200,04	165,61	102,49	54,84	28,08	14,71	8,27	5,12	3,51	2,62	2,11
$\chi^2_{TAV}$	0,75	2,77	7	200,04	165,48	101,44	52,85	26,00	13,12	7,24	4,51	3,16	2,43	2,01
$\chi^2_{TAV}$	0,86	3,89	10	200,04	165,22	98,93	48,19	21,60	10,20	5,63	3,70	2,78	2,28	1,98
$\chi^2_{TAV}$	0,92	4,97	15	200,04	164,93	95,68	42,69	17,50	8,26	4,96	3,57	2,86	2,42	2,12
$\chi^2_{TAV}$	0,95	6,18	25	200,04	164,57	90,78	36,22	14,71	8,01	5,50	4,20	3,38	2,81	2,39
$\chi^2_{TAV}$	0,98	7,70	50	200,04	164,23	83,97	32,89	17,05	11,22	7,97	5,87	4,47	3,51	2,85

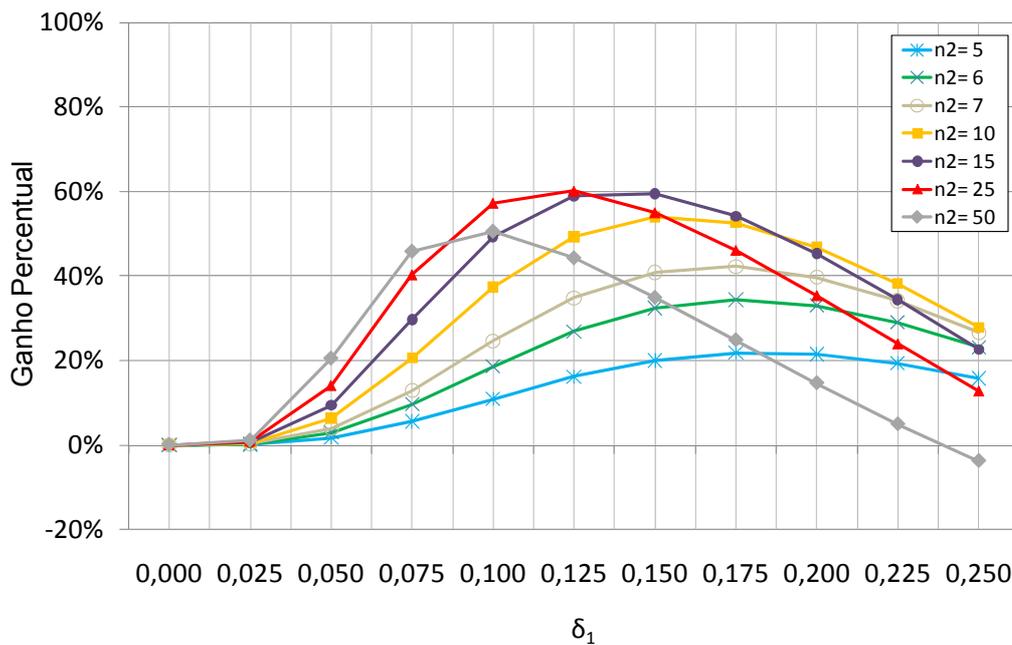


Figura 5.4 - Ganho percentual entre os gráficos TAV e PF, em função de deslocamentos somente na inclinação, com  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 3$ .

A Tabela 5.5 apresenta a comparação entre os NMA's dos dois gráficos quando apenas  $\gamma$  varia. A Tabela 5.5 revela que o NMA é sempre igual para ambos os gráficos de controle.

Tabela 5.5 - NMA para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente no desvio padrão.

Gráfico	$\gamma$										
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$\chi^2_{PF}$	200,04	39,63	14,93	7,92	5,13	3,76	2,99	2,51	2,19	1,97	1,80
$\chi^2_{TAV}$	200,04	39,63	14,93	7,92	5,13	3,76	2,99	2,51	2,19	1,97	1,80

Quando ocorrem deslocamentos apenas no desvio padrão do modelo o NMA, para um mesmo valor de  $\gamma$ , é sempre igual, independente do tamanho de amostra utilizado. Quando  $\gamma > 1$  e  $\delta_0 = \delta_1 = 0$ , a estatística  $\chi_j^2$  apresenta distribuição qui-quadrado centrada, isto é, não depende do tamanho da amostra, fazendo com que ambos os gráficos possuam desempenhos iguais em termos de NMA.

A última comparação entre os gráficos com TAV e com PF levou em consideração o número médio de itens a serem inspecionados até um sinal, denotado por  $E(N)$ , quando existirem deslocamentos em  $\beta_*^0$  ou  $\beta_*^1$ . Este é um

parâmetro importante a ser verificado, pois um aumento no número de itens inspecionados pode aumentar significativamente os custos para a realização do controle de qualidade (Aparisi, 1996). Para o gráfico de controle com PF,  $E(N)$  é determinado pela expressão:

$$E(N) = NMA \times n_0 \quad (5.3)$$

Para o gráfico de controle com TAV,  $E(N)$  pode ser obtido por:

$$E(N) = \mathbf{B} (\mathbf{I} - \mathbf{Q}_d)^{-1} \mathbf{n} \quad (5.4)$$

onde  $\mathbf{n} = [n_1 \ n_2]'$

As cinco tabelas a seguir apresentam resultados do  $E(N)$  em relação ao ganho percentual. Nestas tabelas, as regiões verdes representam os casos onde o gráfico com TAV obteve melhor desempenho do que o gráfico com PF e o inverso ocorre nas regiões coloridas de vermelho.

A Tabela 5.6 mostra os ganhos percentuais quando apenas  $\delta_0$  varia e  $n_1 = 2$ . Na Tabela 5.7, a única mudança foi no valor de  $n_1$  que passou a ser igual a três.

Tabela 5.6 – Ganho percentual no cálculo de  $E(N)$  para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente no intercepto,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 2$ .

$n_2$	$\delta_0$									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
5	-0,7%	0,7%	4,5%	7,9%	9,0%	7,3%	3,6%	-1,4%	-6,3%	-10,1%
6	-1,1%	1,8%	9,0%	14,5%	15,3%	11,4%	3,8%	-5,7%	-14,9%	-21,6%
7	-1,3%	3,3%	13,3%	19,9%	19,7%	13,2%	1,9%	-11,9%	-24,9%	-33,8%
10	-1,4%	8,1%	24,0%	30,5%	25,5%	10,8%	-11,5%	-36,9%	-58,5%	-70,3%
15	-0,8%	16,2%	35,6%	37,2%	22,6%	-6,1%	-45,0%	-84,5%	-113,7%	-125,9%
25	1,4%	28,9%	44,8%	33,5%	-0,3%	-53,4%	-115,4%	-172,2%	-210,4%	-222,2%
50	7,9%	43,1%	39,2%	-0,9%	-69,7%	-160,4%	-260,0%	-347,4%	-401,6%	-411,5%

Tabela 5.7 - Ganho percentual no cálculo de  $E(N)$  para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente no intercepto,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 3$ .

$n_2$	$\delta_0$									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
5	-0,7%	0,1%	3,4%	6,8%	8,0%	6,6%	3,2%	-0,9%	-4,3%	-6,1%
6	-1,0%	0,8%	6,8%	12,3%	13,6%	10,1%	3,5%	-4,0%	-10,1%	-13,0%
7	-1,1%	1,6%	10,1%	17,0%	17,5%	11,8%	2,0%	-8,7%	-16,8%	-20,1%
10	-1,1%	4,8%	18,8%	26,4%	22,7%	9,7%	-8,7%	-27,0%	-38,9%	-40,9%
15	-0,6%	10,4%	28,9%	32,4%	19,9%	-4,5%	-34,6%	-60,4%	-73,4%	-71,1%
25	1,0%	19,9%	37,0%	28,6%	0,0%	-41,7%	-84,9%	-117,0%	-128,9%	-119,3%
50	5,5%	30,6%	30,4%	-1,4%	-52,0%	-112,6%	-170,5%	-209,6%	-218,6%	-196,9%

De forma geral, o gráfico com TAV obteve melhores resultados para pequenos e moderados deslocamentos, pois foi necessária uma quantidade menor de itens inspecionados até que um deslocamento no processo fosse detectado.

A superioridade do gráfico com TAV foi notada principalmente para valores de  $\delta_0$  iguais a 0,4 e 0,6, pois, para estes deslocamentos no intercepto, todos os gráficos com TAV apresentaram menores valores de  $E(N)$  do que o gráfico com PF. Foi observado um ganho máximo de 44,8% para o gráfico TAV com  $n_1 = 2$ ,  $n_2 = 25$  e  $\delta_0 = 0,6$ .

O gráfico com TAV também se revelou superior ao gráfico com PF para  $\delta_0 = 0,8$ , exceção feita quando  $n_2 = 50$ . À medida que  $\delta_0$  aumenta verifica-se uma melhora no desempenho do gráfico com PF. Quando  $\delta_0 = 1,4$ , o gráfico com TAV obteve menores valores para  $E(N)$ , mas apenas quando pequenos tamanhos de amostras  $n_2$  foram utilizados ( $n_2 = 5, 6, 7$ ). Para valores de  $\delta_0$  acima de 1,4, o gráfico com PF demonstrou superioridade em todos os casos testados.

À medida que  $n_2$  aumenta, verifica-se que, tanto para  $n_1 = 2$  como também para  $n_1 = 3$ , os valores grandes de  $n_2$  propiciam ganhos percentuais maiores para pequenos deslocamentos. Entretanto, o crescimento de  $\delta_0$  favorece os menores tamanhos de amostras de  $n_2$ .

Na Tabela 5.8, os cálculos de  $E(N)$  foram feitos quando apenas  $\delta_1$  varia e  $n_1 = 2$ . Na Tabela 5.9, a única mudança foi o valor de  $n_1$  que passou a ser igual a três.

Tabela 5.8 – Ganho percentual no cálculo de  $E(N)$  para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente na inclinação,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 2$ .

$n_2$	$\delta_1$									
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
5	-0,4%	-0,3%	1,7%	4,9%	8,0%	10,2%	11,0%	10,5%	8,6%	5,7%
6	-0,6%	-0,1%	3,8%	9,6%	14,9%	18,1%	18,7%	16,9%	12,8%	7,0%
7	-0,7%	0,2%	6,0%	14,1%	20,7%	24,1%	24,0%	20,6%	14,3%	5,7%
10	-0,7%	1,8%	12,7%	25,3%	33,2%	35,0%	31,2%	22,5%	9,4%	-7,2%
15	-0,4%	5,2%	22,7%	37,6%	43,2%	40,0%	29,3%	11,7%	-12,4%	-40,8%
25	0,7%	12,4%	36,3%	48,2%	45,9%	32,3%	8,1%	-25,7%	-66,6%	-110,9%
50	4,4%	26,4%	48,4%	45,9%	25,6%	-9,2%	-56,8%	-115,9%	-183,7%	-255,1%

Tabela 5.9– Ganho percentual no cálculo de  $E(N)$  para os gráficos de controle TAV e PF com deslocamentos somente na inclinação,  $n_0 = 4$  e  $n_1 = 3$ .

$n_2$	$\delta_1$									
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
5	-0,3%	-0,5%	0,9%	3,5%	6,5%	8,8%	9,8%	9,4%	7,7%	5,0%
6	-0,5%	-0,6%	2,1%	7,0%	12,1%	15,6%	16,6%	15,1%	11,4%	6,3%
7	-0,5%	-0,4%	3,6%	10,4%	17,0%	21,0%	21,4%	18,4%	12,8%	5,3%
10	-0,5%	0,5%	8,1%	19,4%	27,9%	30,7%	27,8%	20,1%	8,7%	-5,1%
15	0,0%	2,6%	15,4%	30,0%	37,1%	35,3%	26,0%	10,6%	-9,3%	-31,2%
25	1,1%	7,1%	26,1%	39,5%	39,2%	27,7%	7,2%	-20,1%	-51,0%	-81,6%
50	4,3%	16,1%	35,5%	35,7%	19,5%	-7,6%	-42,5%	-83,2%	-126,3%	-167,3%

Novamente, o gráfico com TAV obteve melhores resultados do que o gráfico com PF. A superioridade do gráfico com TAV foi notada principalmente para valores de  $\delta_1$  iguais a 0,075 e 0,100, pois, para estes deslocamentos, todos os valores de  $n_2$  apresentaram menores valores de  $E(N)$  do que no gráfico com PF. Foi observado um ganho máximo de 48,4% para o gráfico com TAV com  $n_1 = 2$ ,  $n_2 = 50$  e  $\delta_1 = 0,075$ .

Os gráficos com TAV com tamanhos de amostras menores ( $n_2 \leq 7$ ), demonstraram desempenho ligeiramente inferior ao gráfico com PF, na presença de pequenos deslocamentos no intercepto ( $\delta_1 \leq 0,050$ ). Para os demais deslocamentos  $\delta_1$ , tais gráficos tiveram valores de  $E(N)$  menores do que o gráfico com PF. Por outro lado, gráficos com TAV com tamanhos de amostras grandes ( $n_2 \geq 25$ ) levam vantagem em relação ao gráfico com PF na presença de pequenos e moderados deslocamentos, e desvantagem na presença de grandes deslocamentos.

Conforme visto na comparação envolvendo deslocamentos somente no intercepto, valores maiores de  $n_2$  ocasionam ganhos percentuais mais significativos para pequenos deslocamentos. Contudo, o crescimento de  $\delta_0$  favorece os menores tamanhos de amostras de  $n_2$ .