

## 6

### Aplicação do Esquema Proposto a Novos Dados

O esquema foi aplicado a novos dados em aproximadamente 7 horas de produção, totalizando 27 amostras, retiradas de 15 em 15 minutos.

#### Análise da *group chart* para X

A Tabela 54 apresenta os dados dos bicos para a *group chart*. Os limites estabelecidos para o processo foram calculados com a densidade real da matéria-prima envasada. Como foram envasados dois lotes, o primeiro com densidade igual 0,960 e o segundo com densidade igual a 0,958, o processo teve dois gráficos de controle. O primeiro com o LSC = 91,66 e o LIC = 84,18 (limites utilizados na seção XX calculados com base na densidade esperada), e para o segundo gráfico LSC = 91,56 e o LIC = 84,08. As observações referentes ao primeiro lote vão até a amostra 14 inclusive; daí em diante as observações correspondem ao segundo lote.

Analisando a Tabela 54 observa-se que logo no início do processo o modelo indicou um ponto acima do LSC (amostra 1, bico 6 marcado em negrito), indicando para o operador a necessidade de reduzir os pesos dos bicos (ajuste geral). A partir deste ajuste o processo não mais produziu fora dos limites, até o momento em que ocorreu mudança do lote, quando o processo voltou a produzir valores extremos (pontos acima do LSC: bico 1, amostras 16 e 17, e bico 7, amostra 16). A Figura 68 (série temporal do nível-base) indica um “salto” no nível-base de forma inesperada, confirmado a suspeita de que a densidade não é o único fator a afetar o peso após uma mudança no lote. Já se sabia das análises prévias, que a densidade não era a única variável a afetar o peso, entretanto não se tinha idéia da magnitude do efeito que a suposta segunda variável desconhecida era capaz de provocar. Para este conjunto de amostra pode-se estimar a magnitude deste “salto” calculando a média das amostras 2 a 11, excluindo as amostras 1, 12 e 13 – a primeira, porque não é representativa (pertence a outra população devido a redução no peso) e as amostras 12 e 13 por serem uma indicação de que há uma causa especial atuando (espuma). Comparando esta média com a amostra 16, nota-se que o nível-base aumentou em 2,95 gramas. É impossível que tal variação tenha se dado devido a uma

mudança na densidade na ordem de 0,2 %, visto que o volume do processo não foi alterado. Como  $P = D \times V(\text{cte})$ , era de se esperar que o nível-base tivesse um decréscimo de aproximadamente 0,2 % relação ao nível-base no lote anterior, no entanto ele aumentou 2,95 gramas, o que representa 3,4 % de aumento. Uma alteração 17 vezes maior que a esperada, e na direção oposta.

Pouco após início do envase do novo lote, houve um ponto acima do LSC (maior observação: bico 1, amostra 16; notar que o bico 7 também apresentou peso acima do LSC), levando o operador a diminuir o peso (ajuste geral). Apesar da diminuição no peso, na amostra seguinte o processo voltou a produzir acima do LSC, levando a uma nova redução no peso. Com isto, o processo passou a produzir dentro dos limites; entretanto todas as observações das amostras 18 e 19 estão acima da LC (ponto médio dos limites) que é de 87,92, o que indica que o processo está centrado acima do peso-alvo pré-estabelecido, induzindo a uma nova redução no peso do processo. A partir da amostra 21 não houve mais nenhuma intervenção para ajuste de peso.

As duas últimas linhas da Tabela 54 representam as médias do processo; a primeira é a média do controle do primeiro lote e a segunda, a média do segundo lote. A média do nível-base do primeiro lote foi de 87,45 (um pouco abaixo do  $PB_{\text{médio}}$  especificado que era de 87,92) e a do segundo lote foi de 88,15 um pouco acima do  $PB_{\text{médio}}$  especificado que era de 87,82. Assim conseguiu-se ajustar o processo ao alvo especificado, com menos de 0,5g de imprecisão. Isso valida o modelo proposto, que considerava a possibilidade de redução no desperdício de produto em aproximadamente 2 %. Com a aplicação do esquema, gastou-se em média 87,80 gramas por unidade produzida e o processo antes do controle gastava 89,77, resultando assim numa economia de 2,2 % .

### **Análise do Gráfico MR para o Nível-Base**

A penúltima coluna da Tabela 54 representa o “moving range” do nível-base. Os pontos em negrito indicam corretamente que uma causa especial afetou a todos os bicos, entretanto o primeiro e o terceiro sinal (amostras 2 e 16) têm como causa especial a interferência do operador no ajuste do peso, enquanto o segundo sinal (amostra 15) é uma indicação que outro lote entrou na produção. Observa-se que o gráfico não foi capaz de detectar quando o tanque se aproximava do final, ou seja, a causa especial em que espuma

faz diminuir o peso de todos os bicos. Uma possível justificativa para esta não detecção pode ter sido o fato de o operador ter trocado o lote antes mesmo que a espuma afetasse de forma significativa o processo. Outra possível explicação é o fato de a queda ser gradual: o MR aumenta quando há uma mudança de nível brusca, mas não quando há uma queda gradual. A Figura 68 representa a série temporal do nível-base, que fornece indícios de queda no peso a partir da amostra 11. Tal gráfico é justamente útil para visualizar tais tendências. Junto, os três gráficos propostos formam um esquema poderoso para o controle desse tipo de processo.

Tabela 54 – Cep aplicados aos dados do processo

Amotras	Bicos								Base	MR	Rt
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	89,73	89,59	89,46	88,55	90	<b>91,67</b>	90,52	88,88	89,8		3,12
2	87,12	86,87	86,74	87,35	87,1	87,37	88,36	89,02	87,49125	<b>2,30875</b>	2,28
3	87,01	87,95	88	87,28	86,57	87,98	88,18	88,94	87,73875	0,2475	2,37
4	88,21	86,82	87,18	87,45	87,82	87,84	88,58	88,06	87,745	0,00625	1,76
5	88,04	87,35	87,51	87,4	87,04	86,8	88,13	88,82	87,63625	0,10875	2,02
6	88,37	86,61	87,68	87,6	87,5	87,98	88,43	88,85	87,8775	0,24125	2,24
7	88,14	88,35	87,32	86,57	87,45	87,81	87,9	87,63	87,64625	0,23125	1,78
8	88,33	87,45	87,65	86,47	87,38	86,26	87,26	88,53	87,41625	0,23	2,27
9	87,64	87,23	85,64	86,83	87,14	86,63	87,57	89,1	87,2225	0,19375	3,46
10	87,9	87,96	86,16	87,27	87,07	87,18	88,34	89,19	87,63375	0,41125	3,03
11	87,2	87,83	86,72	87	87,56	87,87	88,4	87,32	87,4875	0,14625	1,68
12	86,92	87,77	87,31	86,68	87,33	87,39	87,86	87,79	87,38125	0,10625	1,18
13	87,52	88,46	86,21	85,84	86,79	87,63	87,64	86,7	87,09875	0,2825	2,62
14	85	86,18	86,14	86,68	85,94	86,14	88,35	88,26	86,58625	0,5125	3,35
15	88,86	89,39	88,81	90,3	87,68	88,84	89,53	89,41	89,1025	<b>2,51625</b>	2,62
16	<b>91,62</b>	90,47	90,88	90,55	88,55	89,53	<b>91,6</b>	91,16	90,545	<b>1,4425</b>	3,07
17	<b>91,92</b>	91,18	90,84	90,36	88,55	90,26	90,39	90	90,4375	0,1075	3,37
18	89,3	89,12	89,87	88,82	87,9	89,62	90,64	91,2	89,55875	0,87875	3,3
19	88,6	90,93	89	87,94	89,53	88,76	88,8	90,84	89,3	0,25875	2,99
20	88,62	87,86	88,7	88,85	87,41	89,61	89,23	89,16	88,68	0,62	2,2
21	86,9	88,93	89,26	89,12	86,3	87,45	89,76	88,81	88,31625	0,36375	3,46
22	88,9	87,7	87,5	85,78	87	88,8	89,58	89,44	88,0875	0,22875	3,8
23	88,1	88,58	88,17	88,22	88,07	88,53	89,81	89,18	88,5825	0,495	1,74
24	86,94	86,58	86,41	88,62	86,71	88,09	88,31	88,02	87,46	1,1225	2,21
25	87,95	88,74	87,55	88,3	87,47	88,94	89,67	89,8	88,5525	1,0925	2,33
26	87,59	87,76	87,71	87,85	87,81	87,88	89,71	89,12	88,17875	0,37375	2,12
27	87,86	87,68	87,2	88	86,64	87,94	89,71	88,13	87,895	0,28375	3,07
Média	87,49231	87,44846	86,94308	86,95538	87,13	87,29846	88,07692	88,32385	87,45856	-	2,571852
	87,74857	87,99571	87,68571	87,98429	87,14286	88,23286	89,50714	88,92857	88,15321	-	

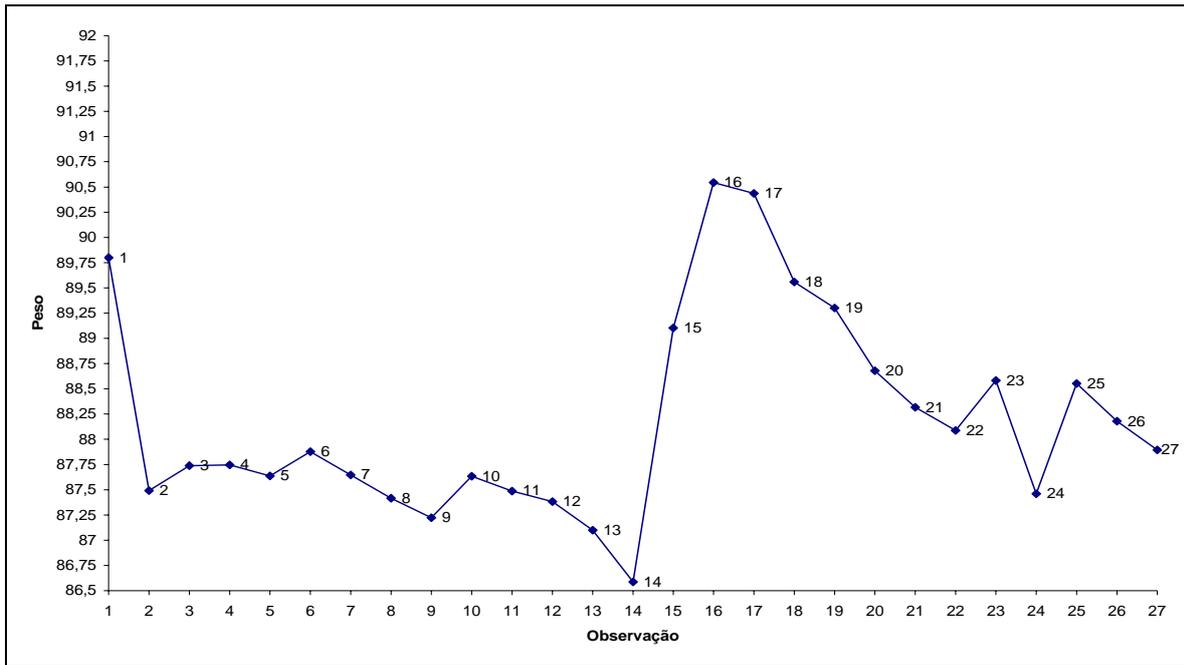


Figura 68 – Série temporal do nível-base