

Controlo Estatístico de Processos: Reamostragem em Planos de Aceitação e Cartas de Controlo

Fernanda Figueiredo¹

¹Faculdade de Economia da Universidade do Porto, e CEAUL, Universidade de Lisboa, otilia@fep.up.pt.

Sumário

Os planos de amostragem e as cartas de controlo são as ferramentas mais utilizadas em controlo estatístico da qualidade para decidir sobre a aceitação ou rejeição de lotes de matéria-prima ou de produto final, e monitorizar processos produtivos ou de serviços, respetivamente. Na literatura podemos encontrar diferentes tipos de planos de amostragem e de cartas de controlo, com aplicações nas mais diversas áreas, e bastante eficientes caso os pressupostos subjacentes à sua implementação não sejam violados. No entanto, quando trabalhamos com problemas reais os dados que temos de analisar dificilmente cumprem os pressupostos necessários para garantir a eficiência esperada para estes procedimentos, e a utilização de técnicas de reamostragem como o *bootstrap* poderão ajudar a contornar algumas dificuldades que surgem na sua implementação.

Palavras-chave: *Bootstrap*, Cartas de controlo, Controlo Estatístico da Qualidade, Planos de amostragem, Simulação de Monte Carlo.

Introdução

Os planos de amostragem para atributos, onde cada item para inspeção é classificado apenas em defeituoso ou não defeituoso, são os mais usuais, mas em muitas situações práticas temos de considerar planos de amostragem para variáveis, nos quais as características de qualidade são medidas em escala numérica (veja-se, por exemplo, Montgomery, 2009 e Gomes *et al.*, 2010). Em geral, um plano para variáveis requer a recolha de amostras de dimensão menor do que um plano para atributos face a um mesmo nível de proteção, mas os custos unitários de amostragem são em geral mais elevados. Mas a principal desvantagem dos planos para variáveis reside no facto da distribuição da característica de qualidade ter de ser conhecida, ou então estimada. Nos casos mais frequentes, admitimos que a característica de qualidade em estudo é Gaussiana, mas na prática podemos ter outros modelos conhecidos ou desconhecidos, para os quais a avaliação analítica dos planos de amostragem é difícil ou mesmo impossível. Note-se ainda que muitas vezes em contexto real apenas temos acesso a medições da característica de qualidade associadas a um conjunto histórico de itens previamente inspecionados, sendo usualmente difícil modelar esses dados. Como podemos então avaliar e comparar o desempenho de planos de amostragem específicos?

As cartas de controlo foram introduzidas por Shewhart em 1924 para monitorizar um processo de produção, mas atualmente o seu domínio de aplicação tem sido alargado a diversas áreas, incluindo os serviços. Para a implementação de uma carta de controlo os valores nominais do processo precisam de ser conhecidos, ou então necessitam de ser estimados. Na prática, a distribuição dos dados do processo e os seus parâmetros são em geral desconhecidos, sendo estimados a partir de uma amostra de referência constituída por m subgrupos de dimensão n . O desempenho da carta de controlo implementada com limites estimados só será semelhante ao

da carta correspondente implementada com limites exatos se considerarmos um elevado número de subgrupos iniciais na estimação (veja-se, por exemplo, Jensen *et al*, 2006, Chen, 1997, e Castagliola & Figueiredo, 2013), o que é uma limitação do ponto de vista prático.

Metodologia e Resultados

Na indústria alimentar é muito importante controlar a presença de certas substâncias químicas na matéria-prima, que irão afetar a qualidade do produto final. A partir de um conjunto de dados relativos a medições efetuadas em amostras de material retirado de lotes de dimensão elevada, comparamos diferentes planos de amostragem utilizando a metodologia *bootstrap* (Efron & Tibshirani, 1993) e simulações de Monte Carlo (Figueiredo *et al.*, 2014). Num contexto de cartas de controlo, analisamos o desempenho de uma carta de médias implementada com limites estimados, e apresentamos os benefícios de utilizar a metodologia *bootstrap* para obter uma amostra de referência maior para a estimação dos valores nominais do processo (Figueiredo & Gomes, 2015).

Conclusão

Os casos analisados mostram que a utilização da metodologia *bootstrap* permite a avaliação de planos de amostragem complexos, mesmo no caso em que a taxa de amostragem é excessivamente reduzida e a característica de qualidade é difícil de modelar. Esta metodologia fornece também alguns contributos para a implementação de cartas de controlo com limites estimados, quando dispomos apenas de uma amostra de referência de dimensão reduzida para a estimação desses limites.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projecto PEst-OE/MAT/UI0006/2014.

Referências

- CASTAGLIOLA, P. & FIGUEIREDO, F. (2013) The median chart with estimated parameters. *European Journal of Industrial Engineering*, 7:5, 594-614.
- CHEN, G. (1997) The mean and standard deviation of the run length distribution of \bar{X} charts when control limits are estimated. *Statistica Sinica*, 7:3, 789-798.
- EFRON, B. & TIBSHIRANI, R. J. (1993) *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall.
- FIGUEIREDO, F., FIGUEIREDO, A. & GOMES, M. I. (2014) Comparison of sampling plans by variables using bootstrap and Monte Carlo simulations. *International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering 2014, AIP Conference Proceedings* 1618, 535-538.
- FIGUEIREDO, F. & GOMES, M. I. (2015) *Control charts implemented on the basis of a bootstrap reference sample*. SMTDA Book 2 of selected papers (aceite para publicação).
- GOMES, M. I., FIGUEIREDO, F. & BARÃO, M. I. (2010) *Controlo Estatístico da Qualidade*, 2ª edição, Edições I.N.E.
- JENSEN, W. A., JONES-FARMER, L. A., CHAMP, C. H. & WOODALL, W. H. (2006) Effects of Parameter Estimation on Control Chart Properties: A Literature Review. *Journal of Quality Technology*, 38:4, 349-364.
- MONTGOMERY, D. C. (2009) *Introduction to Statistical Quality Control: a Modern Introduction*, 6th edition, John Wiley & Sons.