

**CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS DE CONTROLE PARA MEDIDAS INDIVIDUAIS E
AMPLITUDES MÓVEIS NO SOFTWARE R**

RAFAEL LEMOS BASTOS¹, ERIC BATISTA FERREIRA², DENISMAR ALVES NOGUEIRA²

RESUMO

Com o crescente desenvolvimento tecnológico, o computador se tornou uma ferramenta importantíssima na Estatística sendo que, recentemente, grandes quantidades de informação podem ser analisadas rapidamente por meio de programas adequados. Um destes, é o software R, um programa livre e gratuito que conta com uma enorme quantidade de funções. Neste trabalho, a função *qcc* (do pacote de mesmo nome) é utilizada em associação com rotinas propostas na construção dos gráficos de controle de Shewhart para X (medidas individuais) e Rm (amplitudes móveis). Esse par de cartas de controle é ilustrado com um exemplo real, utilizando dados de crioscopia de leite pasteurizado de uma indústria de laticínios.

Palavras-chaves: Amplitude móvel, média móvel, software R, função *qcc*().

INTRODUÇÃO

Uma das principais ferramentas de monitoramento no Controle Estatístico de Processo (CEP) são as Cartas de Shewhart (Borges, 2009), também conhecidas como Cartas de Controle, que são capazes de acompanhar a variabilidade e avaliar a estabilidade de um processo. Com elas é possível, portanto, detectar se um processo está sob controle estatístico, identificando-se a ocorrência de padrões de não-aleatoriedade.

A carta de controle possui três linhas paralelas: uma linha central (LC) e duas linhas externas, denominadas limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC). Tal carta contém valores da variável de interesse (uma característica do processo) grafados sequencialmente ao longo do tempo, que representam o estado atual do processo.

As cartas são geralmente utilizadas aos pares, sendo uma carta para uma medida de posição e outra para uma medida de variabilidade, por exemplo: $\bar{X} - R$ (média-amplitude), $\bar{X} - S$ (média-desvio padrão), $X - Rm$ (medida individual-amplitude móvel), etc.

Quando a amostra coletada do processo for composta de n dados coletados em n tempos, ou seja, uma observação por tempo, os pares de cartas utilizados devem ser: $X - Rm$ (medida individual-amplitude móvel) ou $\bar{X}m - Rm$ (média móvel-amplitude móvel).

De acordo com Montgomery (2009), a carta para amplitudes móveis é aconselhada para medir a variabilidade quando a medida de posição for expressa na carta X.

A função *qcc* é componente do pacote *quality control chart* (Scrucca, 2004), do software R (R Development Core Team, 2009), que é um projeto colaborativo entre muitos pesquisadores renomados. Essa função permite a construção das cartas de controle, exibindo os pontos médios observados e as linhas de controle, ao longo dos subgrupos racionais.

A função *qcc* dispõe somente da carta X, não havendo opção para o usuário que desejar construir os pares supracitados. Portanto, é objetivo deste trabalho propor uma rotina de construção da carta de amplitudes móveis.

¹ Graduando em Matemática, Unifal-MG. Email: iel2702@yahoo.com.br.

² Instituto de Ciências Exatas (ICEEx), Unifal-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi feita uma revisão de literatura sobre o Controle Estatístico de Processo por meio de livros clássicos e básicos sobre o assunto, artigos científicos que versam sobre o assunto de maneira condizente com os propósitos desse trabalho.

As rotinas propostas foram programada em linguagem R, no software estatístico R.

Para ilustrar a construção do par de cartas $\bar{X} - Rm$, foi utilizada uma massa de dados referentes a 94 observações de crioscopia (temperatura de congelamento) de leite pasteurizado, produzido por uma indústria de laticínios de Minas Gerais. As observações referem-se a 94 dias de acompanhamento do processo produtivo (uma observação por dia).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

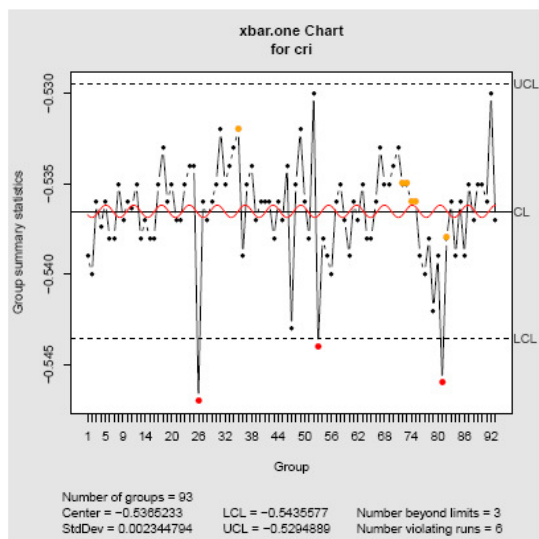
Dentre 18 textos brasileiros pesquisados (dentre artigos, resumos em anais de congressos e dissertações) que apresentaram (Magalhães & Cymrot, 2007; Henning & Junior, 2006) ou não (Buttrey, 2009; Souza & Rigão, 2005) os softwares utilizados na construção dos gráficos de controle, o software R é o terceiro mais usado, e como é um software livre e recente, com o decorrer do tempo seu uso cresça ainda mais.

Por meio de massas de dados reais de crioscopia de leite pasteurizado foram construídos as cartas de controle para medidas individuais e amplitudes móveis, sendo a primeira feita via função *qcc* e a segunda com comandos propostos.

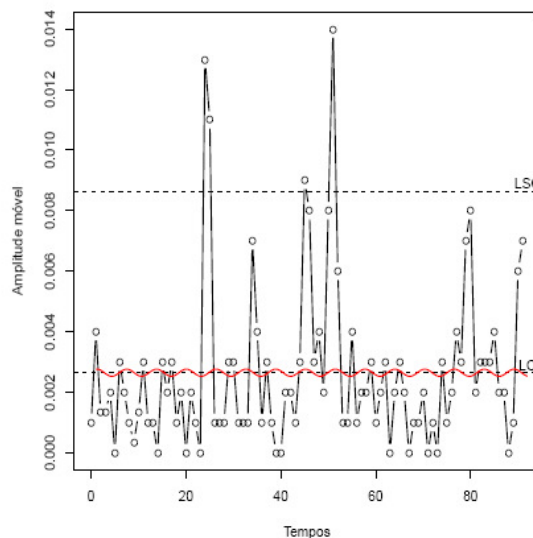
A rotina de análise utilizada na construção dos gráficos de controle \bar{X} e Rm foi a seguinte:

```
#Leitura dos dados
dados<-read.table('dados.txt',h=F)
#Utilizando a função qcc() para construir o gráfico de medidas individuais
qcc(dados, type='xbar.one')
#Criação de um vetor com valores de 1 a 91
x=1:91
#Plotando os dados em um gráfico
plot(x,dados)
#Criação de um vetor numerico vazio
am<-numeric(0)
#Cálculo das amplitudes móveis
for(i in 1:90) am<-c(am, abs(dados[i+1]-dados[i]))
#Criação do gráfico da amplitude móvel
plot(1:90, am, 'b', xlab='Tempos', ylab='Amplitude móvel')
#Cálculo do linha central
LC=mean(am)
LC
#Plotando a linha central
abline(h=0.07, lty=2)
#Cálculo do limite superior de controle
LSC=3.268*LC
LSC
#Plotando o limite superior de controle
abline(h=0.22876, lty=2)
```

Por meio dessa rotina foram gerados os gráficos apresentados na Figura 1, sendo (a) o gráfico para medidas individuais (\bar{X}) e (b) o gráfico para amplitudes móveis (Rm).



(a)



(b)

Figura 1. (a) Gráfico de controle para medidas individuais e (b) para amplitudes móveis de crioscopia de leite pasteurizado.

Pode-se notar pelo gráfico da Figura 1(a) que a função *qcc* assinala a ocorrência de padrões de não aleatoriedade (por meio de pontos cheios de diferentes cores). Já no gráfico gerado pela rotina proposta, notam-se facilmente apenas aqueles pontos que extrapolam os limites de controle. Portanto, tal rotina também pode ser incrementada para assinalar outros padrões de não aleatoriedade.

CONCLUSÃO

É possível elaborar rotinas simples em código R para construir pares de cartas do tipo X-Rm, complementando as funções já disponíveis no pacote *qcc*. Tais rotinas podem ser incrementadas para facilitar a interpretação por parte do usuário.

AGRADECIMENTOS

À Unifal-MG e ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica pelo PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica).

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Borges, R. C. **Estudo de testes de estabilidade de processo em gráficos de controle de Shewhart..** Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 144 p. 2009.

Buttrey, S. E. **An Excel Add-In for Statistical Process Control Charts.** Journal of Statistical Software published by the American Statistical Association. Volume 30. Issue 13. Naval Postgraduate Scholl, Monterey-USA. P.1-12. 2009.

Henning, E.; Junior, V. V. da S. **Controle Estatístico de Processo com o R.** Tutorial CEP, UFSC/UEDESC. P.1-19. 2006.

Magalhães, R. R.; Cymrot, R. Técnicas alternativas de monitoramento e controle estatístico de processo aos gráficos de controle de Shewhart. **Anais: III Jornada de Iniciação Científica (JNIC).** Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). P. 1-26. 2007.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Montgomery, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 4aed. 513 p. 2009.

R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2009.

Scrucca, L. **qcc: an R package for quality control charting and statistical process control**. R News 4/1, 11-17. 2004.

Souza, A. M.; Rigão, M. H. **Identificação de variáveis fora de controle em processos produtivos multivariados**. Revista Produção, v. 15, n. 1. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). p. 74-86, Jan./Abr. 2005.