

Análise do Artigo: “O uso do gráfico de controle \bar{X} e R no monitoramento do volume de envase de refrigerante”

André Felipe B. Menezes

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Estatística

7 de Maio de 2018

Organização

- 1 Introdução
- 2 Coleta dos dados
- 3 Gráficos de controle
- 4 Recursos computacionais
- 5 Resultados
- 6 Conclusões

Introdução

Objetivo do trabalho

Realizar uma análise do artigo de Kappel e Rodrigues (2008) intitulado “O uso do gráfico de controle \bar{X} e R no monitoramento do volume de envase de refrigerante” publicado em 2008 na revista *FAMAT em revista*.

Introdução

Motivação e Objetivo do artigo

- ▶ O acompanhamento do volume de refrigerante no processo de envase é fundamental para evitar perdas por excesso, bem como apresentar volumes abaixo do nominal
- ▶ Empregar técnicas de controle de qualidade para monitorar o processo de produção de refrigerantes da Indústria de Refrigerante Ltda (IRL) no que tange o volume de envase nas embalagens PET de 2 litros.

Introdução

Causas de variação

Em um processo de produção as amostras (características) estão suscetíveis a:

- ▶ Causas inerentes (naturais) de variabilidade
- ▶ Causas atribuíveis (conhecidas) de variabilidade

Obs: Um processo que está operando apenas devido ao acaso é dito estar em controle estatístico.

Coleta dos dados

Especificações

- ▶ Os dados foram cedidos pela Indústria de Refrigerantes Ltda (IRL) de Uberaba-MG.
- ▶ A característica de interesse foi o volume de envase de refrigerantes em garrafas PET de 2 litros, obtida por uma máquina envasadora.

Coleta dos dados

Fases

- ▶ **Fase I:** Determina-se os parâmetros do processo (μ, σ) e os limites de controle (UCL, LCL). Necessário que o processo esteja operando apenas devido ao acaso.
- ▶ **Fase II:** Monitoramento do processo, comparando as estatísticas amostrais (média, amplitude e desvio-padrão) com o limites de controle estabelecidos na fase I.

Coleta dos dados

No artigo

- ▶ **Fase I:** Foram coletadas $m = 20$ amostras de tamanho $n = 5$ com intervalos de $t = 15$ minutos entre cada amostra.
- ▶ **Fase II:** Foram coletadas $m = 15$ amostras de tamanho $n = 5$ com intervalos de $t = 15$ minutos entre cada amostra.

Gráficos de controle

Suposição

Assumindo que uma característica de qualidade X tem distribuição Normal com média μ e desvio padrão σ , em que ambos μ e σ são conhecidos. Seja x_1, \dots, x_n uma amostra aleatória de tamanho n da variável X , então a média amostral

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

também tem distribuição Normal com média μ e desvio padrão $\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}$.

Gráficos de controle

Suposição

A amplitude amostral é a diferença entre o maior e menor valor observado, isto é, $R_i = x_{\max_i} - x_{\min_i}$, $i = 1, \dots, m$. Logo, o valor médio das amplitudes é dado por

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i \quad (2)$$

Gráficos de controle

Gráfico de controle para \bar{X}

Os limites de controle para o gráfico \bar{X} podem ser obtido por dois métodos. Os autores utilizam o método 3- σ , portanto os limites superior e inferior são definidos, respectivamente, por

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{\bar{x}} + 3 \frac{S_d}{\sqrt{n}} \\ \text{LCL} &= \bar{\bar{x}} - 3 \frac{S_d}{\sqrt{n}} \end{aligned} \quad (3)$$

sendo que

$$S_d = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4)$$

em que \bar{R} foi definido em (2) e d_2 uma constante que depende do tamanho amostral.

Gráficos de controle

Gráfico de controle para \bar{R}

A variabilidade do processo foi monitorada utilizando as amplitudes amostrais. Segundo Montgomery (2013) os limites superior e inferior para o gráfico \bar{R} , são definidos, respectivamente, por

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= D_4 \bar{R} \\ \text{LCL} &= D_3 \bar{R} \end{aligned} \tag{5}$$

em que D_3 e D_4 são constantes dependentes dos tamanhos amostra e estão tabuladas no Apêndice VI livro de Montgomery (2013).

Recursos computacionais

- ▶ Os autores conduzem as análise utilizando software Minitab.
- ▶ Neste trabalho funções foram implementadas no ambiente estatístico R, versão 3.4.3.
- ▶ Biblioteca `ggplot2` foi empregada para construção dos gráficos de controle.

Resultados

- Avaliação da normalidade

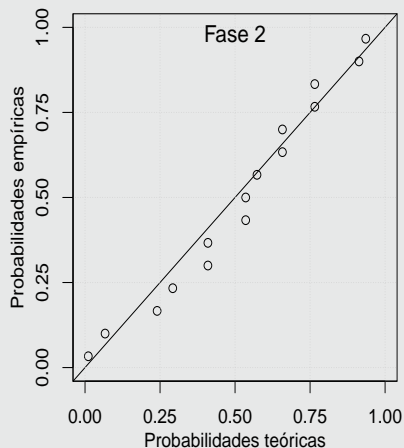
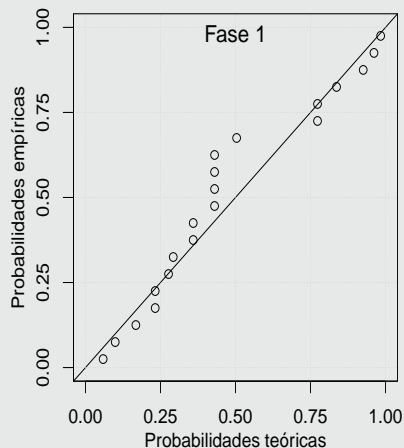
Estatísticas (valor- p) dos testes de aderência de acordo com a fase.

Teste	Fase I	Fase II
SW	0.9345 (0.1881)	0.9521 (0.5580)
KS	0.2198 (0.2887)	0.1429 (0.9195)
CvM	0.1224 (0.4893)	0.0497 (0.8851)
AD	0.6154 (0.6314)	0.3168 (0.9240)

Resultados

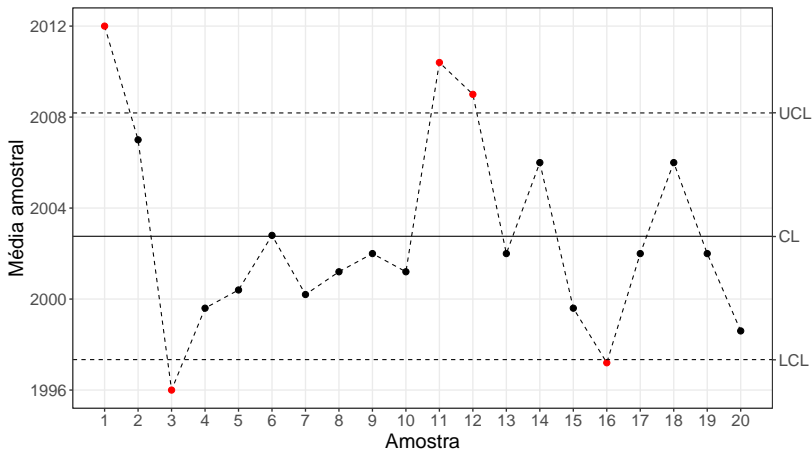
- Avaliação da normalidade

PP-Plots



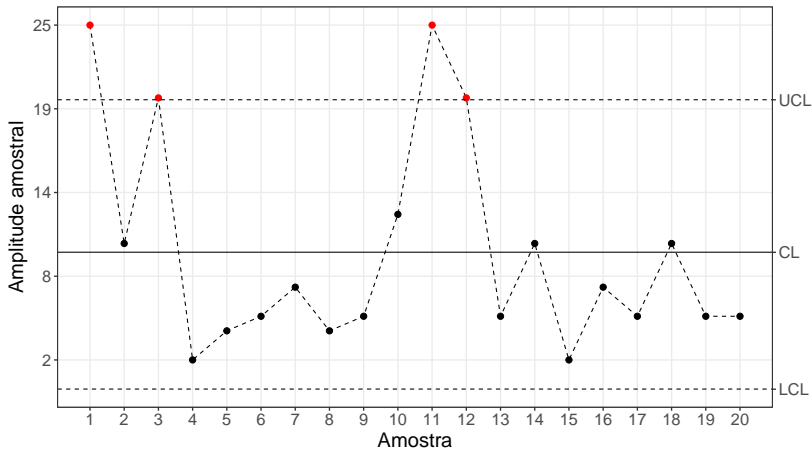
Resultados

- Gráficos de controle \bar{X} , fase I.



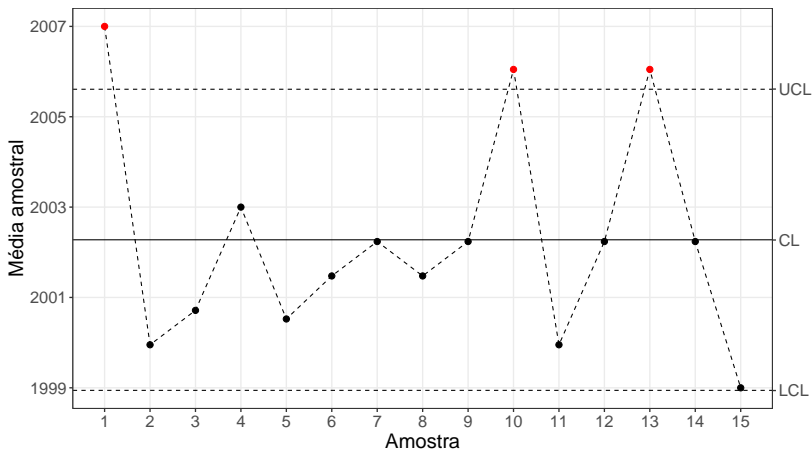
Resultados

- Gráficos de controle R , fase I.



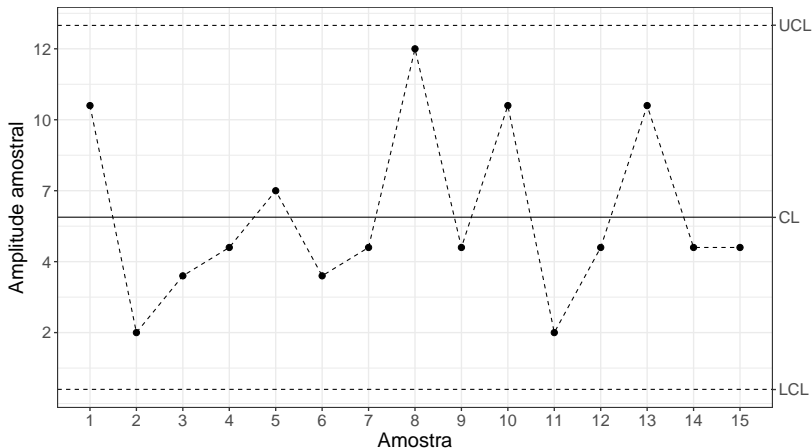
Resultados

- Gráficos de controle \bar{X} , fase I após a eliminação.



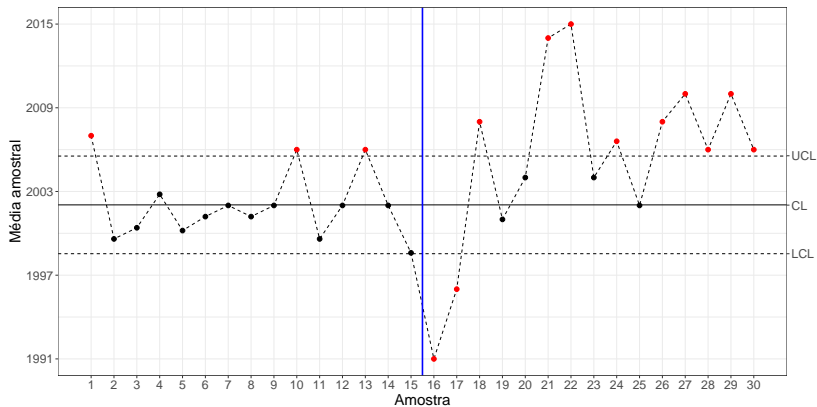
Resultados

- Gráficos de controle R , fase I após a eliminação.



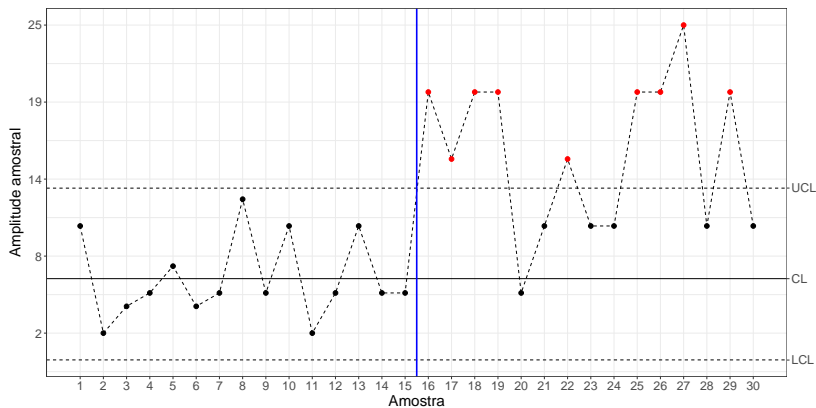
Resultados

- Gráficos de controle \bar{X} , fase II.



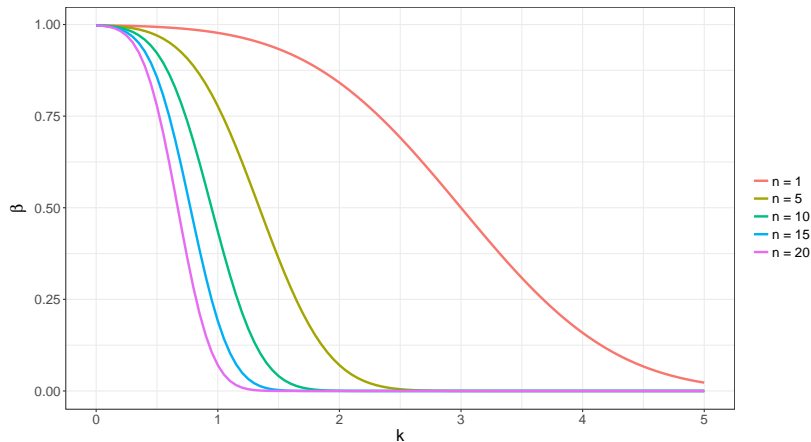
Resultados

- Gráficos de controle R , fase II.



Resultados

- Curva característica de operação



Conclusões

- ▶ Tendo em vista as amostras obtidas na fase 1 não foi possível garantir que o processo estava em controle, portanto os limites obtidos não são confiáveis;
- ▶ Das 15 amostras coletadas para a fase 2, de monitoramento, 10 estiveram fora do limite de controle, no entanto os autores não souberam explicar o motivo.

Referências

[1] KAPPEL, M. A.; RODRIGUES, A. A. A. **O uso do gráfico de controle \bar{X} e R no monitoramento do volume de envase de refrigerante.** FAMAT em Revista, n. 10, p. 21–32, 2008..

[2] MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** Seventh Edition. John Wiley & Sons, Inc, 2013.

[3] R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

[4] SCRUCCA, L. **qcc: An R package for quality control charting and statistical process control.** R News, v. 4/1, p. 11–17, 2004. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.