



SPOLM 2008

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2008.

## GRÁFICOS DE CONTROLE PARA CASOS DE CRIANÇAS VÍTIMAS DE CRIMES NO MUNICÍPIO DE BELÉM

**Jaciane do Carmo Ribeiro**

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 01 - Campus Universitário do Guamá

CEP 66075-110 Belém-Pará-Brasil

[jacianedocarmo@gmail.com](mailto:jacianedocarmo@gmail.com)

**Fábio José Hipólito Ferreira**

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 01 - Campus Universitário do Guamá

CEP 66075-110 Belém-Pará-Brasil

[paraofabio@gmail.com](mailto:paraofabio@gmail.com)

**Edson Marcos Leal Soares Ramos**

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 01 - Campus Universitário do Guamá

CEP 66075-110 Belém-Pará-Brasil

[edson@ufpa.br](mailto:edson@ufpa.br)

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar estatisticamente os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007. Para isso, utilizam-se os gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais (amplitudes móveis e observações individuais) e o gráfico de controle de Somas Acumuladas Tabular (CUSUM Tabular), o qual tem como característica detectar pequenas variações na variável em estudo. A partir dos resultados, verifica-se que os gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais não detectaram nenhuma variação na variável estudada, porém, quando se utiliza o gráfico de controle CUSUM Tabular, observa-se um aumento nos casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém desde março de 2006 até dezembro de 2007.

**Palavras-Chaves:** Gráficos de Controle de Shewhart; Gráfico de Controle CUSUM Tabular; Crianças Vítimas.

### Abstract

The objective of this work is to make a statistical analysis from the children victims of crime cases occurred in Belém, on the period of january 2003 to december 2007. To do this, was used the Shewhart control charts for individual median (moving range and individual observations) and the tabular cumulative sum control chart (Tabular CUSUM), which has as a feature the detection of small variations in the variable under study. Based in

the results, was verified that the Shewhart control charts for individual measures did not detected variations in the variable under study, although when the Tabular CUSUM control chart is used, is observed a increasing in the children victims of crime cases occurred in Belém since march 2006 to december 2007.

**Keywords:** Shewhart Control Charts; Tabular CUSUM Control Chart; Children Victims;

## 1. INTRODUÇÃO

A Lei Nº 8.069/90, que institui o Estatuto da Criança e do Adolescente (2005), diz em seu Art. 2º: “Considera-se criança, para os efeitos desta Lei, a pessoa até doze anos de idade incompletos e adolescente aquela entre doze e dezoito anos de idade.”, e no Art. 5º, estabelece que “nenhuma criança ou adolescente será objeto de qualquer forma de negligência, discriminação, exploração, violência, crueldade e opressão, punido na forma da lei qualquer atentado, por ação ou omissão, aos seus direitos fundamentais”.

Muitos crimes são praticados contra crianças, crimes como agressões físicas, exploração sexual, principalmente, violência doméstica. Pesquisas realizadas pelo Laboratório de Estudos da Criança (LACRI) da USP mostram que nos anos de 1996 a 2007 foram notificados 159.754 casos de violência doméstica em todo país (MNDH, 2008).

Sabe-se que os gráficos de controle de Shewhart são eficazes em detectar mudanças para  $1,5\sigma$  a  $2\sigma$  ou mais. Entretanto, para mudanças menores, este gráfico não é eficaz. Logo, como o gráfico de controle de soma acumulada combina informações de várias amostras, torna-se muito útil quando é importante detectar pequenas mudanças (Montgomery, 2001).

Neste contexto, este trabalho propõe estudar os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007 utilizando gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais e o gráfico de controle CUSUM Tabular.

## 2. GRÁFICOS DE CONTROLE

Em 1924, Walter Andrew Shewhart apresentou o conceito de gráficos de controle a partir de um memorando técnico nos *laboratórios Bell*. A partir de 1924, os gráficos de controle tornaram-se ferramentas do Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) bastante utilizados para monitorar e manter o controle estatístico dos processos. Ramos *et al.* (2005) comentam que os gráficos de controle são ferramentas muito úteis que identificam se as variações observadas em um processo são devidas a *causas aleatórias*, inerentes ao processo de produção que não podem ser eliminadas do processo, ou devidas a *causas assinaláveis* que necessitam ser identificadas e eliminadas do processo.

Os gráficos de controle apresentam basicamente três linhas, denominadas de linha central (*LC*) que reflete o valor alvo do processo, o limite superior de controle (*LSC*) que está situado acima do valor alvo e o limite inferior de controle (*LIC*) que está situado abaixo do valor alvo. Ribeiro (2007) comenta que após a sua construção, é necessário que o gráfico produzido seja analisado. Assim, um gráfico de controle é analisado da seguinte forma, o processo está sob controle estatístico quando todos os pontos “*plotados*” no gráfico de controle estão entre os limites de controle, portanto apenas *causas aleatórias* estão atuando na variabilidade do processo. Quando pelo menos um ponto encontra-se fora dos limites de controle, diz-se que o processo está fora de controle estatístico, ou seja, *causas assinaláveis* estão atuando no processo.

Os gráficos de controle monitoram a dispersão e o nível do processo. Montgomery (2001) comenta que gráficos para dispersão monitoram a variabilidade dentro da amostra,

enquanto que gráficos para o nível monitoram a variabilidade entre as amostras. Nas aplicações desses gráficos em conjunto, o gráfico para dispersão é construído inicialmente, pois a partir deste gráfico tem-se uma estimativa da variabilidade do processo a qual é usada para a construção do gráfico para o nível. Portanto, essa estimativa só é utilizada quando o processo estiver sob controle em relação à variabilidade.

Os gráficos de controle são definidos a partir de estatísticas e baseiam-se em certas distribuições de probabilidade, principalmente na distribuição normal. Quando se trabalha com gráficos de controle, sempre se supõe que o estado de controle estatístico é caracterizado por um processo que pode ser representado por variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (*i.i.d*), esta suposição implica falta de autocorrelação (Ramos, 2003).

Os gráficos de controle do tipo Shewhart utilizam somente o resultado da amostra atual, por isso são conhecidos como gráficos de controle sem memória. Entretanto, existem os gráficos de controle, por exemplo, os gráficos CUSUM e EWMA (Médias Móveis Ponderadas Exponencialmente), que utilizam o resultado de amostras anteriores e por isso são conhecidos como gráficos de controle com memória.

## 2.1. GRÁFICO DE CONTROLE PARA MEDIDAS INDIVIDUAIS

### 2.1.1. Gráfico de Controle para Amplitude Móvel ou Gráfico $\overline{MR}$

O gráfico de controle para amplitude móvel é utilizado para monitorar e controlar a dispersão de um processo. Sabendo que  $MR_i$  é *i-ésima* amplitude móvel de duas observações consecutivas obtida por

$$MR_i = \text{máximo}\{x_i, x_{i-1}\} - \text{mínimo}\{x_i, x_{i-1}\}, \quad (2.1)$$

para  $i = 2, \dots, n$  e que a média das amplitudes móveis dividida por  $d_2$  ( $\overline{MR}/d_2$ ) é uma boa estimativa da variabilidade do processo. Além disso, que a  $E[MR] = \overline{MR}$  e o  $EP[MR] = d_3\sigma = d_3(\overline{MR}/d_2)$ . Então, a linha central e os limites de controle  $3\sigma$  do gráfico de controle  $\overline{MR}$  são

$$\begin{aligned} LSC &= \overline{MR} + 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ LC &= \overline{MR} \\ LIC &= \overline{MR} - 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

em que  $\overline{MR}$  é a média das amplitudes móveis e as constante  $d_2$  e  $d_3$  são constantes obtidas a partir de Mittag e Rinne (1993).

### 2.1.2. Gráfico de Controle para Observações Individuais ou Gráfico $x$

O gráfico de controle para observações individuais é utilizado para monitorar e controlar o nível de um processo. A linha central e os limites de controle  $3\sigma$  do gráfico de controle  $x$  são

$$\begin{aligned}
LSC &= \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \\
LC &= \bar{x} \\
LIC &= \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}.
\end{aligned} \tag{2.3}$$

## 2.2. GRÁFICO DE CONTROLE CUSUM TABULAR

Ramos (2003) comenta que durante a utilização dos gráficos de controle, um dos problemas que se pode identificar é o baixo poder desses gráficos em detectar pequenas mudanças na característica da qualidade monitorada. Para esse problema, uma alternativa é a utilização dos gráficos de controle de Soma Acumulada (*Cumulative Sum Control Charts - CUSUM*) e EWMA que possuem alta probabilidade de detectar pequenas mudanças.

Segundo Bravo (1995), o gráfico de controle de Somas Acumuladas indica rapidamente a ocorrência de pequenas mudanças em um processo. Além disso, comenta que o gráfico de controle de Somas Acumuladas não está restrito a controle estatístico de processos, podem ser usados para monitorar, por exemplo, o consumo de combustível em veículos de transporte, a resposta de pacientes a um tratamento, o desempenho de um sistema de previsão.

Os gráficos CUSUM propostos por Page (1954) têm como principal característica, detectar pequenas mudanças na distribuição da característica da qualidade e são aplicados tanto para observações individuais ( $n = 1$ ) quanto para as médias das observações amostrais.

No gráfico CUSUM, à medida que as amostras são retiradas, os desvios de  $X_i$  em relação ao valor-alvo  $\mu_0$  são acumulados, gerando a soma acumulada  $C_i$ , para o  $i$ -ésimo período, dada por

$$C_i = \sum_{j=1}^i (X_j - \mu_0) = (X_i - \mu_0) + C_{i-1}. \tag{2.4}$$

Os gráficos CUSUM não são considerados gráficos de controle, por não apresentarem os limites de controle, mas é representado pelo gráfico de controle CUSUM Tabular.

Dentre as várias maneiras de representar os CUSUM's, destaca-se o gráfico de controle CUSUM Tabular que supõe que os dados coletados seguem distribuição normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ . O gráfico de controle CUSUM Tabular utiliza as estatísticas  $C_i^+$  (detecta mudanças positivas) e  $C_i^-$  (detecta mudanças negativas) denominadas de CUSUM's unilaterais superior e inferior, respectivamente, e ambas são calculadas a partir das Equações 2.5 e 2.6.

$$C_i^+ = \max[0, X_i - (\mu_0 + K) + C_{i-1}^+] \tag{2.5}$$

e

$$C_i^- = \max[0, (\mu_0 - K) - X_i + C_{i-1}^-], \tag{2.6}$$

em que os valores iniciais  $C_0^+$  e  $C_0^-$  são iguais a zero;  $X_i$  é a  $i$ -ésima observação amostral;  $\mu_0$  é o valor da média e  $K = |\mu_1 - \mu_0|/2$  está relacionado à magnitude de mudança que se deseja detectar com o gráfico de controle de CUSUM.

Além disso, observa-se que  $C_i^+$  e  $C_i^-$  acumulam desvios em relação a  $\mu_0$  e são igualados à zero quando se tornam negativos. O intervalo de decisão ou limite de controle utilizado no gráfico de controle CUSUM Tabular é  $H$ . Se o valor de  $C_i^+$  ou  $C_i^-$  exceder esse intervalo, pode-se dizer que o processo encontra-se fora de controle estatístico, logo é preciso encontrar as causas *assinaláveis* que levaram o processo a tal estado e estimar seu valor médio

para que possa fazer o ajuste adequado (Alves, 2003). Geralmente, utiliza-se um valor para  $H$  igual a cinco vezes o desvio padrão do processo ( $H = 5\sigma$ ).

Finalmente, no gráfico de controle CUSUM Tabular, existem os contadores denominados  $N_i^+$  e  $N_i^-$  que indicam o número de períodos consecutivos em que os CUSUM's  $C_i^+$  e  $C_i^-$  assumem o valor diferente de zero. Costa *et al.* (2004) afirmam que esses indicadores são muito úteis para indicar o momento em que a média do processo alterou e isso é importante para auxiliar no diagnóstico dessa alteração. Para determinar o momento estimado da mudança, basta subtrair  $N_i^+$  ou  $N_i^-$  do número da observação que sinalizou um estado fora de controle estatístico.

### 3. APLICAÇÃO

#### 3.1. ANÁLISES DOS CASOS DE CRIANÇAS VÍTIMAS DE CRIMES NO MUNICÍPIO DE BELÉM

Os dados referem-se aos casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007.

Satisfeitas as suposições de normalidade, independência e falta de autocorrelação para a aplicação dos gráficos de controle, construiu-se os gráficos de controle para medidas individuais. Primeiramente, construiu-se o gráfico de controle para amplitudes móveis que monitora a dispersão de um processo, pois a partir dele tem-se a estimativa para o nível.

A Figura 1 apresenta o gráfico de controle para amplitudes móveis ou gráfico de controle  $\overline{MR}$  para os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007. Nela, observa-se que em todos os meses os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém estão entre os limites controle ( $LIC = 0$  e  $LSC = 32,45$ ), além disso, não se observa nenhum padrão não aleatório. Portanto, pode-se concluir que os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007, estão sob controle estatístico em relação à variabilidade.

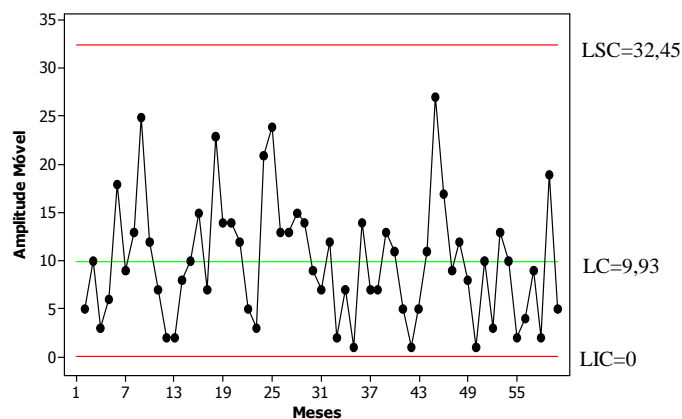


Figura 1: Gráfico de Controle  $\overline{MR}$  para os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007.

Ao construir o gráfico para a dispersão e verificar os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007 estão sob controle estatístico, construiu-se então o gráfico de controle para observações individuais ou gráfico de controle  $\bar{x}$  que monitora o nível.

A Figura 2 apresenta o gráfico de controle para observações individuais ou gráfico  $\bar{x}$  para os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de

2003 a dezembro de 2007. Nela, observa-se que todas as observações estão entre os limites de controle ( $LSC = 70,33$  e  $LIC = 17,50$ ), além disso, não se observa nenhum padrão não aleatório. Dessa maneira, pode-se concluir que os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007, estão sob controle estatístico em relação ao nível.

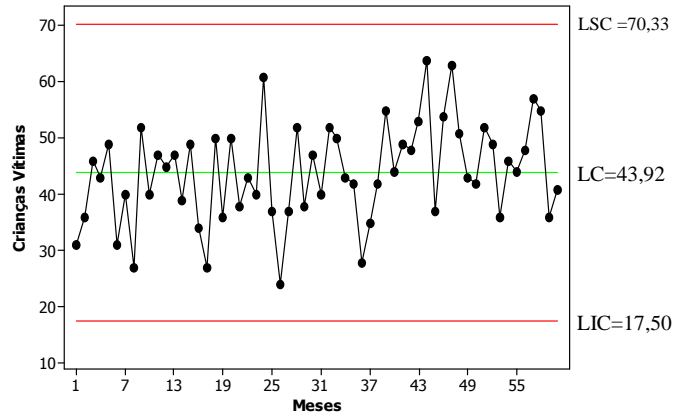


Figura 2: Gráfico de Controle  $\bar{x}$  para os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007.

E finalmente, a Figura 3 apresenta o Gráfico de Controle CUSUM Tabular com as estatísticas CUSUM Superior ( $C_i^+$ ) e CUSUM Inferior ( $C_i^-$ ) para os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007. Nela, verifica-se que com relação aos valores  $C_i^+$ , a observação referente ao mês de agosto de 2006 (observação 44), encontra-se fora de controle estatístico com valor superior ao limite superior de controle ( $LSC = 43,98$ ), com  $N_i^+ = 6$  ( $44 - 6 = 38$ ), que indica um crescimento de casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém desde março de 2006. Observa-se, ainda, que esse crescimento ocorre até o mês de dezembro de 2007. Com relação aos valores do CUSUM Inferior ( $C_i^-$ ), a observação referente ao mês de maio de 2004 (observação 17), também, encontra-se fora de controle estatístico com valor superior ao limite superior de controle, com  $N_i^- = 17$  ( $17 - 17 = 0$ ), que indica uma redução de casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém desde janeiro de 2003. Essa redução ocorre até o mês de fevereiro de 2006.

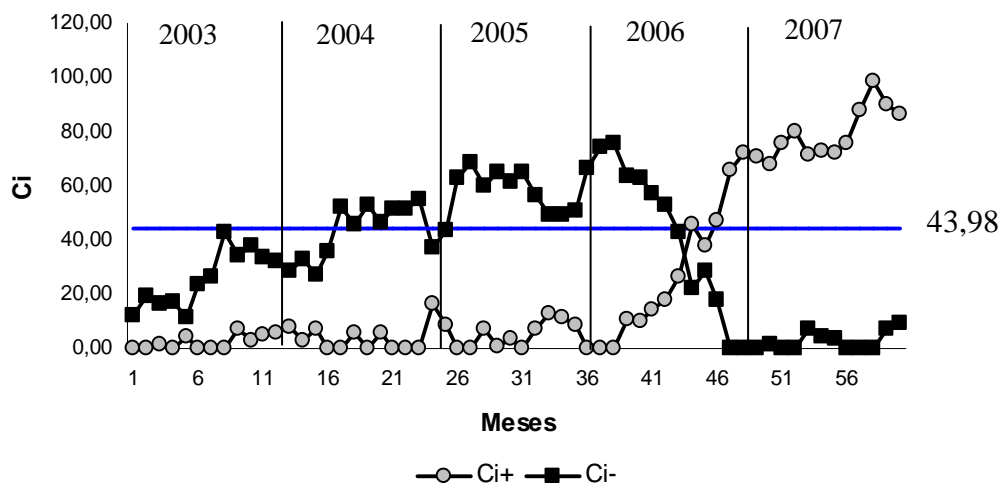


Figura 3: Gráfico de Controle CUSUM Tabular para os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar estatisticamente os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2007, utilizando gráficos de controle para medidas individuais e o gráfico de controle CUSUM Tabular, o qual é capaz de detectar pequenas variações na variável em análise. Para isso, apresentou-se noções gerais dos gráficos de controle, comentou-se ainda o quão é eficiente os gráficos CUSUM quando é importante detectar pequenas variações na característica da qualidade monitorada. E finalmente, verificou-se que utilizando os gráficos de controle para medidas individuais, os casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém no período analisado estão sob controle estatístico. Entretanto, a partir do gráfico de controle CUSUM Tabular, observou-se um aumento nos casos de crianças vítimas de crimes no município de Belém nos meses de março de 2006 a dezembro de 2007 e uma diminuição desses casos no período de janeiro de 2003 a fevereiro de 2006.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVES, Custódio C. *Gráficos de Controle CUSUM: um enfoque dinâmico para a análise estatística de processos*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.
- [2] BRASIL. *Estatuto da Criança e do Adolescente*. São Paulo: Saraiva, 2005.
- [3] BRAVO, P. C. *Controle Estatístico da Qualidade*, In: 40ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS) e 6º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônoma (SEAGRO), Ribeirão Preto – São Paulo, 18- 21/07/1995. Anais da 40ª RBRAS e 6º SEAGRO, UNESP - Faculdade de ciências agrárias, Ribeirão Preto, 1995.
- [4] COSTA, F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. *Controle Estatístico de Qualidade*, São Paulo: Atlas, 2004.
- [5] MITTAG, H. J.; RINNE, H. *Statistical Methods of Quality Assurance*, London: Chapman & Hall, 1993.
- [6] MNDH - Movimento Nacional de Direitos Humanos. Disponível em: <[http://www.mndh.org.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=492&Itemid=56](http://www.mndh.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=492&Itemid=56)>. Acessado em Abril de 2008.
- [7] MONTGOMERY, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*, New York: John Wiley e Sons, 4<sup>th</sup>. ed., 2001.
- [8] PAGE, E. S. *Continuous Inspection Schemes*, *Biometrika*, v. 41, p. 100-115, 1954.
- [9] RAMOS, E. M. L. S. *Aperfeiçoamento e Desenvolvimento de Ferramentas do Controle Estatístico da Qualidade - Utilizando Quartis para Estimar o Desvio Padrão*. (2003).

Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

- [10] RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. dos S.; KONRATH, A. C.; RIBEIRO, J. do C e MARTINS, F. *Curvas características de operação para o Gráfico de Controle da Média - Utilizando um Estimador Baseado nos Quartis para Estimar o Desvio Padrão*. Santa Cruz do Sul: Tecno-lógica, v. 9, n. 2, p. 41-53, 2005.
- [11] RIBEIRO, J. do C. *Curvas Características de Operação para Gráficos de Controle- Utilizando o Estimador Baseado nos Quartis Amostrais para Estimar o Desvio Padrão*. (2007). TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), Curso de Bacharelado em Estatística, UFPA, Belém, Brasil