



Gestão Ambiental e controle estatístico de processos: uso de cartas de controle em processos de tratamento de água

Daiane Lautert Moretto¹, Maria Emília Camargo²

¹ Universidade de Santa Cruz do Sul (daiane_moretto@hotmail.com)

² Universidade de Santa Cruz do Sul (mariaemiliaKamargo@hotmail.com)

Resumo

As atividades antrópicas interferem na qualidade das águas. Por isso, para torná-la própria para consumo humano é necessário uma série de processos de tratamento. Assim, as cartas de controle estatístico são ferramentas para monitoramento do desempenho de processos. O trabalho teve por objetivo verificar se os processos – fluoretação, cloração, análise de turbidez e pH – apresentam-se sob controle estatístico. Consultaram-se os dados das análises da água tratada na ETA da Companhia Rio-grandense de Saneamento – Corsan – em Passo Fundo, RS. O período foi de 01 a 30 de abril de 2009, e as variáveis pH, turbidez, flúor e cloro eram medidas a cada 1 hora, obtendo-se as médias diárias dessas leituras. Após, procedeu-se a execução dos gráficos de controle e calculou-se a estatística descritiva – média, mediana, desvio padrão, média do erro padrão e variância – para cada uma das quatro variáveis medidas. Nas análises de turbidez, cloro total e flúor, apresentaram-se acima do limite máximo superior, respectivamente, os pontos 9, 10 e 7 e seus valores foram 0,8, 1,90 e 0,800, caracterizando-os como fora de controle. Para as medições de pH sete pontos estavam fora de controle, seis acima do limite máximo superior, apresentando o valor de 6,20 e um abaixo do limite mínimo inferior, de valor 6,00. Concluiu-se que todos os processos apresentaram pelo menos um ponto fora de controle estatístico, sendo o pH com o maior número de pontos.

Palavras-chave: Cartas de controle, Tratamento de água, Gestão ambiental.

Área Temática: Gestão Ambiental Pública.

Abstract

Human activities affect quality of water. Therefore, to make them fit for human consumption requires a series of treatment processes. Thus, control charts are statistical tools for monitoring the performance of processes. The study aimed to verify whether the processes - fluoridation, chlorination, analysis of turbidity and pH - are presented in statistical control. Were examined the data analysis of the treated water in the Water Treatment Plant of Company Sanitation of Rio Grande do Sul - Corsan - in Passo Fundo, RS. The period was 01 to 30 from April 2009, and the pH, turbidity, chlorine and fluorine were measured every 1 hour, resulting in daily averages of these readings. After, we proceeded with the implementation of control charts and calculated the descriptive statistics - mean, median, standard deviation, standard error of the mean and variance - for each of the four variables measured. In the analysis of turbidity, chlorine and fluorine, were above the upper limit value, respectively, in paragraphs 9, 10 and 7 and their values were 0.8, 1.90 and 0.800, characterizing them as out of control. For pH measurements were seven points out of control, six ceiling above the top, with the value of 6.20 and below the lower threshold, the value of 6.00. It was concluded that all cases had at least one point out of statistical control, and the pH with the highest number of points.

Key words: Control charts, Water treatment, Environmental management.

Theme Area: Environmental Public Management.



1 Introdução

O crescimento demográfico, a industrialização e a poluição gerada pelas atividades humanas são fatores que interferem diretamente na qualidade das águas. Por isso, para que está água torne-se própria para consumo humano é necessário uma série de processos de tratamento. Na maior parte das vezes, os responsáveis por isso são as ETAs – Estações de Tratamento de Água – as quais captam água de rios, lagos e barragens, por meio de bombas e através dos processos de floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação convertem a água bruta em água potável, pronta para distribuição à população.

Segundo a portaria n.º 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, “que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”, em seu artigo IV, define controle da qualidade da água para consumo humano “como um conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição”.

Assim, o propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública (D'AGUILA *et al.*, 2000).

Desse modo, Sperling (2007) destaca que “o gerenciamento da qualidade da água, inclui o planejamento, projeto, execução e controle dos meios necessários para a manutenção da qualidade da água desejada em função dos seus diversos usos”. Assim, o controle da qualidade da água perpassa pelo controle dos processos utilizados no seu tratamento.

Dentre as inúmeras opções para controle de qualidade de processos, apresentam-se as ferramentas de Controle Estatístico de Processos entre as quais estão os gráficos de controle ou cartas de controle (CCs) estatístico.

As CCs estatístico são ferramentas de monitoramento do desempenho de processos. Elas utilizam como dados de entrada medições de variáveis que influenciam na qualidade dos processos. São ferramentas simples e eficazes, sendo muito utilizadas na prática do controle de qualidade (MICHEL e FOGLIATTO, 2002).

De acordo com Michel e Fogliatto (2002), “medições são realizadas em pontos espaçados no tempo e registradas nas cartas; este registro resulta em gráficos temporais que apresentam os valores de medição da variável no eixo vertical, e os pontos no tempo nos quais as medições são efetuadas, no eixo horizontal.” Pontos acima do limite superior ou abaixo do limite inferior indicam que o processo está fora de controle.

Ainda, segundo Levine *et al.* (2000), o gráfico de controle é um meio de monitorar as variações, indicando se o processo está ou não sob controle estatístico.

Se todos os pontos traçados no gráfico estão dentro dos limites de controle sem disposição aleatória, diz-se que o processo está sob controle estatístico (SIQUEIRA, 1997).

Também, Smeti *et al.* (2005), afirma que todos os sistemas e processos apresentam variabilidade. As CCs utilizam métodos estatísticos para melhorar a qualidade de um processo, através da redução sistemática da variabilidade.

Assim, os mais importantes tipos de gráficos de controle para variáveis (características de qualidade, ou seja, que são mensuráveis e podem ser expressas numa escala numérica) são: gráficos de controle Shewhart, a média móvel ponderada exponencialmente (EWMA) e os gráficos CUSUM.

Diversos parâmetros traduzem as características físicas, químicas e biológicas da água e representam sua qualidade (SPERLING, 2007). Em ETAs, após o tratamento da água e antes de sua distribuição, a portaria n.º 518 determina que para águas superficiais os parâmetros de cor e cloro devem ser avaliados a cada duas horas e turbidez, pH e flúor diariamente. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). Na prática, observa-se que, no geral, as ETAs avaliam estes parâmetros de hora em hora.



O valor máximo permitido para a turbidez da água – “que é causada pela presença de matéria suspensa, a qual dispersa e absorve a entrada da luz” (DOJLIDO e BEST, 1993) – pós-filtração é de 2,0 UT.

Já, o pH – potencial hidrogeniônico – deve ser mantido sob controle permanentemente, visto que interfere diretamente no desenvolvimento de vários dos processos do tratamento da água.

Por outro lado, o teor mínimo de cloro residual livre na água, após a desinfecção – cujo objetivo é a destruição de organismos patogênicos – deve ser de 0,5 mg/l, devendo manter-se, no mínimo, em 0,2 mg/l em qualquer ponto da rede de distribuição.

Há ainda, a adição de flúor na água visando proporcionar a população maior resistência às cáries dentárias (BRAGA *et al.*, 2005) e o valor máximo permitido deve ser de 1,5 mg/l.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo verificar se os processos – fluoretação, cloração, análise de turbidez e pH – apresentam-se sob controle estatístico.

2 Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho, foram consultados os dados das análises da água tratada na Estação de Tratamento de Água da Companhia Rio-grandense de Saneamento – Corsan, em Passo Fundo, RS. O período consultado foi de 01 a 30 de abril de 2009, sendo que as variáveis pH, turbidez, flúor e cloro eram medidas a cada 1 hora. Em seguida, calcularam-se as médias diárias dessas leituras. Após, os dados foram trabalhados para execução dos gráficos de controle e calculou-se a estatística descritiva – média, mediana, desvio padrão, média do erro padrão e variância – para cada uma das quatro variáveis medidas.

3 Resultados e discussão

Os valores encontrados para turbidez podem ser observados através da Figura 1. É possível observar que o limite máximo superior é 0,7709 e o limite mínimo inferior é 0,3491, estando o ponto médio em 0,56. Percebe-se que o valor máximo é 0,8 e o mínimo 0,4.

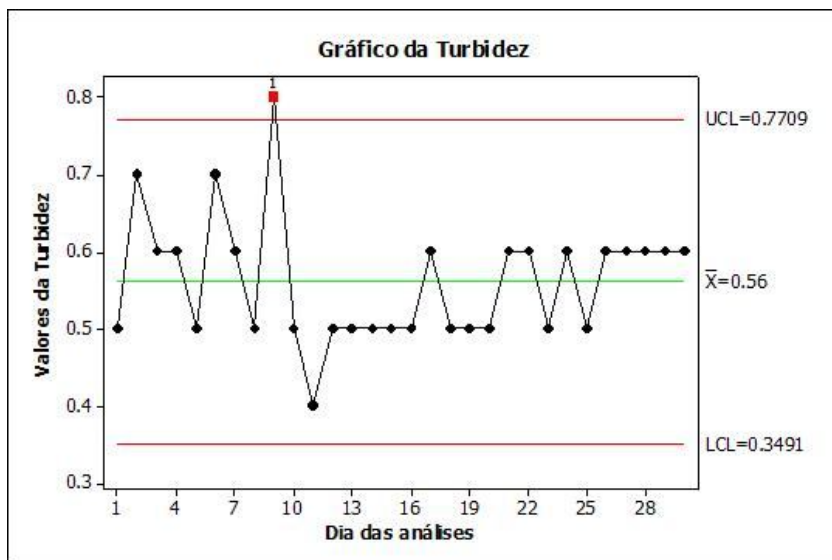


Figura 1 – Gráfico da Turbidez

Nota-se também, que o ponto 1 apresenta-se 3 desvios padrões acima do limite máximo superior, caracterizando-se como fora de controle.



Infere-se também, que a mediana é 0,55, o coeficiente de variância é 14,53, a média do erro padrão é 0,0149 e o desvio padrão é 0,0814.

Os resultados para as medições de pH estão apresentados na Figura 2. É possível observar que o limite máximo superior é de 6,1992 e o limite mínimo inferior é de 6,0431, sendo o ponto médio de 6,1167. Notam-se sete pontos fora de controle, seis apresentando o valor de 6,20 e um de valor 6,00; todos estão a 3 desvios padrões da linha central.

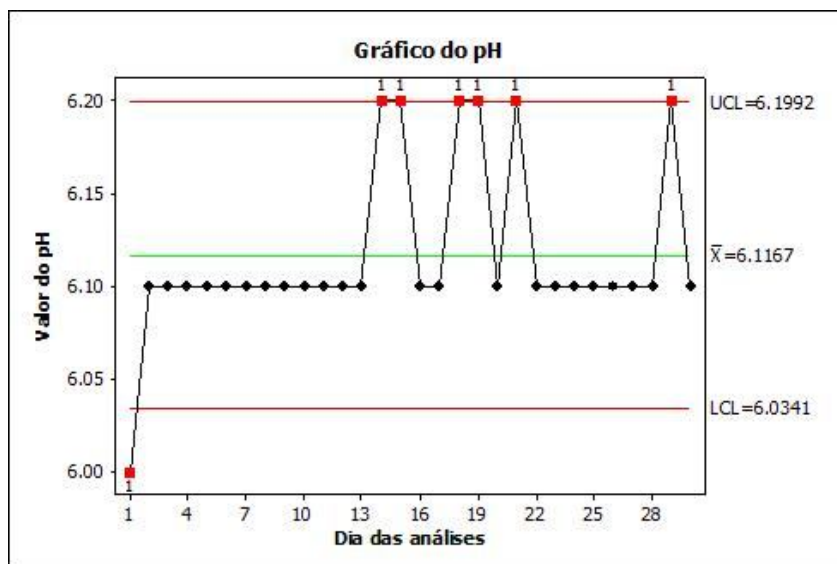


Figura 2 – Gráfico do pH

Verifica-se também, que a mediana é 6,10, o coeficiente de variância é 0,75, a média do erro padrão é 0,00842 e o desvio padrão é 0,0461.

Já, de acordo com a Figura 3, que apresenta os resultados para as análises de cloro total, é possível observar que o limite máximo superior é 1,288 e o limite mínimo inferior é 0,527, estando o ponto médio em 0,907. O valor mínimo é de 0,72, estando sob controle.

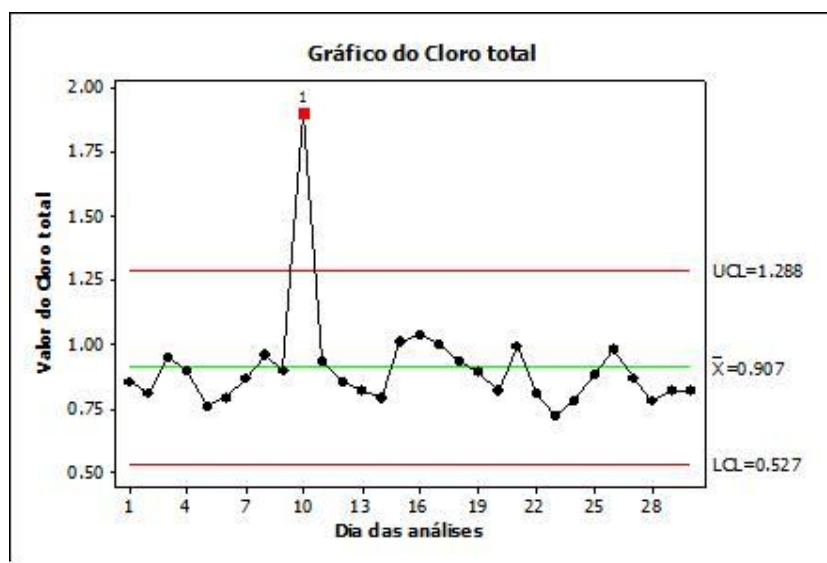


Figura 3 – Gráfico do Cloro total



Percebe-se que há um ponto fora de controle, a 3 desvios padrões acima do limite superior, é o ponto 10, que apresenta valor de 1,90.

Foi constatado que a mediana é 0,87, o coeficiente de variância é 22,57, média do erro padrão é 0,0374 e o desvio padrão é 0,2048.

Na Figura 4, que apresenta os resultados das análises de flúor, pode-se observar que o limite máximo superior é de 0,7217 e o limite mínimo inferior é de 0,6850, sendo o ponto médio de 0,7033.

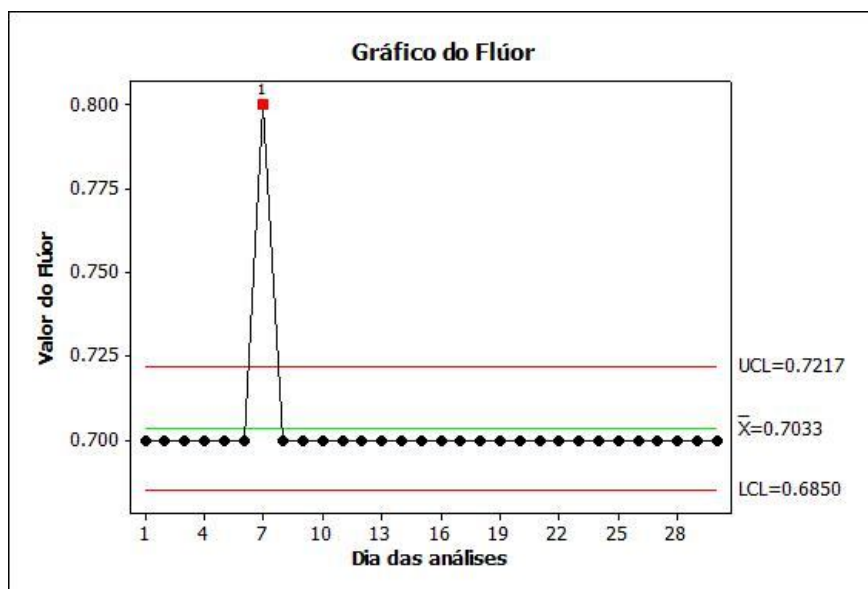


Figura 4 – Gráfico do Flúor

Nota-se que o ponto 7 está fora de controle, apresentando o valor de 0,800, estando a 3 desvios padrões da linha central.

Constatou-se também, que a mediana é 0,700, o coeficiente de variância é 2,60, média do erro padrão é 0,00333 e o desvio padrão é 0,01826.

4 Considerações finais

Concluiu-se que todos os processos apresentaram pelo menos um ponto fora de controle estatístico, sendo o pH com o maior número de pontos.

Nas análises de turbidez, cloro total e flúor, apresentaram-se acima do limite máximo superior, respectivamente, os pontos 9, 10 e 7 e seus valores foram 0,8, 1,90 e 0,800, caracterizando-os como fora de controle. Para as medições de pH sete pontos estavam fora de controle, seis acima do limite máximo superior, apresentando o valor de 6,20 e um abaixo do limite mínimo inferior, de valor 6,00.

Propõe-se, a aplicação das cartas de controle como ferramenta essencial no monitoramento dos processos de tratamento da água, a fim de garantir a qualidade da água tratada.

5 Referências

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.



BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 20 de jul. 2009.

D'AGUILA, P.; ROQUE, O.; MIRANDA, C. & FERREIRA, A. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cad. Saúde Pública** [online], v. 16, n. 3, p. 791-798, 2000.

DOJLIDO, J. & BEST, G. **Chemistry of water and water pollution**. Londres: Ellis Horwood, 1993.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. Rio de Janeiro: CTC, 2000.

MICHEL, R. & FOGLIATTO, F. Projeto econômico de cartas adaptativas para monitoramento de processos. **Gest. Prod.** [online], v. 9, n. 1, 2002, pg. 17-31.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle Estatístico de Processos**. São Paulo: Pioneira, 1997.

SMETI, E., KORONAKIS D. & KOUSOURIS, L. **Statistical Process Techniques on Water Toxicity Data**. Atenas: HERCMA AUEB, 2005. Disponível em: <http://www.aueb.gr/pympe/hercma/proceedings2005/H05-FULL-PAPERS-1/H05-STATS-1/hercma-2005-smeti-koronakis-kousouris.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2009.

SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.