

APLICAÇÃO DO MÉTODO CEP PARA MONITORAR E APRIMORAR O PROCESSO DE CLORAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

FABRÍCIO CAVALCANTE VIANA - f.cavalcanteviana@hotmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

MAXWEEL VERAS RODRIGUES - maxweelveras@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

ROGÉRIO TEIXEIRA MASIH - rogeriomasih@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Área: 2 - GESTÃO DA QUALIDADE

Sub-Área: 2.1 - CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

Resumo: OFERTAR PRODUTOS E SERVIÇOS DE QUALIDADE É UM PRÉ-REQUISITO PARA QUE UMA EMPRESA GARANTA A SATISFAÇÃO DOS SEUS CLIENTES E CONSEQUENTEMENTE A SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO AO LONGO DO TEMPO. ESTE TRABALHO ILUSTRA O USO DA METODOLOGIA DE CONTROOLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO PARA MONITORAR A VARIABILIDADE DO PROCESSO DE CLORAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) E AUXILIAR NA IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FORMA A APRIMORAR O PROCESSO DE CLORAÇÃO GERANDO VANTAGEM COMPETITIVA PARA A EMPRESA. QUANTO À METODOLOGIA DESTE ESTUDO, A NATUREZA DA PESQUISA É DE CARACTERÍSTICA APLICADA COM ABORDAGEM QUALITATIVA. NO ESTUDO FORAM APLICADOS MÉTODOS E TÉCNICAS, TAIS COMO: GRÁFICOS DE CONTROLE, CÁLCULOS DO CP E DO CPK E DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO. OS RESULTADOS COMPROVARAM A EFETIVIDADE DA METODOLOGIA NA DETECÇÃO DE PROBLEMAS E NO USO COMO INSTRUMENTO ESTRATÉGICO PARA EMPRESA, PASSANDO A PRODUÇÃO A CONTRIBUIR DIRETAMENTE COM A SATISFAÇÃO DO CLIENTE E COM O SUCESSO DO NEGÓCIO.

Palavras-chaves: GESTÃO DA QUALIDADE; CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP); ESTRATÉGIA; PRODUÇÃO; MELHORIA CONTÍNUA; SATISFAÇÃO DO CLIENTE.

USE OF THE STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC) METHOD TO MONITOR AND IMPROVE THE CHLORINE APPLICATION PROCESS OF AN WATER TREATMENT PLANT

Abstract: *PROVIDE QUALITY PRODUCTS AND SERVICES IS A PREREQUISITE FOR A COMPANY TO ENSURE THE SATISFACTION OF ITS CUSTOMERS AND CONSEQUENTLY BUSINESS SUSTAINABILITY OVER TIME. THIS ARTICLE IS INTENDED TO SHOW THE USE OF THE STATISTICAL PROCESS CONTROL METHOD TO MONITOR THE VARIABILITY OF THE CHLORINE APPLICATION PROCESS OF AN WATER TREATMENT PLANT AND TO HELP IDENTIFY AND SOLVE PROBLEMS IN ORDER TO IMPROVE THIS PROCESS AND THUS DRIVE COMPETITIVE ADVANTAGE FOR THE COMPANY. REGARDING THE METHODOLOGY OF THIS RESEARCH WERE APPLIED TECHNIQUES SUCH AS: QUALITY CONTROL CHARTS AND ISHIKAWA DIAGRAM. THE RESULTS SHOW THE EFFECTIVENESS OF THE METHOD TO PROBLEM DETECTION BEING AS A STRATEGIC TOOL FOR COMPANY, BECOMING THE PRODUCTION FUNCION A DIRECT COOPERATOR TO CUSTOMER SATISFACTION AND BUSINESS SUCCESS.*

Keyword: *QUALITY MANAGEMENT; STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC); STRATEGY; PRODUCTION; CONTINUOUS IMPROVEMENT; CUSTOMER SATISFACTION.*

1. Introdução

Este estudo foi aplicado em uma Estação de Tratamento de Água de uma empresa de saneamento.

A empresa adota o *Balanced Scorecard* (BSC) como modelo de sistema de medição de desempenho. Tal modelo visa avaliar quatro perspectivas: financeira, clientes, processos internos e aprendizado e crescimento.

Segundo Carpinetti (2010), com o BSC, a medição de desempenho estará ligada as estratégias da empresa, fugindo da lógica tradicional limitada focada apenas em resultados financeiros.

O mapa estratégico da empresa determina que a operação ou função produção deve trabalhar alinhada com a estratégia da alta direção, pois seu desempenho repercute nas demais áreas.

Para abastecer a população com água dentro dos padrões exigidos pelo ministério da saúde, a companhia precisa tratar a água bruta (AB) captada de um manancial e ainda imprópria para o uso, este tratamento é realizado nas ETAs, Estações de Tratamento de Água, onde ocorre uma sequência de processos físico-químicos com a finalidade de retirar impurezas, partículas e microrganismos e enquadrar a água nos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. A cloração é um dos processos realizados durante o tratamento de água e nele é realizada a desinfecção da água, nesta ETA a cloração ocorre na etapa final do tratamento.

A portaria 2914/11 do Ministério da Saúde determina que água distribuída para a população deve ter, obrigatoriamente, um quantitativo de cloro residual livre no mínimo 0,2 mg/L e, por outro lado, recomenda um limite máximo de 2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). Garantir este padrão pode ser uma tarefa complexa, pois, na distribuição, o cloro residual irá variar dependendo da extensão e tipo de material das tubulações e das condições de escoamento. Logo, a produção tem uma estimativa deste quantitativo de cloro a ser consumido na rede e determinar um valor de saída da ETA que garanta o atendimento aos padrões. Mas, para garantir este valor de saída, o sistema de aplicação de cloro e outros fatores de operação da ETA devem ser confiáveis sendo essencial o monitoramento das análises retiradas do processo.

Esse trabalho visa ilustrar a utilização do método de CEP para monitorar e aprimorar o processo de aplicação de cloro, possibilitando a detecção de problemas operacionais.

2. Referencial Teórico

2.1 Função estratégica da produção

Todas as atividades da administração da produção podem contribuir para o sucesso de qualquer organização, ao utilizar seus recursos de forma eficaz para produzir bens e serviços de modo a satisfazer seus consumidores. (SLACK, 2010).

Quando alinhada com a estratégia da empresa a função produção melhora o desempenho contribuindo para o alcance de objetivos e metas globais.

Segundo Slack (2010) a operação pode contribuir aumentando a capacidade de competir em critérios tais como flexibilidade, qualidade, custo, velocidade e confiabilidade.

Carpinetti (2010) explica que uma estratégia de manufatura inclui ações relacionadas a gestão da qualidade, mas não só; outras iniciativas, destinadas a melhoria de desempenho em outros critérios, fazem parte de uma estratégia de manufatura.

Conforme a Figura 1, Slack (2010) explica que existem três tipos de critérios competitivos: os ganhadores de pedido (o aumentar do seu desempenho resulta em mais pedidos), os qualificadores (o desempenho da produção deve atingir um determinado nível para ser considerado pelo cliente e qualquer melhora acima do nível não resulta diretamente em mais benefício competitivo) e os menos importantes (não influenciam nos clientes de forma significativa).

As concessionárias de água consideram os seus clientes de forma homogênea não diferenciando a qualidade da água que produz de forma a praticar preços distintos a cada tipo de cliente. Mas há a necessidade de atingir padrões de potabilidade exigidos na legislação, a exigência com relação ao cloro residual é um critério qualificador já que a empresa deve atingir o padrão de forma a poder distribuir a água.

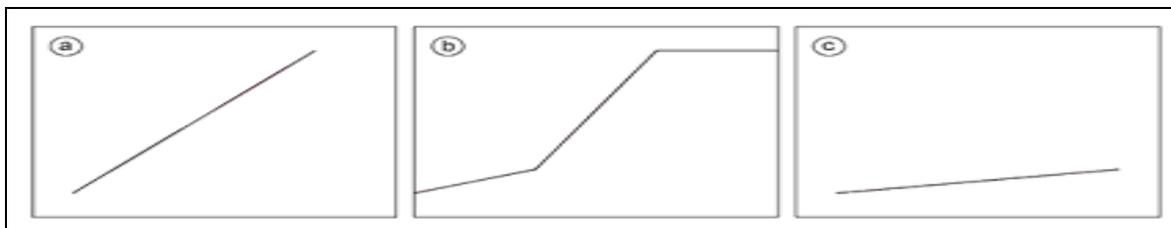


FIGURA 1 - Tipos de critérios competitivos - a) ganhadores de pedido; b) qualificadores e c) menos importante. Fonte: adaptado de Slack (2010).

Uma vez atingido o parâmetro de cloro residual na rede exigido pela portaria 2.914, um acréscimo de cloro rede não é interessante para a empresa já que implicaria em aumento dos custos e não influenciaria positivamente na satisfação dos clientes.

Entretanto, o monitoramento de um critério qualificador é importante, pois, segundo Slack (2010), os critérios qualificadores não são ganhadores de pedido, mas se não for dada atenção a eles a empresa pode perder pedidos e sofrer multas pelo não atendimento a legislações.

2.2 Controle Estatístico do Processo

O Controle Estatístico de Processo (CEP) usa gráficos de controle para analisar o comportamento de um processo. Estes gráficos possuem um limite superior e outro inferior, quando o processo está operando dentro da faixa desses limites geralmente significa que os dados estão variando devido apenas a causas naturais, mas se o processo passa a operar fora dos limites, há um forte indício de que existem causas especiais agindo. Logo, esse método auxilia na identificação de problemas para que adiante sejam tomadas ações de melhoria.

Segundo Paladini (1997), o gráfico de controle é uma ferramenta que foi desenvolvida por Shewhart na década de 20, sua finalidade consiste em especificar limites superiores e inferiores com base em medidas estatísticas associadas a um conjunto de dados do processo.

Segundo Carpinetti (2010), objetivo do uso de gráficos de controle é garantir que o processo opere na sua melhor condição. Por meio do uso da estatística é possível entender como o processo está variando e afirmar se o processo está sob controle, com apenas causas normais atuando, ou se ao contrário existem causas especiais agindo.

O fundamento essencial do Controle Estatístico do Processo (CEP) é acompanhar os processos através do comportamento das estatísticas de suas saídas, separando as causas naturais das especiais de variações e tomar ações de correção quando uma causa especial é detectada. (CORRÊA, 2011, p. 632).

O controle estatístico do processo não faz checagens de uma simples amostra, mas monitora os resultados de muitas amostras ao longo do tempo. Ele faz isso usando gráficos de controle para ver se o processo está desempenhando como deveria. (SLACK, 2010, p. 534).

Segundo Corrêa (2011, p. 636), os resultados da média e da dispersão do processo são utilizados para estabelecer os limites de controle do processo, a média das amostras colhidas durante a produção são comparadas com estes limites para inferir a presença ou não de causas especiais e disparar ações de análise e correção.

Segundo Montgomery (2004), o Controle Estatístico de Processo (CEP) é um método para compreender, monitorar e melhorar o processo produtivo continuamente, permitindo melhorar a sua capacidade do processo por meio da redução da variabilidade.

Segundo Corrêa (2011, p. 640), dois índices são normalmente utilizados para medir a capacidade de um processo: o Cp e o Cpk, definidos conforme as expressões a seguir:

$$6s = LSC - LIC$$

$$Cp = (LSE - LIE)/6s$$

Cpk é o menor entre os dois índices seguintes:

$$Cpk = (LSE +/- x)/3s$$

onde x é estimado pela = Média Geral e s é o = Desvio Padrão Médio

A capacidade do processo é a medida da aceitabilidade da variação do processo. A medida mais simples de capacidade (Cp) é dada pela razão entre a faixa de especificação e a variação “natural” do processo (isto é, +/- 3 desvios-padrão). (SLACK, 2010, p. 536).

Algumas empresas somente consideram processos capazes aqueles com Cpk maior que 1,33. Isso significa que, mesmo que o processo esteja descentralizado, ainda haverá uma folga de 33% entre o limite de tolerância e o limite de controle mais próximo. Isso significa uma certeza de 99,99% (4s) de geração de peças conformes. (CORRÊA, 2011, p. 641).

2.3 Portaria do Ministério da saúde MS nº 2.914/2011

A **Portaria MS nº 2.914/2011** tem como objetivo dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O Artigo 5 define como água potável, água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

A legislação estabelece no artigo 24 que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração. A cloração ou desinfecção é um dos parâmetros exigidos pela Portaria e consiste na aplicação do elemento químico cloro na água para eliminar patógenos que podem estar presentes na água evitando assim à saúde do consumidor. Em toda a extensão da rede do sistema de distribuição, a água estar dentro dos limites de mínimo e máximo especificados pela Portaria.

O artigo 34 especifica que é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). E o artigo 39 da Portaria complementa estabelece que a água potável deve estar em conformidade com o padrão

organoléptico de potabilidade e recomenda que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L.

3. Metodologia da pesquisa

Gil (2008, p. 26), define pesquisa como um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir as respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.”

Silva e Menezes (2005), explicam que do ponto de vista da natureza a pesquisa pode ser classificada como aplicada quando objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos.

Este estudo visa realizar o controle e melhoria contínua do processo de cloração por meio do uso do método CEP (controle estatístico do processo) sendo, portanto, classificado como uma pesquisa de natureza aplicada já é feita uma aplicação prática.

De acordo com Barros e Lehfeld (1990, p. 34), a pesquisa aplicada ocorre “quando o pesquisador é movido pela necessidade de conhecer, para a aplicação imediata de seus resultados [...]. Contribui para fins práticos”.

Desta forma, a pesquisa aplicada condiz com as características deste estudo sendo, portanto, a natureza da pesquisa do tipo aplicada.

Silva e Menezes (2005), explica que a forma de abordagem do problema pode ser classificada em quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

Alinhado com o que apresenta os autores a abordagem deste problema é caracterizada como quantitativa, pois este estudo consiste essencialmente na aplicação de procedimentos estatísticos.

Neste trabalho, foi desenvolvido um estudo de caso que consistiu na aplicação da ferramenta CEP visando monitor e aprimorar o processo de aplicação de cloro de uma ETA.

Segundo Gil (2002, p. 54), o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.”

Quanto às etapas do estudo, inicialmente a cada hora foram coletadas e analisadas três amostras no laboratório da ETA, posteriormente foi verificando se o processo estava livre de causas especiais. A partir de então o processo passa a ser monitorado continuamente com 3 amostras coletadas a cada duas horas visando de identificar e eliminar causas especiais. O

tratamento estatístico dos dados foi realizado com o *software* Calc – LibreOffice e as equações utilizadas seguem o modelo proposto por CORRÊA (2011).

4. Estudo de caso

Este trabalho será aplicado em um laboratório de análise da água de uma companhia de Saneamento e tem como finalidade avaliar a robustez do processo de aplicação de cloro, monitorando e melhorar o processo.

4.1. Caracterização do problema

A dosagem de produtos químicos é uma atividade que impacta no desempenho da empresa, o diagrama da Figura 2 ilustra que, quando bem sucedida, essa atividade contribui na garantia da qualidade da água e impacta positivamente nos custos repercutindo. Quando em excesso, os produtos químicos podem até garantir o enquadramento da água nas exigências normativas, mas provavelmente implicará na elevação dos custos e afetará também a qualidade da água. Assim essa atividade exige atenção no tratamento de água.

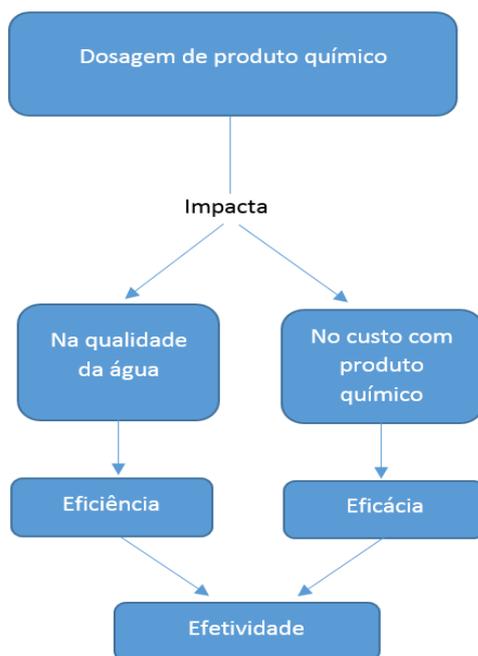


FIGURA 2 - Impacto da dosagem de produtos químicos na eficiência e a eficácia operacional.

Fonte: autor.

Se a água não atingir algum dos parâmetros estabelecidos em norma, a ação imediata dos gestores é investigar a causa da não conformidade (NC) e tomar decisões para que a água seja reenquadrada.

Estudos internos baseados em análise feitas em ramais de clientes e a experiência da operação apontam que o ideal para atingir os parâmetros da Portaria é o cloro residual livre na ETA apresentando valor mínimo de 2,5 e máximo de 3,0, pois o cloro vai ser consumido ao logo do percurso das adutoras e reservatórios até chegar aos ramais dos clientes.

4.2 Resultados obtidos

4.2.1 Coleta dos dados, cálculos dos limites de controle, Cp e Cpk.

TABELA 1 - Dados para o cálculo dos limites de controle.

DATA	Cloro residual Livre (mg/L)			Média	D.Padrão	Amplitude
29/9/2017						
Amostra						
01:00	2,60	2,65	2,75	2,67	0,08	0,15
02:00	2,60	2,70	2,60	2,63	0,06	0,10
03:00	2,70	2,75	2,70	2,72	0,03	0,05
04:00	2,70	2,80	2,65	2,72	0,08	0,15
05:00	2,75	2,70	2,80	2,75	0,05	0,10
06:00	2,70	2,65	2,80	2,72	0,08	0,15
07:00	2,60	2,70	2,65	2,65	0,05	0,10
8:00	2,60	2,70	2,60	2,63	0,06	0,10
9:00	2,65	2,70	2,70	2,68	0,03	0,05
10:00	2,70	2,80	2,75	2,75	0,05	0,10
11:00	2,80	2,80	2,70	2,77	0,06	0,10
12:00	2,70	2,65	2,80	2,72	0,08	0,15
13:00	2,70	2,60	2,60	2,63	0,06	0,10
14:00	2,70	2,60	2,65	2,65	0,05	0,10
15:00	2,60	2,65	2,70	2,65	0,05	0,10
16:00	2,60	2,60	2,65	2,62	0,03	0,05
17:00	2,70	2,60	2,60	2,63	0,06	0,10
18:00	2,75	2,80	2,75	2,77	0,03	0,05
19:00	2,75	2,75	2,70	2,73	0,03	0,05
20:00	2,70	2,60	2,60	2,63	0,06	0,10
21:00	2,75	2,80	2,70	2,75	0,05	0,10
22:00	2,70	2,70	2,80	2,73	0,06	0,10
23:00	2,70	2,70	2,70	2,70	0,00	0,00
24:00	2,70	2,70	2,60	2,67	0,06	0,10
Média geral (estimada)				2,69		
D.Padrão Médio					0,050488	
D.Padrão Médio (estimado) - DP					0,056985	
DP/(√ n)					0,0329	
Amplitude média						0,09
Amplitude média (estimada)						0,055375

LSC	2,79	Limites Gráfico de X
LIC	2,59	
LSC	0,14	Limites Gráfico de R
LIC	0,00	

Fonte: autor.

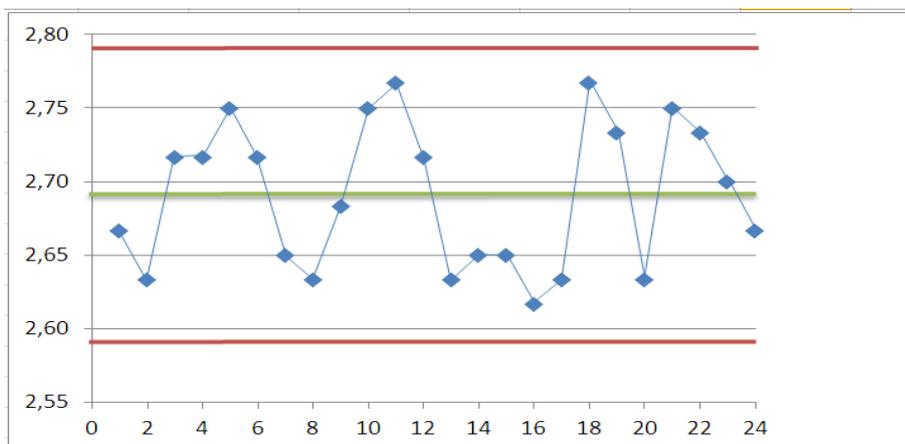


GRÁFICO 1 - Gráfico de X. Fonte: autor.

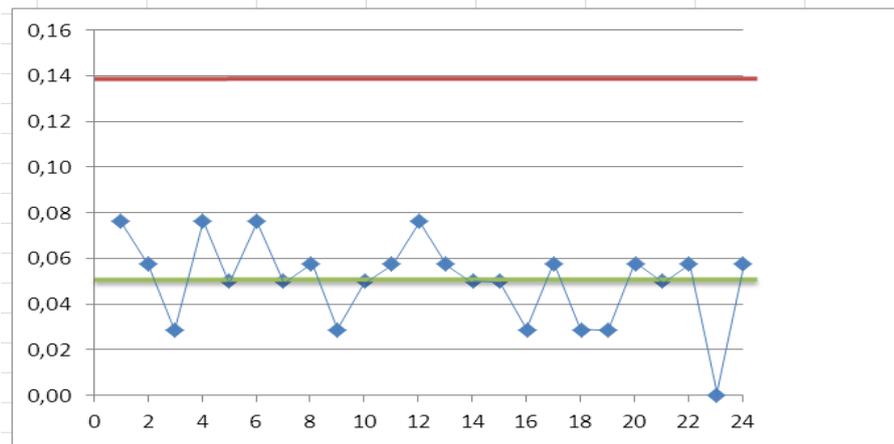


GRÁFICO 2 - Gráfico de R. Fonte: autor.

A Tabela 1 e os Gráficos 1 e 2 mostram que o processo está sob controle, foram calculados também o Cp e Cpk para determinar a robustez do processo.

TABELA 2 - Limites de especificação, Cp e Cpk.

LSE	3	
LIE	2,5	
CP	2,53292	
CPK	menor	3,14
		1,93

Fonte: autor.

A Tabela 2 indica que o valor obtido para o Cp indica que o processo está centrado em torno da média e enquanto o cálculo do Cpk apresentou um valor de 1,93, isso significa que mesmo que o processo esteja descentralizado ainda haverá uma folga de 93% entre o limite de tolerância e o limite de controle. Essa folga indica que a dispersão do processo é aceitável e que o processo é capaz.

4.2.2 Atualizar os limites periodicamente ou quando ocorrer uma causa especial

Os dados são obtidos das análises que os laboratoristas realizam diariamente, a partir desses dados mensalmente ou se houver alguma não conformidade são atualizados os gráficos de controle.

O gráficos mostraram que o processo estava sob controle e os cálculos do Cp e do Cpk indicaram que o processo é capaz. Entretanto no plantão do dia 17/10 a amostra coletada às 9h apresentou valor para a média (gráfico X) abaixo do LIC sugerindo uma possível causa especial como mostra a Tabela 3 e o Gráfico 3.

TABELA 3 - Amostras abaixo do LIC.

DATA	Amostra	Cloro residual Livre (mg/L)			Média	D.Padrão	Amplitude
17/10/2017	1	2,70	2,70	2,65	2,68	0,03	0,05
	2	2,70	2,60	2,70	2,67	0,06	0,10
	3	2,80	2,70	2,70	2,73	0,06	0,10
	4	2,70	2,60	2,70	2,67	0,06	0,10
	5	2,60	2,60	2,70	2,63	0,06	0,10
	6	2,70	2,65	2,80	2,72	0,08	0,15
	7	2,60	2,70	2,70	2,67	0,06	0,10
	8	2,60	2,60	2,65	2,62	0,03	0,05
	9	2,50	2,50	2,40	2,47	0,06	0,10
	10	1,90	1,95	2,00	1,95	0,05	0,10
	11	2,20	2,30	2,20	2,23	0,06	0,10
	12	2,55	2,60	2,60	2,58	0,03	0,05
18/10/2017	13	2,70	2,80	2,70	2,73	0,06	0,10
	14	2,70	2,60	2,65	2,65	0,05	0,10
	15	2,70	2,60	2,70	2,67	0,06	0,10
	16	2,65	2,70	2,70	2,68	0,03	0,05
	17	2,70	2,70	2,60	2,67	0,06	0,10
	18	2,75	2,70	2,75	2,73	0,03	0,05
	19	2,65	2,75	2,70	2,70	0,05	0,10
	20	2,60	2,70	2,60	2,63	0,06	0,10
	21	2,70	2,75	2,70	2,72	0,03	0,05
	22	2,70	2,70	2,60	2,67	0,06	0,10
	23	2,60	2,60	2,75	2,65	0,09	0,15
	24	2,65	2,75	2,60	2,67	0,08	0,15
Média geral (estimada)							
D.Padrão Médio					0,052308		
D.Padrão Médio (estimado) - DP					0,059038		
DP/(v n)					0,034086		
Amplitude média						0,09	
Amplitude média (estimada)						0,055375	

LSC	2,79	Limites Gráfico de X
LIC	2,59	
LSC	0,14	Limites Gráfico de R
LIC	0,00	

Fonte: autor.

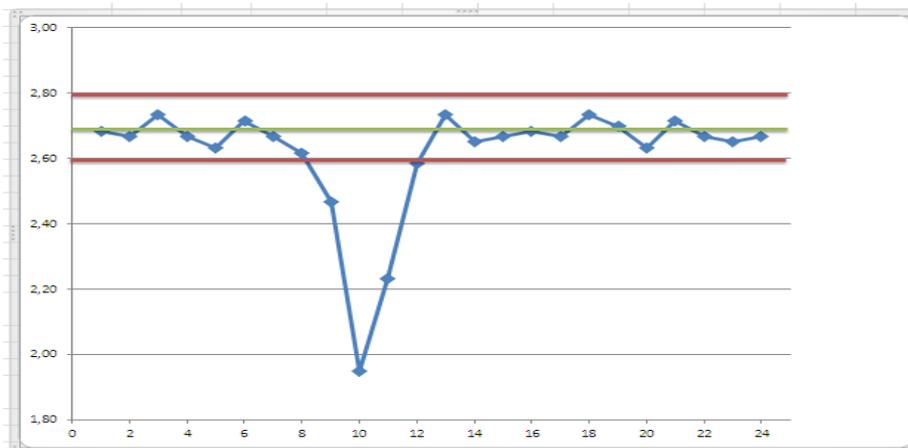


GRÁFICO 3 - Amostras abaixo do LIC para o gráfico de X. Fonte: autor.

4.2.3. Eliminar causas especiais e recalculer os limites, Cp e Cpk

Com a ajuda do químico e dos operadores da ETA o laboratorista procurou investigar a causa construindo um diagrama de causa e efeito para estruturar o problema agrupar as possíveis causas da não conformidade.

A equipe técnica chegou à conclusão que a redução do cloro residual foi devido a um teste de aplicação de peróxido na linha, pois o produto não estava sendo consumido no

processo, passando para a etapa final inibindo o cloro. Logo, foi possível agir rapidamente eliminando a causa do problema sem que ocorressem maiores danos para o sistema.

Depois de eliminada a causa especial, foram coletadas novas amostras e o gráfico de controle foi preparado com os respectivos limites e novamente foram calculados o Cp e Cpk, Tabela 4 e Gráficos 4 e 5.

TABELA 4 - limites de X e R recalculados.

LSC	2,81	Limites Gráfico de X
LIC	2,60	
LSC	0,15	Limites Gráfico de R
LIC	0,00	

Fonte: autor.

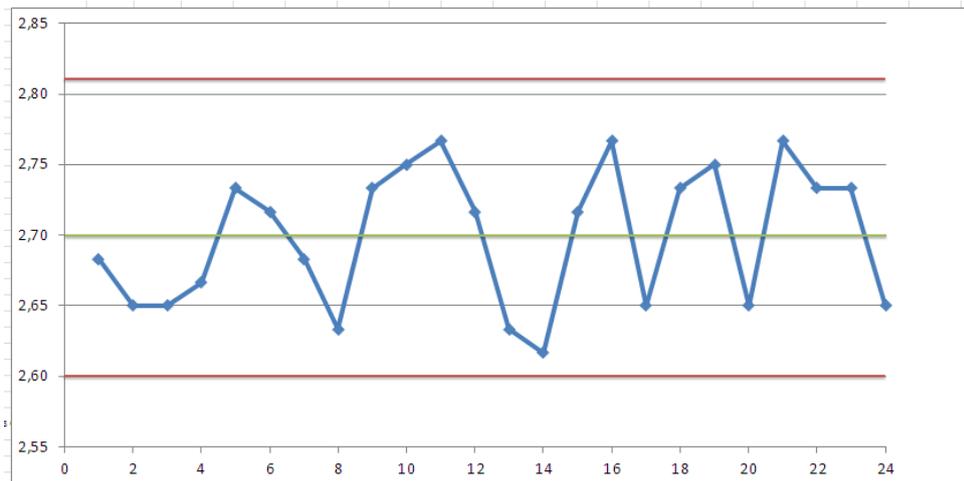


GRÁFICO 4 - gráfico de X. Fonte: autor.

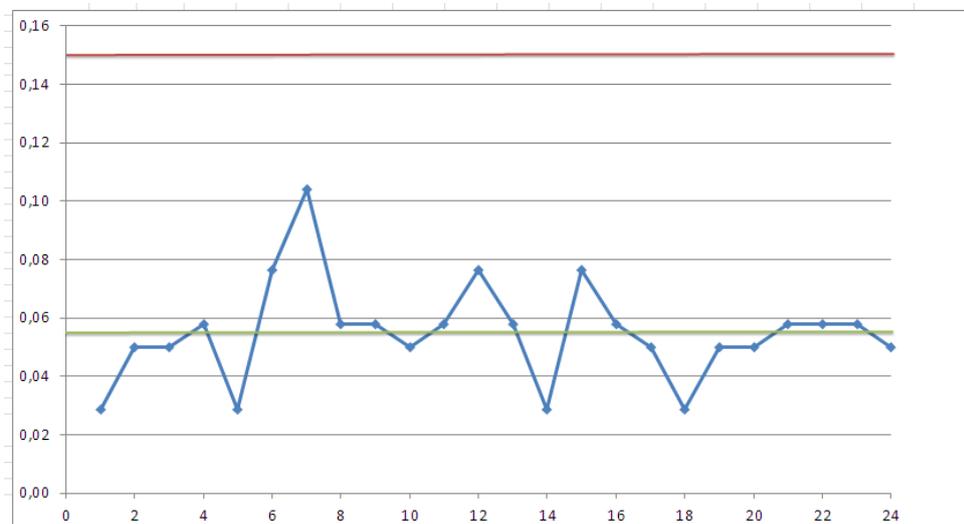


GRÁFICO 5 - gráfico de R. Fonte: autor.

Os índices de capacidade Cp e Cpk foram recalculados para determinar a robustez do processo, Tabela 5.

TABELA 5 - Cp e Cpk.

LSE	3	
LIE	2,5	
CP	2,32815	
CPK	menor	2,80
		1,86

Fonte: autor.

5. Considerações finais

O uso dos gráficos de controle permite o aprimorar dos processos da ETA fazendo com que a operação esteja alinhada aos objetivos estratégicos e contribua para melhorar o desempenho da empresa.

Para trabalhos futuros, sugere-se que este estudo seja aplicado para os demais parâmetros da água e expandir o estudo para as demais ETAs da companhia para aplicar *benchmarking* avaliando o desempenho comparativo.

REFERÊNCIAS

- BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Projeto de pesquisa:** propostas metodológicas. 5ª ed. Petrópolis: Vozes, 1999. 102 p.
- BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.
- CARPINETTI, L. C. R.; *Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CORRÊA, H.; CORRÊA, Carlos. *Administração de produção e operações - Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.
- GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.
- KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. A estratégia em ação: *Balanced Scorecard*. 13.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- MONTGOMERY, Douglas, C. *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. Arizona State University. Copyright © by Editora LTC, 4. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- PALADINI, Edson Pacheco, *Qualidade total na prática – implantação e avaliação de sistema de qualidade total*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4ª ed. Florianópolis: LED, 2005. 138 p.
- SLACK, Nigel et al. *Administração da Produção*. São Paulo. Atlas, 2010.