

## **Utilização de gráficos de controle de medidas individuais para análise da manutenção de extintores com carga de água**

### **The use of control charts individual measures for analysis of the water maintenance charge extinguishers**

**Raphael Henrique Teixeira Silva**

Universidade Federal de São João del Rei.

[raphaelhts@hotmail.com](mailto:raphaelhts@hotmail.com)

**Sara Maria Ribeiro Sousa**

Universidade Federal de São João del Rei.

[sarasousa\\_rc@hotmail.com](mailto:sarasousa_rc@hotmail.com)

#### **Resumo**

Ferramentas estatísticas são de extrema eficácia para investigar diversos processos produtivos das empresas. Desta forma, é possível estimar os parâmetros desejados, averiguar os resultados, encontrar as causas especiais que interferem no processo de forma inadequada e proporcionar melhorias. Para monitorar um processo podem-se utilizar os gráficos de controle de qualidade. O uso destes gráficos se justifica em casos em se quer estudar uma variável, por meio de dados que variam em um determinado tempo. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo monitorar o processo de manutenção de extintores de água de dez litros. Mais especificamente, os gráficos utilizados foram o de medidas individuais (I) e o da amplitude móvel (MR). Além disso, foi utilizado o software estatístico livre R, versão 3.1.0. Com os resultados obtidos, foi possível indicar para a empresa a falha de seu processo, como também, apresentar uma alternativa para prevenir o problema encontrado.

**Palavras-chave:** Controle de Qualidade, Gráfico I, Gráfico MR, Software R, Análise de Processos, Métodos Estatísticos.

#### **Abstract**

Statistical tools are most effective to investigate various production processes of companies. Thus, it is possible to estimate the desired parameters, assess the results, find that special causes which interfere improperly in the process and provide improvements. To monitor a process can be used to quality control charts. The use of these charts is justified in those cases which you want to study a variable using data that vary at any given time. In this context, this study aimed to monitor the process of maintaining water extinguishers. More specifically, the charts used were the individual steps (I) and the moving range (MR). Furthermore, the free statistical software R version 3.1.0 was used. With the results obtained, it was possible to indicate the failure of your business process, but also provide an alternative to prevent the problem encountered.

**Keywords:** Quality Control, I Chart, MR Chart, Software R, Process Analysis, Statistical Methods.

## 1. INTRODUÇÃO

O Controle Estatístico de Processos (CEP) engloba um conjunto de ferramentas estatísticas que têm como objetivo identificar pontos de melhorias em um determinado processo. Dentre as ferramentas existentes, podem-se destacar os gráficos de controle, uma vez que são aplicados, usualmente, de forma *on-line*. A aplicabilidade destes gráficos é justificada devido a capacidade de monitorar um processo de produção à medida que as informações são coletadas, o que permite uma intervenção no processo de forma ágil, e inibe a produção de forma inadequada. Além disso, obtém-se a redução do custo de produção e, portanto, uma melhoria na competitividade, afinal um produto ou serviço com qualidade e com baixo custo ganha destaque no mercado.

Diversos trabalhos são realizados apresentando as ferramentas relacionadas ao CEP e principalmente, os benefícios e melhorias dos distintos processos. Lindino e Nunes (2011) tiveram como objetivo aprimorar a qualidade analítica em laboratório de controle físico-químico de alimentos por meio da implantação de controle estatístico de processo. As variáveis de interesse foram baseadas em: análise de nitrogênio total e proteína bruta de peito de frango. Os gráficos utilizados para o estudo foram o de medidas individuais (I) e o da amplitude móvel (MR). Após o estudo de caso, foi constatado que o processo não estava sob controle estatístico. Os autores identificaram a causa especial, que era na etapa da titulação. Ocorreu o uso de soluções de ácido sulfúrico de marcas diferentes, e com isso, foi possível perceber que diferentes marcas causaram resultados distintos no processo. Takahashi *et al.* (2012) avaliaram o CEP como ferramenta de identificação de variações não naturais na qualidade do leite. Mais especificamente, tinham o intuito de isolar as causas naturais de variação como a época do ano e o volume de leite produzido. Como também, avaliar o desempenho dos gráficos de controle como ferramenta de monitoramento da qualidade do leite. Os gráficos utilizados pelos autores foram o I e o MR. Os mesmos foram aplicados em quatro fazendas e em quatro épocas do ano. Cada fazenda apresentou controle e descontrole em distintas épocas do ano. O que proporcionou aos autores as seguintes conclusões: o conhecimento das causas naturais de variação em rebanhos leiteiros permite que sejam identificadas alterações indesejáveis no processo de ordenha, como problemas de refrigeração do leite e sanidade no rebanho. A aplicação de gráficos de controle dentro da fazenda é uma ferramenta adicional, que permite às indústrias e aos técnicos monitorarem a qualidade do leite produzido. Silva *et al.* (2014), tiveram como objetivo caracterizar as propriedades físico-químicas do efluente tratado de agroindústria oleaginosa e analisar a variabilidade do processo de tratamento de efluentes por meio de cartas de controle de Shewhart. A análise estatística consistiu na codificação das variáveis em estudo

e elaboração das cartas de controle. Através destes métodos, percebeu-se que o processo de tratamento de efluentes da agroindústria oleaginosa era instável. Após, realizaram o Diagrama de Ishikawa representando as possíveis causas especiais e propuseram melhorias. Chioderoli *et al.* (2012), identificaram pontos fora de controle e avaliaram a qualidade do processo de colheita por meio dos gráficos I e MR, avaliando diversas características da qualidade. A regulagem das máquinas e fatores inerentes à cultura estavam relacionados com a qualidade da operação. Com o uso dos gráficos se tornou possível a detecção das perdas quantitativas, e desta forma, encontrar um método para minimizá-las para que se possa atingir o máximo nível de qualidade e maior sustentabilidade do sistema produtivo. Henning *et al.* (2012), utilizou os gráficos de controle para medidas individuais de Shewhart, o gráfico da média móvel exponencialmente ponderada (EWMA) e o gráfico da soma cumulativa (CUSUM) para monitorar as notificações dos casos de meningite no município de Joinville, no estado de Santa Catarina. O objetivo era identificar se os casos de meningite estavam em um limite aceitável ou poderia ser considerada uma epidemia. Com os resultados, os autores concluíram que houve uma tendência de elevação do número de notificações.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi apresentar um monitoramento de um processo de manutenção de extintores de água de dez litros. A empresa estudada é prestadora de serviços de manutenção de extintores de incêndio localizada no interior do estado de Minas Gerais. O foco foi à redução da variabilidade do processo em questão, permitindo uma análise das causas especiais existentes. O presente trabalho contou com o auxílio do gráfico de controle I e MR. Essas ferramentas foram executadas no software livre R. Adicionalmente, este trabalho contribuiu com as rotinas do software R utilizadas para gerar os gráficos propostos.

Este trabalho está organizado em 5 Seções. A Seção 2 contém todo o referencial teórico utilizado, em que se apresentam as ferramentas estatísticas e o software utilizado. A Seção 3 traz os procedimentos metodológicos, abordando o estudo de caso prático de uma empresa de prestação de serviços de extintores. Na Seção 4 têm-se os resultados e discussões.. Na quinta e última, as conclusões.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### *2.1. Gráficos de controle*

Geralmente em uma linha de produção a variabilidade não é percebida, sendo assim, em certas situações, são retiradas conclusões errôneas da produção. Isso ocorre em organizações que não utilizam ferramentas da qualidade para averiguar seus processos, sendo a avaliação realizada por meio de deduções e experiências passadas. Uma empresa que não tem controle de

sua produção não consegue encontrar as causas especiais que interferem em seu processo. Portanto, a variação entre as unidades produzidas não serão percebidas. Esta situação acarreta em uma maior dispersão do valor alvo desejado pela empresa causada por uma operação anormal do processo (COSTA, EPPRECHT & CARPINETTI, 2012).

Neste sentido, o gráfico de controle é utilizado para suprir esta necessidade das empresas e verificar se um processo está sob controle estatístico com o auxílio de seus Limites de Controle. Um gráfico de controle consiste em um Limite Superior de Controle (LSC), um Limite Inferior de Controle (LIC) e uma Linha Central (LC). Esses limites são escolhidos de modo que, se o processo estiver sob controle, praticamente todos os pontos amostrais estarão entre eles. No entanto, um ponto que caia fora dos limites de controle é interpretado como evidência de que o processo está fora de controle. Neste caso, investigação e ação corretiva serão necessárias para encontrar e eliminar a causa ou as causas especiais responsáveis por esse comportamento (COSTA, EPPRECHT & CARPINETTI, 2012).

Além dos limites de controle, existem os limites de especificação. Estes limites podem ser indicados ou impostos por órgãos de fiscalização, pelo proprietário da empresa e pelo cliente. Desta forma, caso haja algum ponto fora destes limites, o processo também pode ser considerado estar operando fora de controle estatístico. E com isso, deve-se intervir e averiguar as causas especiais que estão intervindo de forma negativa (MONTGOMERY, 2009).

### *2.1.1. Gráfico de controle para medidas individuais (I) e gráfico de controle para a média móvel (MR)*

Existem situações no cotidiano das empresas em que a taxa de produção ou de realização de serviços são muito lentas, sendo inconveniente acumular amostras maiores que um, antes de serem analisadas. O acúmulo dessas amostras gera um estoque desnecessário que agrega custos ao produto ou serviço. Em certas situações, os produtos finais precisam de espaço para ser armazenados, então, podem comprometer a validade de certos itens como os perecíveis da indústria alimentícia, como também, depreciam artigos, entre outros. Neste contexto, uma maneira de se avaliar o processo, é utilizar o gráfico de controle para medidas individuais (I). E para avaliar a variabilidade do processo, pode-se utilizar o gráfico de controle da amplitude móvel (MR) (MONTGOMERY, 2009). Essas ferramentas foram escolhidas para atender, de forma significativa, a análise do processo de extintores de água de uma empresa de extintores, que será detalhado na seção 3.

Estes gráficos também podem ser bem aplicados quando há limites de especificações para as observações. Por exemplo, aplicando um gráfico da média ( $\bar{X}$  barra) numa situação, em

que se deseja impor limites para cada observação, pode ocorrer da média da amostra mascarar o resultado. Isto é, uma observação pode conter concentrações muito grandes e outra muito pequenas, e em média, estes valores resultarem em no valor-alvo do processo. Isso acarretará em conclusões não adequadas para o acompanhamento do processo.

O gráfico MR utiliza a amplitude móvel de duas observações sucessivas, isto é,

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}|, i = 2, \dots, m \quad (1)$$

Em (1) é obtido a amplitude móvel para estimar a variabilidade, então, a média das amplitudes móveis pode ser definida em (2).

$$\overline{MR} = \sum_{i=2}^m \frac{MR_i}{m-1} \quad (2)$$

Os limites de controle do gráfico da amplitude móvel, em que os pontos plotados são referentes às amplitudes móveis de cada uma das observações, são definidos em (3).

$$\begin{aligned} LSC &= D_4 \overline{MR} \\ LC &= \overline{MR} \\ LIC &= D_3 \overline{MR} \end{aligned} \quad (3)$$

As constantes  $D_3$  e  $D_4$  são obtidas de Montgomery (2009, Tabela VI, pg. 702), para  $n = 2$ , isto é,  $D_3 = 0$  e  $D_4 = 3,267$ .

Sejam  $X_1, X_2, \dots, X_m$  as observações coletadas do processo. Então, o melhor estimador da média do processo é

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{m}, \quad (4)$$

Para o gráfico I, em que os pontos plotados são referentes às observações individuais, os parâmetros para construção dos limites de controle são

$$\begin{aligned} LSC &= \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ LC &= \bar{X} \\ LIC &= \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \end{aligned} \quad (5)$$

A constante  $d_2$  é um valor tabelado obtido de Montgomery (2009, Tabela VI, pg. 702), para  $n = 2$ , isto é,  $d_2 = 1,128$ .

Cabe ressaltar que, para desenvolver o estudo de caso prático proposto na seção 3, foram utilizados os limites de especificação impostos pelo órgão de fiscalização que acompanha a empresa em questão.

Segundo Montgomery (2009), para a construção dos gráficos de controle é necessário que os dados possuam uma distribuição normal. Para a verificação da suposição de normalidade dos dados, foi realizado o teste de Anderson-Darling, com um nível de significância de 0,05,

em que as hipóteses são:  $H_0$ : Os dados possuem distribuição normal e  $H_a$ : Os dados não possuem distribuição normal.

## 2.2. Software estatístico R versão 3.1.0

Os gráficos foram elaborados no software estatístico R versão 3.1.0. O mesmo é um software livre, com diversos pacotes, que são bibliotecas contendo funções específicas para cada objetivo pretendido. Neste trabalho foi utilizado o pacote *qcc* (*Quality Control Charts*) (SCRUCCA, 2014) para gerar o gráfico I, o *SixSigma* (*Six Sigma Tools for Quality and Process Improvement*) (GROSS, 2014) para gera o gráfico MR e o *nortest* (*Tests for Normality*) para realizar o teste de normalidade dos dados (CANO *et al.*, 2014). As rotinas para gerar os gráficos propostos estão no Anexo.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Objeto de estudo

A empresa em estudo está localizada no interior do estado de Minas Gerais, e sua atuação no mercado é realizar serviços de manutenção em extintores de diversas classificações (água, pó químico seco e  $CO_2$ ). Para este trabalho, dentre os processos de manutenção da empresa, foi escolhido o processo de manutenção em extintores de água de dez litros. Esta escolha foi baseada na indicação do proprietário da empresa, pois este é um dos processos mais realizados na organização, além disso, o maquinário utilizado é mais antigo, o que acarreta em maiores falhas do processo.

### 3.2 Procedimentos de coleta de dados

A manutenção em extintores de água de dez litros é realizada da seguinte forma: Descarregamento (o extintor é descarregado acionando a válvula). Após, há a certificação de que o extintor esteja totalmente vazio e sem pressão. O conjunto de mangueira é desmontado. O conjunto da válvula e o tubo de sifão são removidos. O cilindro é limpo, removendo sujeiras e materiais estranhos. Como também, sua parte interna e externa são inspecionadas, para verificar se há sinais de corrosão, abrasão, cortes e amassados. É utilizado o ar comprimido para remover possíveis impurezas no corpo da válvula e no tubo de sifão. Após, há a verificação se o conjunto de acionamento (cabo, gatilho e rebite(s)) está livre de sujeira, ferrugem ou com dificuldade de movimentos. Caso haja corrosão, a válvula é descartada.

Depois, os componentes do corpo da válvula e o sifão são remontados. Para o carregamento e pressurização do extintor são realizados os seguintes passos: Com uma balança adequada e aferida o extintor é carregado (enchimento com água) de acordo com as

especificações (tolerância de mais ou menos 2% para a carga inserida estipulada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)), sendo realizada nesta etapa a coleta dos dados. Após, com o extintor na posição vertical, o dispositivo de transferência de nitrogênio é conectado. O gatilho da válvula do extintor é acionado e com isso, o processo de pressurização é iniciado. Imediatamente, depois de atingida a pressão de um megapascal (MPa) o gatilho da válvula é liberado, o que indica a finalização desta etapa. Desconectando e removendo o dispositivo de transferência, a válvula é travada. Há a certificação se existem vazamentos do extintor através de imersão em água.

Todos os pontos de vedação são verificados (saída da válvula e manômetro), assegurando que o ponto de observação esteja para cima. Todo o indício de impurezas no corpo do extintor é removido. O conjunto completo da mangueira é montado. Por fim, o extintor é lacrado e é aplicado no mesmo o selo de identificação do Inmetro.

### *3.3 Procedimentos de Análise de Dados*

A empresa realiza quatro ensaios de funcionamento de extintores de água por dia, durante o mês. Como a empresa funciona apenas em dias úteis, foram coletados dados referentes a vinte amostras de tamanho quatro. Totalizando 80 observações por mês. Os ensaios consistem em averiguar o funcionamento das amostras dos extintores que estão sofrendo manutenção na empresa. Portanto, a característica de carga nominal inserida é um fator crucial para a empresa certificar ao cliente um produto dentro das normas.

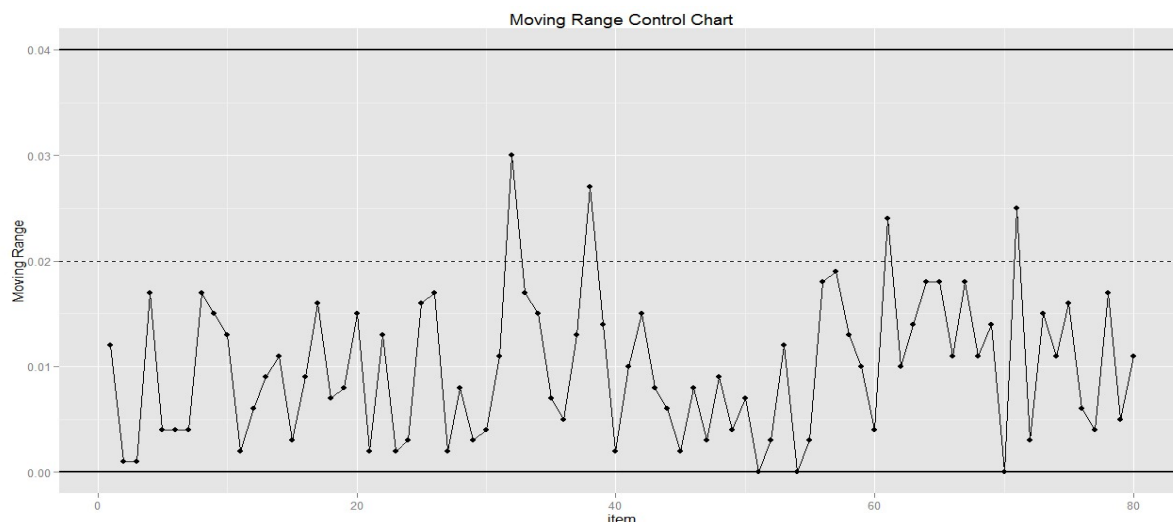
Devido ao pequeno tamanho amostral, foi viável utilizar o gráfico I e o MR, como também, o Inmetro determina os limites de controle com tolerância de mais ou menos 2% para a carga inserida, como mencionado na seção 3.2. E, portanto, o gráfico da média ( $\bar{X}$  barra) poderia mascarar os resultados no instante em que as amostras fossem agrupadas.

Os dados iniciais desta pesquisa são dos meses de Março à Abril de 2014. Os ensaios foram realizados por um funcionário da empresa nestes meses e as informações foram anotadas em folhas de verificação. Após, os dados foram liberados para este estudo (ver Tabelas 1, 2 e 3 no anexo A.1).

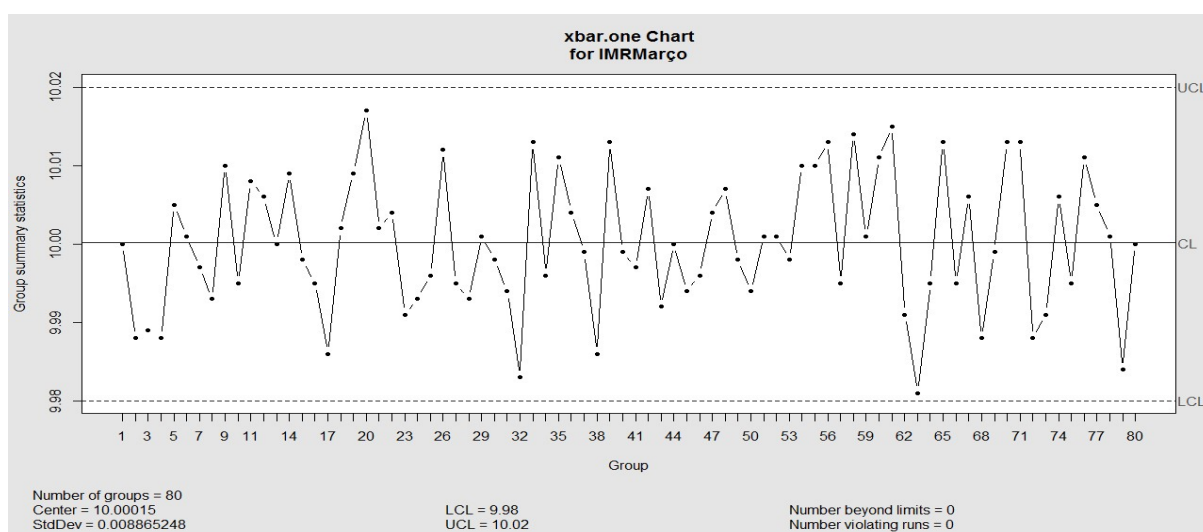
## **4. ACHADOS E ANÁLISES**

O primeiro passo foi realizar o monitoramento do mês de Março. Para verificar a suposição de normalidade univariada dos dados, foi utilizado o teste de hipóteses multivariado de Anderson-Darling. Os resultados obtidos por meio do software R foram:  $A = 0,5379$  e  $p\text{-valor} = 0,1631$ . Portanto, como o  $p\text{-valor}$  calculado foi maior do que o nível de significância adotado (0,05), o teste indicou que os dados possuem distribuição normal univariada.

Após verificar a suposição necessária foram aplicados os gráficos de controle I e MR. O Inmetro estipula os limites para o monitoramento, conhecidos como limites de especificação (LE). Os limites impostos são (0;0,04) e (9,98;10,02) para os gráficos MR e I, respectivamente.



**Figura 1.** Gráfico MR para Carga com os limites especificados (0;0,04) para o mês de Março

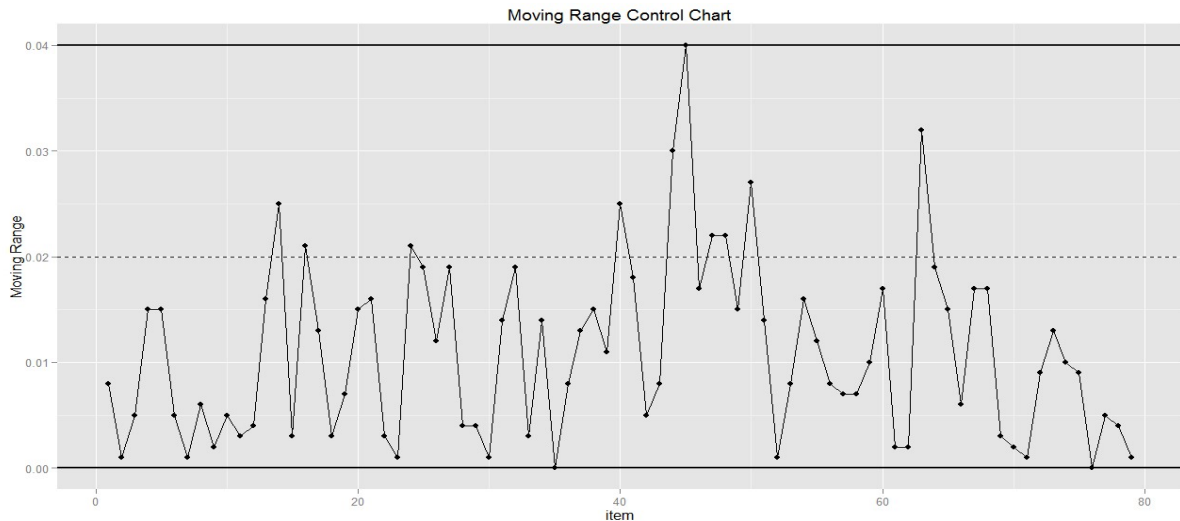


**Figura 2.** Gráfico I para Carga com os limites especificados (9,8;10,2) para o mês de Março

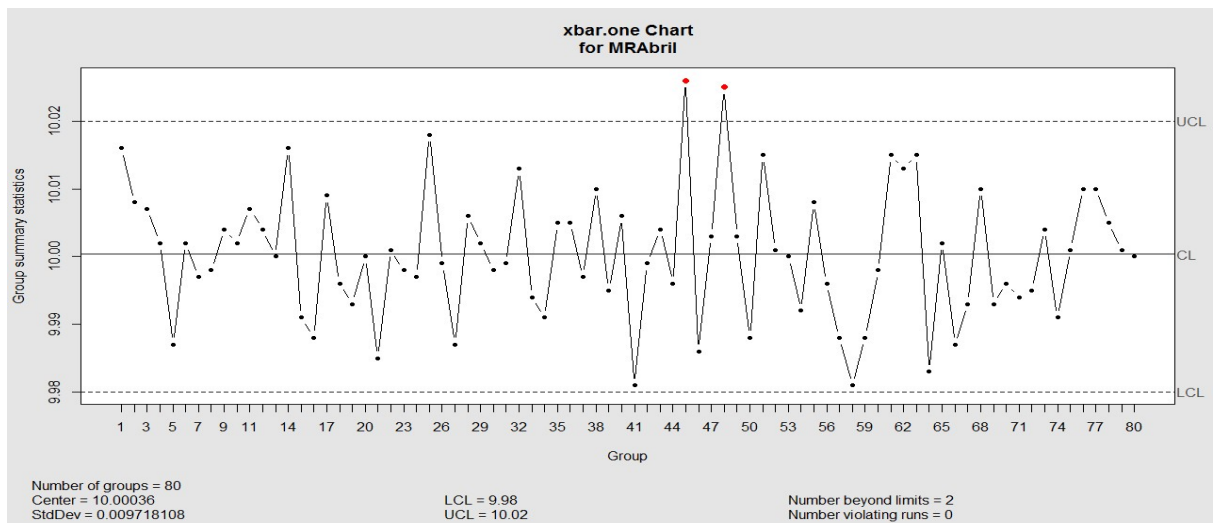
Analisando as Figuras 1 e 2, o processo está sob controle estatístico. Indicando que não há necessidade de intervir no processo e que não existe nenhuma causa especial. Sendo assim, foi realizado o estudo do mês de Abril. A suposição de normalidade para os dados do mês de Abril foi verificada. Os resultados obtidos por meio do software R foram:  $A = 0,2416$  e  $p\text{-valor} = 0,7643$ . Portanto, como o  $p\text{-valor}$  calculado foi maior do que o nível de significância adotado (0,05), o teste indicou que os dados do mês de Abril também possuem distribuição normal univariada.



Aceitando a normalidade, foram aplicados os gráficos de controle I e MR novamente para o monitoramento do mês posterior (ver Figuras 3 e 4) com os LE do Inmetro.



**Figura 3.** Gráfico MR para Carga com os limites especificados (0;0,04) para o mês de Abril

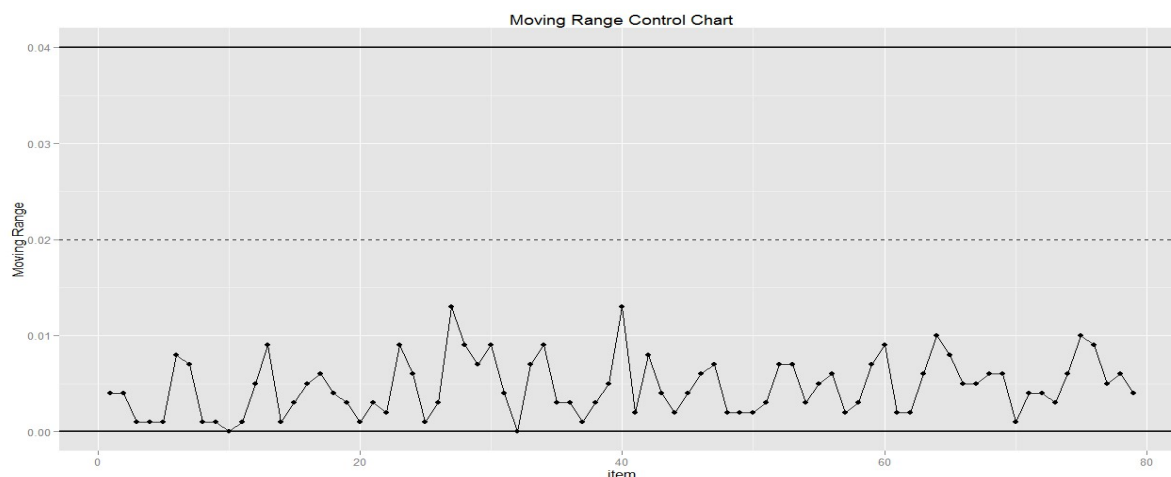


**Figura 4.** Gráfico I para Carga com os limites especificados (9,8;10,2) para o mês de Abril

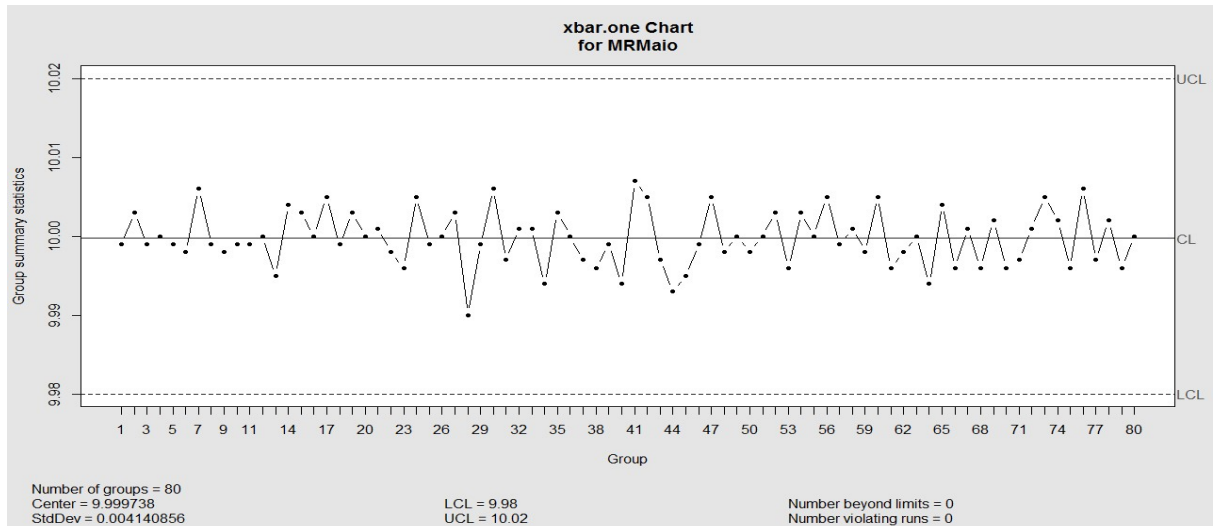
Analisando a Figura 3, o processo está sob controle. Entretanto, avaliando a Figura 4, percebe-se que o processo não está sob controle estatístico. As amostras 45 e 48 saíram do limite superior de especificação. Uma investigação foi realizada e foi descoberta uma causa especial: verificou-se que os pontos que saíram do controle estatístico (45 e 48) são do mesmo dia (16/04/2014). A causa especial atribuída aos dois pontos é que o aparelho utilizado para encher os extintores com água estava desregulado. Quando o funcionário enchia os extintores, esperava o tempo comum de sua rotina para desativar a válvula que regula a quantidade de água

(50 segundos), e não verificava na balança a quantidade que estava sendo inserida. O funcionário fazia desta forma, porque a balança ficava no chão e tem difícil visualização para conferência. Com isso, foi autorizado ao funcionário fazer o enchimento controlando o tempo gasto pela máquina. Portanto, foi descoberto que o aparelho não estava funcionando adequadamente, uma vez que, estava inserindo concentrações de água maiores do que o habitual no mesmo tempo fixo utilizado pelo funcionário. Uma proposta para a empresa foi criar um plano de manutenção de seus equipamentos. Isto é, determinar uma periodicidade para averiguar se todos os equipamentos utilizados estão operando de forma eficaz. Além disso, não confiar apenas no tempo comum adotado (os 50 segundos), e sim verificar de forma conjunta o tempo e principalmente a balança. Para isso, foi indicada a mudança de local da balança, colocando a mesma em cima de uma bancada de tamanho adequado, para facilitar a conferência. E conseqüentemente, evitar erros no processo.

Após sugerir e aplicar as melhorias, foi feito o estudo do mês de Maio. A suposição de normalidade foi aceita. Os resultados obtidos por meio do software R foram:  $A = 0,6732$  e  $p\text{-valor} = 0,0759$ . Os gráficos I e MR foram gerados com o novo banco de dados, e com os respectivos LE mencionados (ver Figuras 5 e 6).



**Figura 5.** Gráfico MR para Carga com os limites especificados (0;0,04) para o mês de Maio



**Figura 6.** Gráfico I para Carga com os limites especificados (9,8;10,2) para o mês de Maio

As Figuras 5 e 6 indicam que o processo está sob controle estatístico. É importante mencionar que, comparando a Figura 5 com as Figuras 1 e 3, percebe-se que houve melhorias significativas no processo. Os pontos na Figura 5 não ultrapassam sequer a linha central do gráfico de controle MR, já nas Figuras 1 e 3, há alguns pontos que ultrapassam essa linha. Pode-se concluir então, que houve uma redução na variabilidade dos dados. Além disso, verificando a Figura 6, os pontos estão bem próximos da linha central, isto é, mais próximos do valor alvo desejado. Sendo assim, pode-se concluir que o processo operou de forma mais eficiente no mês de Maio devido às melhorias propostas no mês de Abril. E conseqüentemente, proporcionou à empresa um serviço de manutenção com qualidade.

## 6. Conclusões

Com o trabalho realizado foi possível observar que as ferramentas estatísticas utilizadas, mesmo que simples, proporcionaram uma prática de controle de qualidade com resultados significativos para a empresa. Isto é, gerando os gráficos de controle I e MR com os dados de ensaio de funcionamento, foi possível intervir no processo no momento mais adequado e sugerir melhorias que foram comprovadas no mês posterior. Logo, pode-se concluir que quando as ferramentas são bem colocadas em uma empresa, gera resultados positivos.

Além disso, foi possível uma avaliação criteriosa e rigorosa, que teve como objetivo final realizar um impacto nos lucros, pois com os problemas encontrados e eliminados, a empresa conseguiu reduzir os custos gerados com excesso de carga que poderiam surgir na produção futura. Pois, sem o controle, dificilmente o proprietário iria descobrir o defeito na máquina e que o funcionário não estava operando de forma eficaz.

Como se trata de uma pequena empresa vale ressaltar o uso de um software estatístico livre, pois não gerou nenhum custo adicional para o desenvolvimento do trabalho. A organização se comprometeu a continuar utilizando as ferramentas propostas neste trabalho para monitorar o processo em questão e sempre em busca da melhoria contínua de seus serviços.

### Referências

CANO, E. L.; MOGUERZA, J. M.; REDCHUK, A. **Six Sigma Tools for Quality and Process Improvement**. Package ‘SixSigma’. CRAN, 2014. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/SixSigma/SixSigma.pdf>>. Acesso em: 15 September 2014.

CHIODEROLI, C. A.; DA SILVA, R.P; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; DOS SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**. Campinas, v. 71, n. 1, p.112-121, 2012.

COSTA, A. F. B; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012. 334p.

GROSS, J. **Tests for Normality**. Package ‘nortest’. CRAN, 2014. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/nortest/nortest.pdf>>. Acesso em: 15 September 2014.

HENNING, E.; WALTER, O. M. F. C.; ALVES, C. C.; SAMOHYL, R. W. Aplicação de gráficos de Controle Estatístico de Processos para o monitoramento dos casos de meningite no município de Joinville. **Produção em foco**. Joinville, v. 02, n. 01: p. 01-26, 2012.

LINDINO, C. A.; NUNES, O. L. G. Implantação de controle estatístico em determinação de nitrogênio total e proteína bruta em peito de frango. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6 ed. United State of America: John Wiley & Sons, Inc., 2009, 734p.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em:<<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 15 September 2014.

SCRUCCA, L. **Quality Control Charts**. Package 'qcc'. CRAN, 2014. Disponível em:<<http://cran.r-project.org/web/packages/qcc/qcc.pdf>>. Acesso em: 15 September 2014.

SILVA, T. A. L.; DA SILVA, H. A.; SANTOS, D. Q.; RODRIGUES, E.C. Utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) na Avaliação de uma Estação de Tratamento de Efluente Agroindustrial. **Revista Virtual de Química**, Itumbiara, v. 6, n. 2, p. 310-322, 2014.

TAKAHASHI, F. H.; CASSOLI, L. D.; ZAMPAR, A.; MACHADO, P. F. Variação e Monitoramento da Qualidade do Leite Através do Controle Estatístico de Processos. **Ci. Anim. Bras.**, Goiânia, v.13, n.1, p. 99-107, 2012.

#### Anexo A.1

**Tabela 1** - Medidas para a carga dos extintores do dia 03/03 à 31/03

Data	Carga (L)	Data	Carga (L)	Data	Carga (L)	Data	Carga (L)
03/03/2014	10	11/03/2014	10,002	18/03/2014	9,997	25/03/2014	10,015
03/03/2014	9,988	11/03/2014	10,004	18/03/2014	10,007	25/03/2014	9,991
03/03/2014	9,989	11/03/2014	9,991	18/03/2014	9,992	25/03/2014	9,981
03/03/2014	9,988	11/03/2014	9,993	18/03/2014	10	25/03/2014	9,995
05/03/2014	10,005	12/03/2014	9,996	19/03/2014	9,994	26/03/2014	10,013
05/03/2014	10,001	12/03/2014	10,012	19/03/2014	9,996	26/03/2014	9,995
05/03/2014	9,997	12/03/2014	9,995	19/03/2014	10,004	26/03/2014	10,006
05/03/2014	9,993	12/03/2014	9,993	19/03/2014	10,007	26/03/2014	9,988
06/03/2014	10,01	13/03/2014	10,001	20/03/2014	9,998	27/03/2014	9,999
06/03/2014	9,995	13/03/2014	9,998	20/03/2014	9,994	27/03/2014	10,013
06/03/2014	10,008	13/03/2014	9,994	20/03/2014	10,001	27/03/2014	10,013
06/03/2014	10,006	13/03/2014	9,983	20/03/2014	10,001	27/03/2014	9,988
07/03/2014	10	14/03/2014	10,013	21/03/2014	9,998	28/03/2014	9,991
07/03/2014	10,009	14/03/2014	9,996	21/03/2014	10,01	28/03/2014	10,006
07/03/2014	9,998	14/03/2014	10,011	21/03/2014	10,01	28/03/2014	9,995
07/03/2014	9,995	14/03/2014	10,004	21/03/2014	10,013	28/03/2014	10,011
10/03/2014	9,986	17/03/2014	9,999	24/03/2014	9,995	31/03/2014	10,005
10/03/2014	10,002	17/03/2014	9,986	24/03/2014	10,014	31/03/2014	10,001
10/03/2014	10,009	17/03/2014	10,013	24/03/2014	10,001	31/03/2014	9,984
10/03/2014	10,017	17/03/2014	9,999	24/03/2014	10,011	31/03/2014	10

Fonte. Dados de uma empresa que realiza manutenção em extintores (2014).

**Tabela 2** - Medidas para a carga dos extintores do dia 01/04 à 30/04

Data	Carga (L)	Data	Carga (L)	Data	Carga (L)	Data	Carga (L)
01/04/2014	10,016	08/04/2014	9,985	15/04/2014	9,981	24/04/2014	10,015
01/04/2014	10,008	08/04/2014	10,001	15/04/2014	9,999	24/04/2014	10,013
01/04/2014	10,007	08/04/2014	9,998	15/04/2014	10,004	24/04/2014	10,015
01/04/2014	10,002	08/04/2014	9,997	15/04/2014	9,996	24/04/2014	9,983
02/04/2014	9,987	09/04/2014	10,018	16/04/2014	10,026	25/04/2014	10,002
02/04/2014	10,002	09/04/2014	9,999	16/04/2014	9,986	25/04/2014	9,987
02/04/2014	9,997	09/04/2014	9,987	16/04/2014	10,003	25/04/2014	9,993
02/04/2014	9,998	09/04/2014	10,006	16/04/2014	10,025	25/04/2014	10,010
03/04/2014	10,004	10/04/2014	10,002	17/04/2014	10,003	28/04/2014	9,993
03/04/2014	10,002	10/04/2014	9,998	17/04/2014	9,988	28/04/2014	9,996
03/04/2014	10,007	10/04/2014	9,999	17/04/2014	10,015	28/04/2014	9,994
03/04/2014	10,004	10/04/2014	10,013	17/04/2014	10,001	28/04/2014	9,995
04/04/2014	10,000	11/04/2014	9,994	22/04/2014	10,000	29/04/2014	10,004
04/04/2014	10,016	11/04/2014	9,991	22/04/2014	9,992	29/04/2014	9,991
04/04/2014	9,991	11/04/2014	10,005	22/04/2014	10,008	29/04/2014	10,001
04/04/2014	9,988	11/04/2014	10,005	22/04/2014	9,996	29/04/2014	10,010
07/04/2014	10,009	14/04/2014	9,997	23/04/2014	9,988	30/04/2014	10,010
07/04/2014	9,996	14/04/2014	10,010	23/04/2014	9,981	30/04/2014	10,005
07/04/2014	9,993	14/04/2014	9,995	23/04/2014	9,988	30/04/2014	10,001
07/04/2014	10,000	14/04/2014	10,006	23/04/2014	9,998	30/04/2014	10,000

Fonte. Dados de uma empresa que realiza manutenção em extintores (2014).

**Tabela 3** - Medidas para a carga dos extintores do dia 05/05 à 30/05

Data	Carga (L)	Data	Carga (L)	Data	Carga (L)	Data	Carga(L)
05/05/2014	9,999	12/05/2014	10,001	19/05/2014	10,007	26/05/2014	9,996
05/05/2014	10,003	12/05/2014	9,998	19/05/2014	10,005	26/05/2014	9,998
05/05/2014	9,999	12/05/2014	9,996	19/05/2014	9,997	26/05/2014	10
05/05/2014	10	12/05/2014	10,005	19/05/2014	9,993	26/05/2014	9,994
06/05/2014	9,999	13/05/2014	9,999	20/05/2014	9,995	27/05/2014	10,004
06/05/2014	9,998	13/05/2014	10	20/05/2014	9,999	27/05/2014	9,996
06/05/2014	10,006	13/05/2014	10,003	20/05/2014	10,005	27/05/2014	10,001
06/05/2014	9,999	13/05/2014	9,99	20/05/2014	9,998	27/05/2014	9,996
07/05/2014	9,998	14/05/2014	9,999	21/05/2014	10	28/05/2014	10,002

07/05/2014	9,999	14/05/2014	10,006	21/05/2014	9,998	28/05/2014	9,996
07/05/2014	9,999	14/05/2014	9,997	21/05/2014	10	28/05/2014	9,997
07/05/2014	10	14/05/2014	10,001	21/05/2014	10,003	28/05/2014	10,001
08/05/2014	9,995	15/05/2014	10,001	22/05/2014	9,996	29/05/2014	10,005
08/05/2014	10,004	15/05/2014	9,994	22/05/2014	10,003	29/05/2014	10,002
08/05/2014	10,003	15/05/2014	10,003	22/05/2014	10	29/05/2014	9,996
08/05/2014	10	15/05/2014	10	22/05/2014	10,005	29/05/2014	10,006
09/05/2014	10,005	16/05/2014	9,997	23/05/2014	9,999	30/05/2014	9,997
09/05/2014	9,999	16/05/2014	9,996	23/05/2014	10,001	30/05/2014	10,002
09/05/2014	10,003	16/05/2014	9,999	23/05/2014	9,998	30/05/2014	9,996
09/05/2014	10	16/05/2014	9,994	23/05/2014	10,005	30/05/2014	10

Fonte. Dados de uma empresa que realiza manutenção em extintores (2014).

## Anexo A.2 – Rotinas do Software R para gerar os gráficos propostos

```
#####Março 2014#####
```

```
require(qcc)
```

```
require(SixSigma)
```

```
require(nortest)
```

```
IMRMarço=c(10,9.988,9.989,9.988,10.005,10.001,9.997,9.993,10.01,9.995,10.008,10.006,10
,10.009,9.998,9.995,9.986,10.002,10.009,10.017,10.002,10.004,9.991,9.993,9.996,10.012,9.9
95,9.993,10.001,9.998,9.994,9.983,10.013,9.996,10.011,10.004,9.999,9.986,10.013,9.999,9.9
97,10.007,9.992,10,9.994,9.996,10.004,10.007,9.998,9.994,10.001,10.001,9.998,10.01,10.01,
10.013,9.995,10.014,10.001,10.011,10.015,9.991,9.981,9.995,10.013,9.995,10.006,9.988,9.99
9,10.013,10.013,9.988,9.991,10.006,9.995,10.011,10.005,10.001,9.984,10)
```

```
CargaAguaMarçoMR=data.frame('MRMarço'=c(10,9.988,9.989,9.988,10.005,10.001,9.997,9.
993,10.01,9.995,10.008,10.006,10,10.009,9.998,9.995,9.986,10.002,10.009,10.017,10.002,10.
004,9.991,9.993,9.996,10.012,9.995,9.993,10.001,9.998,9.994,9.983,10.013,9.996,10.011,10.
004,9.999,9.986,10.013,9.999,9.997,10.007,9.992,10,9.994,9.996,10.004,10.007,9.998,9.994,
10.001,10.001,9.998,10.01,10.01,10.013,9.995,10.014,10.001,10.011,10.015,9.991,9.981,9.99
5,10.013,9.995,10.006,9.988,9.999,10.013,10.013,9.988,9.991,10.006,9.995,10.011,10.005,10
.001,9.984,10))
```

```
ad.test(IMRMarço) #Teste de Normalidade
```

```
ss.cc("mr", CargaAguaMarçoMR, CTQ = "MRMarço",climits = c(0, 0.02, 0.04)) #Amplitude
Móvel
```

```

q1<-qcc(IMRMarço,type="xbar.one", limits=c(9.98,10.02)) #Observações Individuais
#####Abril 2014#####
MRAbril=c(10.016,10.008,10.007,10.002,9.987,10.002,9.997,9.998,10.004,10.002,10.007,10.004,10,10.016,9.991,9.988,10.009,9.996,9.993,10,9.985,10.001,9.998,9.997,10.018,9.999,9.987,10.006,10.002,9.998,9.999,10.013,9.994,9.991,10.005,10.005,9.997,10.01,9.995,10.006,9.981,9.999,10.004,9.996,10.026,9.986,10.003,10.025,10.003,9.988,10.015,10.001,10,9.992,10.008,9.996,9.988,9.981,9.988,9.998,10.015,10.013,10.015,9.983,10.002,9.987,9.993,10.01,9.993,9.996,9.994,9.995,10.004,9.991,10.001,10.01,10.01,10.005,10.001,10)
CargaAguaAbrilMR=data.frame('MRAbril'=c(10.016,10.008,10.007,10.002,9.987,10.002,9.997,9.998,10.004,10.002,10.007,10.004,10,10.016,9.991,9.988,10.009,9.996,9.993,10,9.985,10.001,9.998,9.997,10.018,9.999,9.987,10.006,10.002,9.998,9.999,10.013,9.994,9.991,10.005,10.005,9.997,10.01,9.995,10.006,9.981,9.999,10.004,9.996,10.026,9.986,10.003,10.025,10.003,9.988,10.015,10.001,10,9.992,10.008,9.996,9.988,9.981,9.988,9.998,10.015,10.013,10.015,9.983,10.002,9.987,9.993,10.01,9.993,9.996,9.994,9.995,10.004,9.991,10.001,10.01,10.01,10.005,10.001,10))
ad.test(MRAbril) #Teste de Normalidade
ss.cc("mr", CargaAguaAbrilMR, CTQ = "MRAbril",climits = c(0, 0.02, 0.04)) #Amplitude Móvel
q2<-qcc(MRAbril,type="xbar.one",limits=c(9.98,10.02)) #Observações Individuais
#####Maio 2014#####
MRMaio=c(9.999,10.003,9.999,10,9.999,9.998,10.006,9.999,9.998,9.999,9.999,10,9.995,10.004,10.003,10,10.005,9.999,10.003,10,10.001,9.998,9.996,10.005,9.999,10,10.003,9.99,9.999,10.006,9.997,10.001,10.001,9.994,10.003,10,9.997,9.996,9.999,9.994,10.007,10.005,9.997,9.993,9.995,9.999,10.005,9.998,10,9.998,10,10.003,9.996,10.003,10,10.005,9.999,10.001,9.998,10.005,9.996,9.998,10,9.994,10.004,9.996,10.001,9.996,10.002,9.996,9.997,10.001,10.005,10.002,9.996,10.006,9.997,10.002,9.996,10)
CargaAguaMaioMR=data.frame('MRMaio'=c(9.999,10.003,9.999,10,9.999,9.998,10.006,9.999,9.998,9.999,9.999,10,9.995,10.004,10.003,10,10.005,9.999,10.003,10,10.001,9.998,9.996,10.005,9.999,10,10.003,9.99,9.999,10.006,9.997,10.001,10.001,9.994,10.003,10,9.997,9.996,9.999,9.994,10.007,10.005,9.997,9.993,9.995,9.999,10.005,9.998,10,9.998,10,10.003,9.996,10.003,9.996,10.003,10,10.005,9.999,10.001,9.998,10.005,9.996,9.998,10,9.994,10.004,9.996,10.001,9.996,10.002,9.996,9.997,10.001,10.005,10.002,9.996,9.997,10.001,10.005,10.002,9.996,10.006,9.997,10.002,9.996,10))
ad.test(MRMaio) #Teste de Normalidade

```



```
ss.cc("mr", CargaAguaMaioMR, CTQ = "MRMaio",climits = c(0, 0.02, 0.04)) #Amplitude  
Móvel  
q3<-qcc(MRMaio,type="xbar.one",limits=c(9.98,10.02)) #Observações Individuais
```

Fonte. Desenvolvido pelos autores (2014).