



Universidade Estadual da Paraíba  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Estatística

**José Ricardo**

# **Controle estatístico de qualidade aplicado em blocos de cerâmica**

Campina Grande  
Agosto de 2014

José Ricardo

# Controle estatístico de qualidade aplicado em blocos de cerâmica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Estatística.

Orientador:

Prof. Dr. Macio Augusto Albuquerque

Campina Grande

Agosto de 2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

R488c Ricardo, José.

Controle estatístico de qualidade aplicado em blocos de cerâmica [manuscrito] / José Ricardo. - 2014.

55 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Macio Augusto Albuquerque, Departamento de Estatística".

1. Controle estatístico de qualidade. 2. Controle estatístico do processo. 3. Planejamento. 4. Redução de erros. I. Título.

21. ed. CDD 658.562

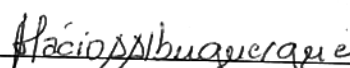
José Ricardo

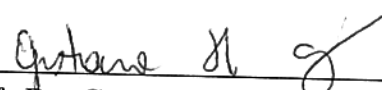
# Controle estatístico de qualidade aplicado em blocos de cerâmica

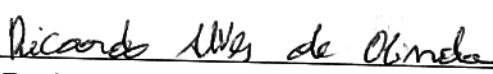
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística do centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Estatística.

Aprovado em: 06/08/2014

## Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Macio Augusto Albuquerque  
Orientador  
Universidade Estadual da Paraíba

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Esteves  
Universidade Estadual da Paraíba

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Olinda  
Universidade Estadual da Paraíba

# Dedicatória

Este trabalho é dedicado Àquele que é dono da ciência e do poder, ao Grandioso Deus e Senhor do universo. Pois onde começam os nossos infindos questionamentos, e, se esgotam todo o nosso conhecimento, aí começa. A Tua Soberania.

# Agradecimentos

Agradeço Àquele que é dono da Ciência e do Conhecimento, o Grande Deus, meu bondoso e Eterno Pai, por ter me dado a vitória durante todo esse período de trabalho intenso e de muitas dificuldades, sem ele nada do que tenho teria sido possível, a Ele todo louvor e toda glória.

A toda a minha família: Angelita Ricardo, minha mãe querida, sem a mesma não teria chegado até aqui, minha tia Ana, a minha fantástica filhinha Sâmela Keren, a minha grande amiga e irmã Rosemere Nóbrega, ao meu querido amigo Damião a vocês que sempre estão ajudando-me e ao meu lado, a cada um de vós o meu carinho dispensado, a vocês que foram comigo nos momentos difíceis, e que sempre me ajudaram quando mais precisei, mas uma vez meu muito obrigado.

Aos professores responsáveis pela minha graduação, Diana Maia, João Gil de Luna, Gustavo Esteves, Oseas Machado, Ana Cristina, Kátia Suzana, William de Paiva, Ernesto Trajano, André Ventura, Thiago Almeida de Oliveira. Obrigado ao meu orientador, não apenas orientador, mas também um grande amigo, professor Macio Augusto Albuquerque que aceitou o meu convite para me orientar em uma situação diferente das que são típicas nas orientações, ao meu grande amigo e professor Onildo dos Reis Freire, que sempre me incentivou de maneira constante e sempre depositando credibilidade em mim, ao professor amigo Ricardo Alves de Olinda um dos grandes ajudantes para que esse trabalho de graduação fosse possível.

Quero agradecer também a todos os meus colegas de graduação Elias, Kleber, Erasnilson, Micherlânia, Aninha, Andreza, Giovanni Bezerra Barbosa, Eveline, Izabel Cristina, Reginaldo F. Neves, Reinaldo, Bruno, Alexsandro Venceslau, Saulo Wesley, Juliana, Sara Verusca, Francieléia, Darck Maciel, Amanda, Neto, Socorro, Raquel Luna, ao homem das séries, Maxwell Aires, vocês foram de fundamental importância para o término do meu curso, obrigado a todos vocês, mesmo aqueles que aqui não foram mencionados, mas que estiveram ao meu lado, a todos meu muito obrigado.

# Resumo

Este trabalho justifica a importância que o controle estatístico de qualidade (CEQ) tem como ferramenta, de maneira a fazer com que se perceba que essa ferramenta já era utilizada na antiguidade, mesmo que ainda não se utilizando de técnicas tão apuradas como as de hoje, mas que já existia esse cuidado com a qualidade. Os valores do CEQ no período de guerra e pós guerra foram de fundamental importância, pelo fato de ter sido uma ferramenta para alavancar a qualidade em um momento tão delicado da humanidade. A maneira como essa ferramenta alavancou e embasou teorias concretas para melhorias da qualidade foi algo notório e de grande valia para o homem deste século. Com base dessas informações é que neste trabalho fez-se uso dessas ferramentas, e diante disso agregou-se aos indicativos sobre a produção de blocos de cerâmica. O controle estatístico do processo (CEP) foi à forma pela qual esses indicativos foram explicitados, de maneira que o (CEP), foi uma das técnicas do controle estatístico de qualidade (CEQ) utilizada aqui. Para tanto se fez necessário a utilização de gráficos de controle, cálculos do CP e CPK. Assim como a estatística descritiva, permeando-se o encontro da satisfação nos resultados finais. Para tanto foi através de amostras colhidas, que se pode utilizar toda a metodologia, vinculando-se também as técnicas de PDCA, haja vista a necessidade de empreender e otimizar a qualidade operacional vislumbrando a qualidade necessária para o projeto. As reduções de erros, que para todo processo são tão significativas, foram atacadas através das técnicas já mencionadas, objetivando alcançar os requisitos que o trabalho se propôs, no que chamam de qualidade total, ou seja, simplesmente a redução de prejuízos e a falta de qualidade no produto ou serviço destinado ao consumidor final.

**Palavras chaves:** Planejamento, Otimização, Redução de erros.

# Abstract

This work justifies the importance that the statistical control of quality (CEQ) has as a tool, in order to make you realize that this tool was used in antiquity, even if not using such techniques cleared as of today, but that already y existed that care about the quality. The values of the CEQ in war and post-war period were of fundamental importance, because it was a tool to leverage the quality in a delicate moment Of humanity. The way this tool leveraged and concrete the or I e served to improvements in the quality was something no torus and of great value to the man of this century. On the basis of this information is that this work was done using these tools, and given this added to indications on the production of ceramic blocks. The statistical process control (SPC) was the way in which these indications were explained, such that the (zip), was one of the techniques of statistical control of quality (CEQ) used here. For both if made necessary the use of control charts, calculations of CP and CPK. As well as the descriptive statistics, permeating the date of satisfaction in the final results. To do so was through samples, collected, you can use the entire methodology linking PDCA techniques too, given the need to undertake and optimize operational quality glimpsing the necessary quality for the project. The reductions in errors, which for all process are so significant, were attacked through the techniques al read y mentioned, aiming to achieve the requirements that the work proposed, in what they calla total quality, i.e. simply the reduction of losses and the lack of quality in the product service intended for the final consumer.

**Key words:** Planning, Optimization, Reduction of errors.



# Sumário

**Lista de Figuras**

**Lista de Tabelas**

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	p. 12
1.1	Objetivo Geral . . . . .	p. 13
1.2	Objetivos Específicos . . . . .	p. 13
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	p. 14
2.1	Definições de qualidade . . . . .	p. 16
2.2	Características e adequações aos métodos . . . . .	p. 16
2.3	A evolução nos métodos . . . . .	p. 17
2.4	Análise de causa e efeito . . . . .	p. 20
2.5	Monitoramento do processo . . . . .	p. 22
2.6	Gráfico de controle - construção . . . . .	p. 24
2.7	Cálculo da linha central . . . . .	p. 25
<b>3</b>	<b>Aplicação</b>	p. 28
<b>4</b>	<b>Discussão</b>	p. 29
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	p. 46
<b>6</b>	<b>Referências</b>	p. 47
	<b>Apêndice 1</b>	p. 50



# Lista de Figuras

1	Diagrama de evolução dos métodos . . . . .	p. 18
2	Diagrama de causa e efeito no processo de produção de blocos de cerâmica	p. 20
3	Ciclo de PDCA . . . . .	p. 21
4	Zona de ação ou zona corretiva de causas especiais. Adaptado por Borges (2009) . . . . .	p. 22
5	Gráfico de controle para detecção de causas especiais . . . . .	p. 23
6	Amplitudes no processo de fabricação em blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral . . . . .	p. 29
7	Gráfico de controle das médias para blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral . . . . .	p. 30
8	Histograma para blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral . . . . .	p. 30
9	Box-plot para blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral . . . . .	p. 31
10	Amplitudes no processo de fabricação em blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral . . . . .	p. 32
11	Gráfico de controle das médias para blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral . . . . .	p. 33
12	Histograma para blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral . . . . .	p. 34
13	Box-plot para blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral . . . . .	p. 35
14	Amplitudes no processo de fabricação em blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral . . . . .	p. 36
15	Gráfico de controle das médias para blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral . . . . .	p. 37
16	Histograma para blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral . . . . .	p. 38
17	Box-plot para blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral . . . . .	p. 39

18	Pareto para prejuízos acumulados dos problemas que tiveram maior frequência na fabricação de tijolos nos operadores A, B, C e D das Tabelas 2,3,4 e 5	p. 43
19	Pareto para prejuízos correspondentes a ordem cumulativa financeira nos operadores A, B, C e D . . . . .	p. 44
20	Tabela de fatores para construção de Gráficos de controle . . . . .	p. 53
21	Tabela de fatores para construção de Gráficos de controle . . . . .	p. 54

# Lista de Tabelas

1	Ficha de Verificação para melhoria no processo de fabricação de blocos de cerâmica . . . . .	p. 39
2	Operador A para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica . . . . .	p. 40
3	Operador B para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica . . . . .	p. 40
4	Operador C para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica . . . . .	p. 41
5	Operador D para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica . . . . .	p. 41
6	Análise dos prejuízos que mais agrediram o fator financeiro na fabricação de tijolos conforme os Operadores nas Tabelas 2,3,4 e 5 . . . . .	p. 42
7	Dimensões dos tijolos em cm para o 1º conjunto de amostras . . . . .	p. 50
8	Dimensões dos tijolos em cm para o 2º conjunto de amostra . . . . .	p. 51
9	Dimensões dos tijolos em cm para o 3º conjunto de amostras . . . . .	p. 52

# 1 Introdução

Controle estatístico de qualidade (CEQ) é uma das grandes ferramentas da Estatística utilizada para a otimização dos processos na gestão de qualidade, que podem ser chamados de gerenciamento total. Ao longo dos anos, esse tem sido o grande desafio das empresas: a busca pelo aperfeiçoamento dos produtos e serviços, assim como a satisfação de seu consumidor final, seja no ambiente público e/ou privado. Essa busca tem gerado um grande esforço daqueles que primam pela qualidade e pela melhoria contínua de resultados. Para tanto, o CEQ tem se mostrado uma ferramenta eficiente para esse gerenciamento.

É com essa performance que o CEQ se apresenta no uso de determinados pressupostos, tais como adequação ao uso das especificações, redução de perdas para a sociedade, diminuição de prejuízos para o meio ambiente, redução de prejuízos diretos para os compradores do produto, como quebras, consumo excessivo, assim como o valor do bem ou o serviço que quantifica o grau de satisfação do consumidor com respeito a várias questões. Outro fator de grande importância no CEQ é a redução de variabilidade, quando o produto ou serviço não está conforme ou fora do padrão, isto é, quando deixa de corresponder a uma ou mais especificações.

A apresentação de gráficos também será necessária, tendo em vista que, no meio industrial e administrativo, essa ferramenta é aplicada com muita frequência, e uma das atividades universalmente aceita, onde o foco é otimizar a produtividade e a lucratividade da empresa. De posse dessas mensurações, pode-se adquirir embasamento e qualidade científica no monitoramento dos processos.

Diante do exposto, este trabalho destina-se a mostrar que de fato o controle estatístico de qualidade é uma ferramenta de suma importância em todas as áreas onde se queira qualidade, embora aqui irá se trabalhar com indicativos em um ramo específico, onde a aplicação alvo será o controle estatístico do processo (CEP), que tem finalidade de grande importância no CEQ, no qual é uma das grandes ferramentas de otimização desse processo de qualidade.

Segundo Juran e Gryna, (1993), Processo de Controle é um ciclo de *feedback* através do qual medimos o desempenho real, comparando-o com o padrão, e agimos sobre a

diferença. Quanto mais rápida a resposta ao desvio do padrão, mais uniforme a qualidade produzida. Qualquer combinação específica de máquinas, ferramentas, métodos, materiais e/ou pessoas empregadas para atingir qualidades específicas num produto ou serviço. (JURAN; GRAYNA, 1993).

## 1.1 Objetivo Geral

Utilizar o controle estatístico do processo CEP, para se buscar indicativos de causas influenciáveis no processo de produção em tijolos de cerâmica.

## 1.2 Objetivos Específicos

- i*) Realizar análises descritivas tais como: média, desvio padrão e variância;
- ii*) Aplicar o controle estatístico do processo CEP, atribuindo-se as mensurações para construção de gráficos, para tomada de decisões;
- iii*) Implementar melhorias no processo quando de posse dos resultados das análises e propor melhorias na otimização do processo.

## 2 Fundamentação Teórica

A sigla ISO vem do prefixo grego e significa “igual”, para que se compreenda que ISO não é uma abreviatura do nome da entidade (International Organization for Standardization), que então seria IOS. (MELLO; CAMARGO, 1998). Os padrões de qualidade que despertam atualmente o interesse e a atração das empresas é de fato um assunto muito antigo.

Com a globalização da economia e a formação de blocos entre países, surgiu a necessidade de buscar um consenso internacional de normas para relações contratuais (MELLO; CAMARGO, 1998). Essa necessidade levou a Organização Internacional para Normalização (ISO) a coordenar um empreendimento, baseado na experiência do Reino Unido com a BS 5750, resultando, em 1987, no lançamento das primeiras normas da família ISO 9000, então denominadas:

- i*) ISO 9000 - Normas de Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade: Diretrizes para Seleção e Uso;
- ii*) ISO 9001 - Sistemas da Qualidade: Modelo para Garantia da Qualidade em Projeto, Desenvolvimento, Produção, Instalação e Assistência Técnica;
- iii*) ISO 9002 - Sistema da Qualidade: Modelo para Garantia da Qualidade em Produção, Instalação e Assistência Técnica;
- iv*) ISO 9003 - Sistema da Qualidade: Modelo para Garantia da Qualidade em Inspeção, e Ensaio Finais;
- v*) ISO 9004 - Gestão de Qualidade e Elementos de Sistema da Qualidade: Diretrizes. (MELLO; CAMARGO, 1998).

A necessidade de aumentar a produção e a qualidade incentivou a pesquisa de novas técnicas. Foi assim que, em 1760, apareceu a máquina de fiar. Em 1779, implantou-se o uso de um invento que se tornou a marca registrada da Revolução Industrial: a máquina de vapor de James Watt (TOTA; BASTOS, 1996).



Observa-se que o termo qualidade não vem de agora, mas de muitos séculos atrás, quando o homem estava constantemente buscando melhorias em seus projetos. “A partir daí, surgiu a fábrica moderna. Perto dela, tudo que tinha acontecido antes, no que se referia à fabricação de produtos, parecia brincadeira. Numa fábrica, o produto passava por múltiplas e sucessivas operações, diminuindo-se muito o tempo de fabricação de cada peça e multiplicando-se rapidamente a quantidade de peças produzidas. O trabalho do homem mudou radicalmente” (TOTA; BASTOS, 1996).

Segundo relatos históricos, os egípcios estabeleceram um padrão de medida de comprimento, o cúbito, há mais de quatro mil anos atrás. Todas as suas construções eram baseadas na unidade de medida cúbito. Era dever do responsável pela construção comparar o padrão que utilizava com o padrão real, pois em caso de erro de medição esse seria punido com a morte (JURAN; GRZYNA, 1988).

O resultado de tamanha preocupação com a medição é evidente na construção das pirâmides, nos quais os egípcios teriam obtido precisões de ordem de 0,05%. Existem outros exemplos na história, tais como os grandes templos construídos na Grécia e na Roma antiga, as navegações no século XVI, as catedrais medievais. Em todas essas realizações, não utilizavam instrumentos de precisão ou técnicas sofisticadas. Na França, os construtores de catedrais utilizavam simples compassos e cordas com nós e intervalos regulares para desenhar e na construção de edifícios.

A revolução industrial foi um marco na história da qualidade, pois foi um período de profundas mudanças econômicas e sociais, que tem como exemplo o início da automação e surgimento do consumo em massa, com surgimento de milhares de empresas, o que logo ocasionou a concorrência entre elas, que, por sua vez, desencadeou um processo de melhorias contínuas que permanecem até hoje. Em 1924, o matemático Walter Shewhart introduziu o Controle Estatístico de Qualidade e, na década de 1940, surgiram vários organismos ligados a qualidade, assim foi o caso da ASQC (American Society for Quality Control), a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e, ainda, a ISO. A Segunda Guerra Mundial também contribuiu com o processo, quando as técnicas de manufatura foram apropriadas para fabricação de material bélico.

O Japão destacou-se como um importante pólo no assunto e contribuiu com diversas novas ferramentas. O método de Taguchi para projeto experimental, a metodologia 5S ou, ainda, os diagramas de causa e efeito de Ishikawa, também conhecidos como diagramas espinha de peixe. Nos anos 50 e início dos anos 60, Armand V. Feigenbaum publicou os princípios básicos de Controle Estatístico de Qualidade, ou *Total Quality Control* (TQC).

Até este momento, os esforços para a qualidade eram direcionados primordialmente para as atividades corretivas e não para a prevenção. O final dos anos 70 e os anos 80 foram marcados pelo esforço para a qualidade em todos os aspectos de negócio e de organizações prestadoras de serviços, incluindo finanças, vendas, pessoal, manutenção, gerenciamento, produções e serviços. Na atualidade, qualidade se tornou um requisito de sobrevivência para as empresas, que precisam ser eficientes em meio a concorrência e a clientes mais conscientes e exigentes.

## 2.1 Definições de qualidade

Qualidade constitui, em sua essência, um meio para gerenciar a organização. Assim como contabilidade e *marketing*, qualidade tornou-se um elemento importante do gerenciamento moderno. E a eficácia no gerenciamento da qualidade passou a constituir uma condição imprescindível para a eficiência do próprio gerenciamento industrial, (FEIGENBAUM, 1994).

Segundo Taguchi (1986), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente às especificações, atingindo o valor alvo com a menor variabilidade possível em torno dele.

Controle estatístico de qualidade CEQ, é a aplicação de técnicas estatísticas para medir e otimizar a qualidade de processos. CEQ inclui CEP, ferramentas de diagnóstico, planos de amostragem e outras técnicas estatísticas para aperfeiçoamento do processo.

## 2.2 Características e adequações aos métodos

Segundo Montgomery (1985), essas características podem ser de diversos tipos: físicos, tais como comprimento, peso, voltagem e viscosidade; sensoriais, como gosto, aparência e cor; ou de orientação temporal, como confiabilidade, manutenção, utilidade e durabilidade. Juran e Gryna (1991), distinguem três componentes da qualidade: 1) Qualidade da concepção (design); 2) Qualidade da confiabilidade; e 3) Qualidade do desempenho (performance). É no contexto do segundo componente que se desenvolve o controle estatístico de qualidade.

Admitindo-se que existe alguma variabilidade nas características da qualidade de um produto, essa variação pode ter duas origens. Se por um lado, essa variabilidade é devida a “causas naturais”, isto é, ao acaso inerente a todos os processos. Por outro lado,

poderá estar relacionada com causas identificáveis nas máquinas desreguladas, falta-de-atenção dos operadores, deficiências da matéria-prima e etc. A magnitude da variação originada por estas causas é superior àquela devida ao acaso, que é possível descrever estatisticamente.

A qualidade, enquanto conceito, evoluiu da adequação ao padrão para adequação às necessidades dos clientes (SHIBA, 1993) e (MARTINS, 1998). Hoje percebe-se a qualidade não apenas na indústria, onde começou a ser desenvolvida, no período pós guerra, mas em vários campos e seguimentos onde exista um público interessado em um produto ou serviço, a qualidade tem que estar bem presente.

Uma pesquisa sobre os impactos de programas de gestão na qualidade total do desempenho de empresas britânicas concluiu que os efeitos foram benéficos (MANN; KEHOE; MARTINS, 1994). De forma a obter um maior entendimento do relacionamento entre atividades da qualidade e do desempenho dos negócios, pesquisadores precisam desenvolver um método mais sofisticado de medição dos efeitos das atividades de qualidade (MANN; KEHOE; MARTINS, 1994).

Não tem como se pensar em satisfação e confiabilidade em produtos e serviços, nos dias de hoje, sem a presença dessa ferramenta tão importante. O controle estatístico de qualidade proporciona um índice de segurança confortável na tomada de decisão e/ou nas respostas a serem trazidas ao mundo da globalização e da competitividade, onde os erros sempre irão existir. De posse dessa técnica/ferramenta as possibilidades de erros serão as menores possíveis.

Conforme Juran (1993), Martins e Neto (1998). “Podemos aumentar nossa perspectiva, voltando nossos olhos ao caminho percorrido até hoje - aos primeiros processos de gerenciamento para a qualidade”. De acordo com essas informações iniciais que se intui mostrar, as características do controle estatístico de qualidade CEQ, pode-se gerar benefícios de grande importância, seja como indicador direto ou indireto nas resoluções de problemas, aumentando-se assim a capacidade satisfatória do custo/benefício e a redução das perdas, assim como a qualidade do produto ou serviço até o consumidor final, onde essa postura já é percebida tanto nas empresas privadas como nos órgãos públicos.

## 2.3 A evolução nos métodos

O diagrama de evolução foi uma das maneiras que Shiba (1993), encontrou para expressar essas fases. Na primeira fase de adequação ao padrão, o foco era a qualidade



Figura 1: Diagrama de evolução dos métodos

de conformação obtida basicamente por meio de inspeção. A empresa considerava que o projeto do produto atendia às necessidades dos clientes, sendo a qualidade um problema de conformação. Na segunda fase de adequação ao uso, o foco era a qualidade do projeto que assegurasse a satisfação das necessidades de fato dos clientes e não aquilo que os projetistas pensavam ser. Entretanto, a adequação ao uso era obtida basicamente por inspeção, o que elevava o custo da qualidade. Na terceira fase de adequação ao custo, o foco era a qualidade da conformidade de acordo com as reais necessidades dos clientes. Era necessário obter alta qualidade combinada com baixos custos. “A necessidade de adequação ao custo tornou o conceito de qualidade multidimensional” (SHIBA, 1993). Na quarta fase de adequação às necessidades latentes, o foco é a concepção de produtos ou serviços que venham satisfazer àquelas necessidades dos clientes as quais eles ainda não têm consciência plena. De modo a implementar o conceito da qualidade, a gestão de qualidade também acompanhou a evolução do conceito.

Segundo Ishikawa (1993), e Martins (1998), “praticar um bom controle de qualidade, é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que seja mais econômico, mais útil e satisfatório para o consumidor”. De acordo com Ishikawa, só é possível a organização, o atingimento dos objetivos almejados para um controle satisfatório, com o comprometimento de todos e/ou trabalho em equipe.

De fato, esse tipo de pensamento é de extrema preponderância para que, em todo o

processo, haja êxito, desde a arquitetura, ao desenvolvimento e à finalização do processo, que tem como objetivo final o consumidor, que a cada dia se torna mais exigente com relação a qualidade, seja ela no produto ou serviço prestado. Essa prática será possível se todos estiverem com o mesmo ideal: direção, gerência, técnicos e operadores.

A proposta de Harrison e Meng (1995) tem os custos da qualidade total como elemento principal para medir o desempenho da qualidade. Esses custos, por sua vez, são formados pelos custos da qualidade, funções de perdas ponderadas e parâmetros de Controle Estatístico de Processos para pequenos lotes. Os custos da qualidade são formados pelos custos de gestão da qualidade (prevenção, avaliação e melhoria), pelos custos dos desvios da qualidade esperada (falhas internas e falhas externas) e pelos custos intangíveis da qualidade (empregados, clientes e melhoria). Essa proposta procura quantificar os custos da qualidade de forma expandida, porém não permite a quantificação direta da satisfação dos consumidores, dos empregados, dos fornecedores e da sociedade. Em alguns casos, como, por exemplo, na satisfação dos consumidores, isso é feito de forma indireta, pois os custos da qualidade total são apenas uma parcela dos custos totais. Além disso, não é definido nenhum nível de abrangência, (MARTINS, 1998).

Buscar-se a qualidade no produto ou no serviço do ponto de vista lógico é retirar tudo o que não inspira qualidade, afinal, onde não há qualidade, há a existência da não qualidade. Fala-se muito em qualidade total no meio industrial, assim como no meio administrativo, seja ele no setor público ou privado e ainda nas prestações de serviço com qualidade em ambos os casos. Tudo hoje está vinculado a essa necessidade, pois as normas técnicas tem caráter de Lei. Para tanto, é importante definir o que seja essa qualidade ou qualidade total muito conhecida na atualidade de um mundo corporativo que cresce em tecnologia exorbitantemente.

Um produto sob um CEQ é um produto que não apresenta problemas indesejáveis, problemas esses que são frutos de um processo mal planejado, executado de maneira ineficiente, onde não foi checado ou inspecionado antes de sua ação. Foi fabricado fora dos padrões exigidos em seu processo de fabricação, de maneira que esses problemas irão interferir na qualidade e no resultado final. Quando fala-se em qualidade total não se tem a pretensão de afirmar que o produto ou serviço seja 100% isento de erros, mas quer dizer que aquele produto ou serviço foi inspecionado e avaliado em seu processo dentro de uma norma técnica com altos índices de rigor, onde buscou-se através desse processo de inspeção a minimização desses erros a ponto de provocar um alto índice de satisfação àquele que adquire o produto ou serviço final.

## 2.4 Análise de causa e efeito

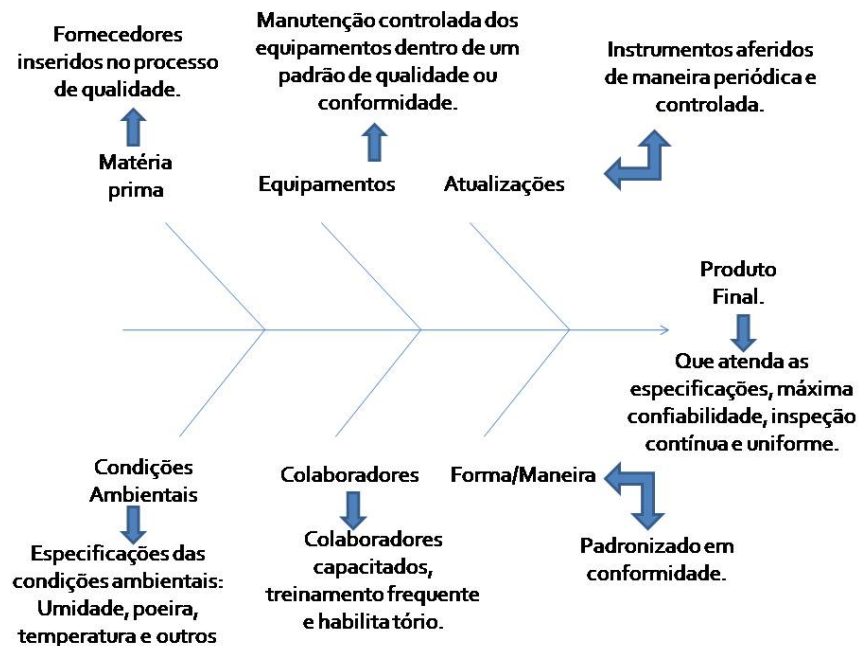


Figura 2: Diagrama de causa e efeito no processo de produção de blocos de cerâmica

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como espina de peixe é uma das ferramentas utilizadas para uma análise eficiente de uma ou não conformidade, o resultado obtido com essa ferramenta ajudará a originar o ciclo de PDCA (SIMÕES, 2014). O diagrama permite que sejam sugeridas as causas de um problema para que se possam ser formuladas sugestões de melhoria, estruturando as causas bem como seus efeitos sobre a qualidade (KUME, 1993)

O método dos 6M assim como também é conhecido pelo fato de estar relacionado com a maneira de avaliação processo, de maneira que cada "M" tem seu significado e suas próprias relações, onde os 6Ms consistem em: Método, Matéria prima, Mão de obra, Máquinas, Medida e Meio ambiente (FALCONI; ISHIKAWA, 1991).

O ciclo de PDCA (Plan, Do, Check, Action), ciclo de Shewahrt, também conhecido como ciclo de Deming, muito utilizado no Japão após a guerra. Com as dificuldades enfrentadas pelo Japão depois de ter perdido a guerra, no que concernia ao controle de qualidade, principalmente na indústria de telecomunicações, houve as imposições americanas para que o Japão investisse ou implantasse um método eficaz, devido a má qualidade nesse setor, cujo os prejuízos e as dificuldades eram constantes na administração militar americana no Japão (SIMÕES, 2014).

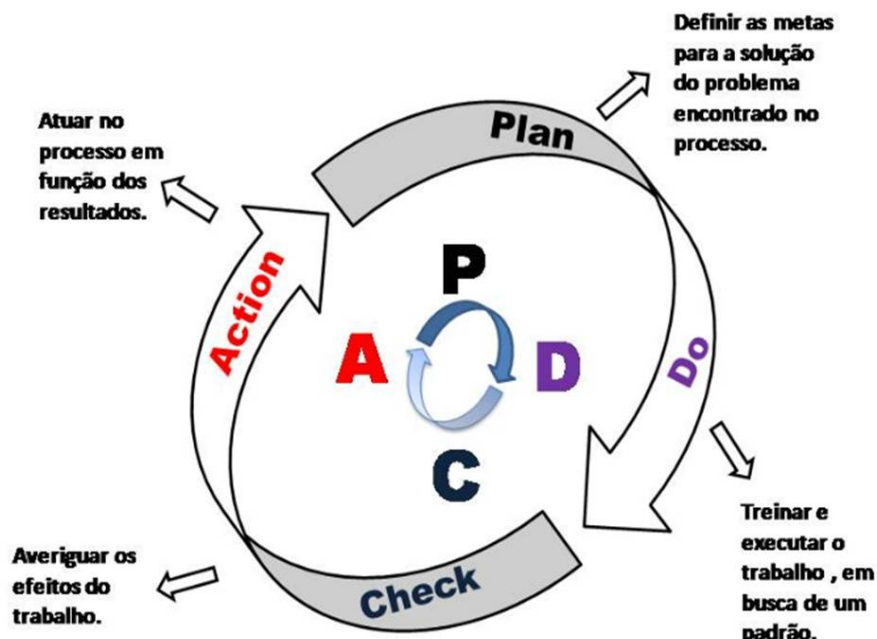


Figura 3: Ciclo de PDCA

O ciclo PDCA tornou-se uma das ferramentas da qualidade que tem a finalidade de melhorar os resultados ajudando a encontrar as causas que originam um problema, assim como dinamizar uma ação eficaz para a solução desse problema (KUME; SIMÕES; RIBEIRO, 1993). Esse método de análise indica a maneira como uma ação deve ser conduzida e o que deve ser seguido para que as metas sejam alcançadas (WERKEMA; SIMÕES; RIBEIRO, 1995). Na utilização do método PDCA, muitas ferramentas e artifícios técnicos de melhoria contínua serão agregados, artifícios técnicos esses que serão utilizados para promover o desenvolvimento das etapas que envolvem o ciclo (VIEIRA; SIMÕES; RIBEIRO, 1999).

Outra maneira de se buscar indicativos para melhoria do processo, é através do gráfico de Pareto. O gráfico de Pareto dispõe informações, de forma a permitir a concentração de esforços, para a melhoria nas áreas onde os maiores ganhos podem ser obtidos, (WERKEMA, 1995). O princípio de Pareto também estabelece que um problema pode ser atribuído a um pequeno número de causas, logo, se forem identificadas as poucas causas vitais dos poucos problemas vitais enfrentados pela empresa, será possível eliminar quase todas as perdas por meio de pequeno número de ações (WERKEMA, 1995).

## 2.5 Monitoramento do processo

De acordo com Borges (2009), para verificar se um processo está de acordo com o controle estatístico (ausência de causas especiais de variação), utiliza-se o padrão de não aleatoriedade na configuração dos pontos do gráfico de controle. Em 1931, Shewhart propôs um critério para análise da falta de estabilidade do processo. Posteriormente Western Electric, em 1958, Nelson, em 1985, propuseram critérios suplementares com objetivo de se aumentar a eficácia na detecção de padrões que indiquem a presença de causas especiais de variação (BASTOS, 2011).

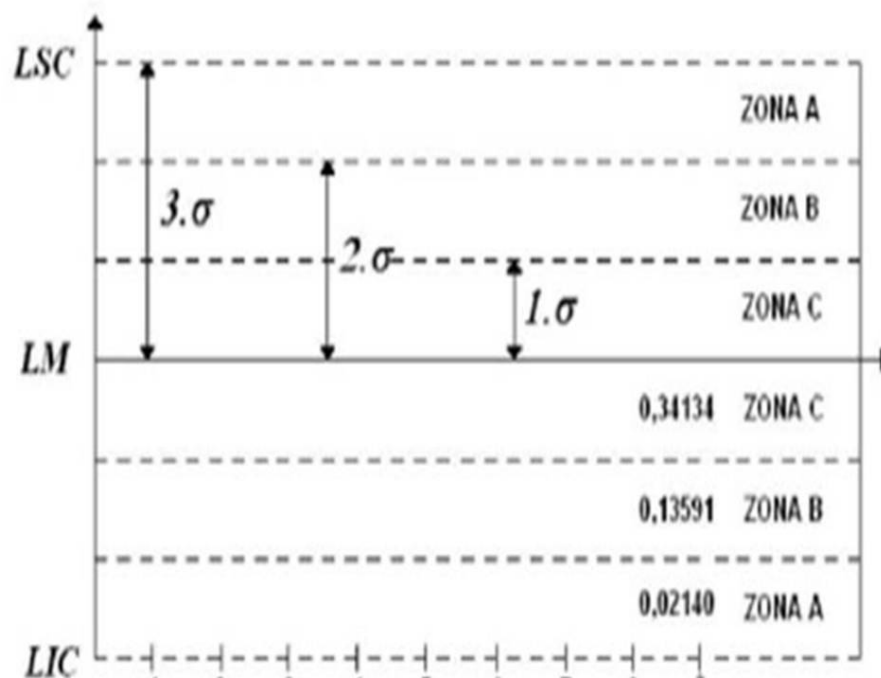


Figura 4: Zona de ação ou zona corretiva de causas especiais. Adaptado por Borges (2009)

A Figura 4 apresenta as regiões de ação para os gráficos de controle, ou seja a região de ação, nada mais é do que uma região de observação, quando pontos estão presentes nessa região, e esses pontos têm características inerentes a esses critérios, é um sinal de que o processo precisa ser avaliado, e medidas corretivas serem tomadas. A presença desses critérios na região de ação é um sinal da presença de causas especiais.

- i*) Critério 1: Um ou mais pontos além da zona A, ou seja acima do LSC ou abaixo do LIC;
- ii*) Critério 2: Nove pontos consecutivos na mesma metade do gráfico, ou seja todos acima ou todos abaixo do LC ou LM;



- iii)* Critério 3: Seis pontos consecutivos aumentando ou diminuindo;
- iv)* Critério 4: Quatorze pontos consecutivos alternando-se para cima e para baixo no gráfico;
- v)* Critério 5: Dois ou três pontos consecutivos na Zona A;
- vi)* Critério 6: Quatro em cinco pontos consecutivos na Zona A e B;
- vii)* Critério 7: Quinze pontos consecutivos na Zona C
- viii)* Critério 8: Oito pontos consecutivos de ambos os lados da linha média, nenhum deles na Zona C.

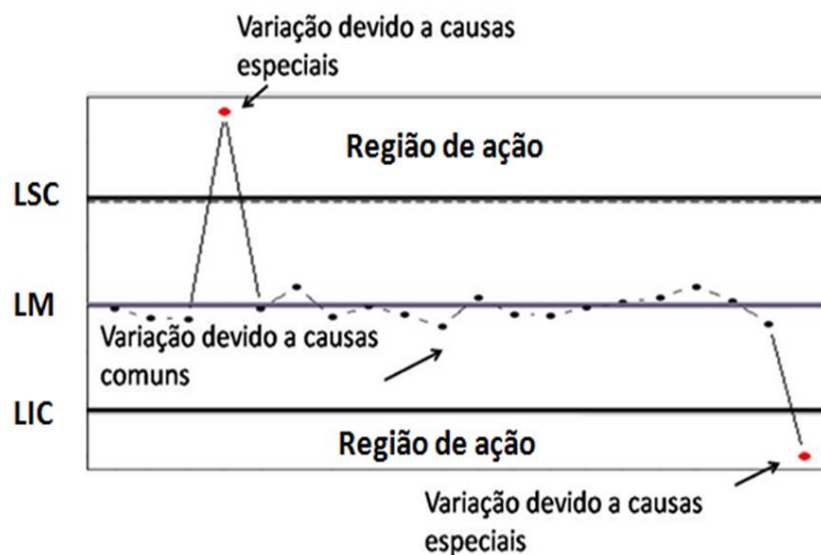


Figura 5: Gráfico de controle para detecção de causas especiais

Os processos devem ser monitorados para detectar-se a presença de causas especiais, detectada essa presença, deve-se investigar estas causas e intervir para que haja a correção do problema. Os Gráficos de Controle são a principal ferramenta para monitorar processos. Os Gráficos  $\bar{X}$  e  $R$  possuem Limite Superior de Controle (LSC), uma Linha Média (LM) e um Limite Inferior de Controle (LIC) e monitoram processos cuja característica de qualidade de interesse  $X$  é uma grandeza contínua mensurável.

Regra de Decisão do Gráfico enquanto os pontos distribuem-se aleatoriamente em torno a Linha Média (LM) não se deve intervir no processo (Processo em Controle). Se um dos pontos cair na região de ação do gráfico, deve-se intervir no processo (Ação Corretiva).

O afastamento excessivo em relação à LM deve-se provavelmente a alguma causa especial, ou seja, é improvável se o processo estiver sujeito apenas as causas aleatórias.

É preciso enfatizar também a necessidade de saber-se sobre a capacidade e a potência do processo, para isto, existe o estudo de capacidade do processo. Esse estudo serve para diagnosticar se o processo é estável e se tem comportamentos previsíveis. Segundo Werkema (1995), a capacidade do processo é definida a partir da faixa  $\mu \pm 3\sigma$ , a qual é denominada faixa característica do processo. Se o processo estiver sob controle e se for verdadeira a suposição de normalidade, 99,73% dos valores da variável  $X$  de interesse devem pertencer a faixa. Um processo pode não ser capaz por apresentar: elevada variabilidade, média deslocada em relação ao ponto médio dos limites de especificação (valor nominal). O índice de  $C_p$  é dado por

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

O  $C_p$  será capaz quando  $C_p \geq 1,33$ , aceitável  $1 \leq C_p \leq 1,33$  e incapaz quando  $C_p \leq 1,33$ .

Para avaliar a potência, desempenho do processo, utiliza-se o método conhecido como índice de  $C_{pk}$ . Segundo Kane (1986), o índice de  $C_{pk}$ , reflete a média de proximidade do processo corrente tanto em relação ao limite superior de especificações (LSE), como ao limite inferior de especificações (LIE). onde esse índice pode ser estimado por

$$C_{pk} = \min\left[\frac{(\bar{X} - LIE, LSE - \bar{X})}{6\sigma}\right]$$

O índice de  $C_{pk}$  permite avaliar se o processo está sendo capaz de atingir o valor nominal da especificação, já que ele leva em consideração o valor da média do processo. O índice de  $C_{pk}$  pode ser interpretado como uma medida real do processo. Quando a média do processo coincide com o valor nominal da especificação, tem-se  $C_p = C_{pk}$  (WERKEMA, 1995).

## 2.6 Gráfico de controle - construção

Segundo Esteves (2009), se a característica da qualidade for uma variável e se representarem as médias das amostras,  $\bar{X}$ , então tem-se gráficos para controle das médias (gráficos de  $\bar{X}$ ) que permitem controlar o nível médio da característica de qualidade no processo. Por outro lado, se representarem as amplitudes das amostras,  $R$ , então tem-se os gráficos de controle das amplitudes (gráficos de  $R$ ) que permitem controlar a variabilidade da

característica de qualidade no processo.

Conforme Esteves (2009), a elaboração de gráficos de controle por variáveis deve considerar o seguinte: 1º definir claramente o objetivo do controle da qualidade e a variável a controlar; 2º definir o tamanho das amostras, ou seja, o número de itens/produtos a amostrar (geralmente  $n = 5$ ), e a frequência de amostragem que depende do ritmo de produção - deve selecionar aleatoriamente, os elementos da amostra (cada amostra deve ser homogênea embora se deva permitir variabilidade entre amostras); 3º elaborar formulários para aquisição dos dados; 4º determinar método de medição; e 5º elaborar o gráfico de controle.

## 2.7 Cálculo da linha central

Quando se conhece a qualidade média do processo,  $\mu$  e/ou sua variabilidade,  $\sigma$  i.e.; existem especificações. A linha central ( $LC$ ) nos gráficos de  $\bar{X}$  e de  $R$  obtém-se através de

$$\begin{aligned} LC &= \mu && \text{(no gráfico } \bar{X} \text{)} \\ LC &= d_2\sigma && \text{(no gráfico de } R \text{).} \end{aligned}$$

No caso em que na prática os parâmetros populacionais  $\mu$  e/ou  $\hat{\sigma}$  são desconhecidos, é possível obter a linha central ( $LC$ ), nos gráficos de controle das médias e das amplitudes a partir de  $\bar{X}_i$  e  $R_i$  de cada uma das  $k$  amostras, ou seja, para a amostra  $i$ , a média é  $\bar{X}_i$

$$LC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

e por conseguinte, a linha central será a média das médias:

$$LC = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{X}_j \quad \text{(no gráfico de } \bar{X} \text{)}$$

Analogamente para a amostra  $i$  obtém-se a respectiva amplitude  $R_i$

$$R_i = X_{i(max)} - X_{i(min)}$$

e, então, a linha central será

$$LC = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad \text{(no gráfico de } R \text{)}$$

Os limites superiores (LSC) e inferiores (LIC) para gráficos de  $\bar{X}$ , com  $\bar{X}$  e  $\sigma$  conhecidos, obtêm-se através de:

$$LSC = \mu + z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \mu - z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

em que o valor de  $z$  (na prática,  $z = 1, 2$  ou  $3$ ) reflete o grau de confiança na qualidade média dos produtos (para  $z = 1$  é de cerca de 68%, para  $z = 2$  é de aproximadamente 95% enquanto que para  $z = 3$  ronda os 99,9%). Quando interessam apenas os limites para  $z = 3$ , é possível usar as seguintes equações:

Segundo Esteves (2009) Para garantir a aleatoriedade, todos os itens/produtos devem ter igual probabilidade de serem escolhidas para integrar uma dada amostra. Também suporemos que a amostra segue uma distribuição normal com  $N(\mu, \sigma^2)$ .

$$LSC = \mu + A\sigma$$

$$LIC = \mu - A\sigma$$

em que  $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$  para o tamanho da amostra  $n$  pretendido. No caso dos gráficos de  $R$ , e conhecendo o desvio-padrão amostral  $\sigma$ , os limites superior e inferior de controle podem-se ser calculados através de:

$$LSC = d_2\sigma + Z d_3\sigma$$

$$LIC = d_2\sigma - Z d_3\sigma$$

em que  $d_2$  e  $d_3$ . Para  $z = 3$ , os limites de controle determinam-se através de:

$$LSC = D_2\sigma$$

$$LIC = D_1\sigma$$

sendo que os valores de  $D_1 = d_2 - 3d_3$  e  $D_2 = d_2 + 3d_3$ , estão expostos na Figura 12.

Na prática os parâmetros populacionais,  $\mu$  e/ou  $\sigma$  são desconhecidos e sabendo-se que a melhor estimativa do desvio-padrão é dada por  $\hat{\sigma}_x = \frac{\bar{R}}{d_2}$  então, os limites de controle para os gráficos de  $\bar{X}$ , podem ser calculados pelas equações:

$$LSC = \bar{X} + z \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

$$LIC = \bar{X} - z \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

em que  $d_2$  é obtido da Figura 12. Considerando apenas  $z = 3$ , as equações anteriores podem tomar a seguinte forma:

$$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

sendo que  $A_2$  é obtido Figura 12. No caso dos gráficos de  $R$ , com  $\mu$  e/ou  $\sigma$  desconhecidos, os limites de controle obtêm-se recorrendo as equações:

$$LSC = \bar{R} + z d_3$$

$$LIC = \bar{R} - z d_3$$

em que  $d_2$  e  $d_3$ , são obtidos da Figura 12. Se se considerar  $z = 3$ , então

$$LSC = \bar{R} D_4$$

$$LIC = \bar{R} D_3$$

Uma vez que  $D_3 = 1 - 3d_3/d_2$  e  $D_4 = 1 + 3d_3/d_2$  também expostos na Figura 12. Por vezes  $\mu$  está pré-definido, mas não se conhece mais nenhum parâmetro do processo, logo será necessário conjugar as equações mais adequadas. Por exemplo, pretende-se uma determinada qualidade média  $\mu$  mas desconhece-se  $\sigma$ , então poderá recorrer-se as equações (15) a (18), substituindo  $\mu$  por  $\bar{X}$  Deve elaborar-se um grafico de  $\bar{X}$  (e/ou  $R$ ) para cada variável em estudo.

$\mu_0$  = média da distribuição de  $X$

$\sqrt{\sigma}$  = Desvio-padrão da distribuição de  $X$

Os limites do gráfico de controle são determinados com base nestes parâmetros, onde a média deve coincidir com o valor-alvo especificado. Se este valor não estiver definido, ele deve ser estimado. O Desvio-padrão é estimado e as estimativas devem ocorrer em período em que o processo permanece isento de causas especiais.

## 3 Aplicação

Em todo processo, é natural a presença de variabilidade, assim sendo, os gráficos de controle são necessários na monitorização dessas variabilidades, nos quais podem ser causadas aleatoriamente, chamadas de causas naturais, atribuídas ao acaso, bem como as variabilidades sistemáticas, que são causadas pela falta de ajustes, tais como máquinas desajustadas, erros de operador, matéria prima com defeitos, entre outras, as quais podem ser controladas.

A proposta deste estudo é fazer o monitoramento do processo, buscando-se mostrar a ocorrência ou não de possível descontrole, permitindo-se desta forma a melhoria do desempenho do processo, a fim de que sejam evitados custos desnecessários diante da produção inadequada.

Para isto, coletou-se as amostras de maneira aleatória e homogênea, esclarecendo aqui, que, o fator homogeneidade diz respeito a forma como as amostras foram colhidas, ou seja, usando-se o mesmo critério e fator de proporcionalidade, e, em momentos distintos para que fosse preservada a variabilidade amostral, para que cada um dos elementos dessa amostra tivesse a mesma chance de ser retirado e/ou escolhido, utilizando a técnica da amostragem aleatória e em momento diferentes da semana, para que fosse preservada a aleatoriedade. Diante desses pressupostos, foi desenvolvido o trabalho proposto, ou seja, a aplicação do controle estatístico do processo, cuja finalidade é validar através de gráficos os indicativos do processo na fabricação de tijolos em blocos de cerâmica.

Desta maneira, para cada tabela que contém as informações sobre as amostras colhidas, realizou-se a análise adequada, e, através dos cálculos dos limites de controle para os gráficos ( $\bar{X}$  e  $R$ ) e outros compreendidos para a análise sobre cada amostra, tomou-se decisões concernentes ao todo. O trabalho propõe-se verificar também a capacidade do processo através dos índices de  $cp$  e  $cpk$ , índices esses que são capazes de medir a potência e a capacidade do processo, de maneira a poder validar as conclusões quanto a limites de controle, tendências, assim como limites sequenciais próximos da linha média, que são conhecidos como periodicidade. Em seguida, se necessário, aplicar o ciclo de PDCA, onde de posse dessa ferramenta pode-se propor as melhorias ao processo.

## 4 Discussão

Para cada amostra foi calculado primeiro as amplitudes, pelo fato de que, mesmo estando processo em desajuste, não haverá problemas maiores na investigação do processo. Outra vantagem para o gráfico das amplitudes é que tem cálculo fácil, o estimador de "R" é não viesado, sendo assim tem ótima aceitação em pequenas amostras.

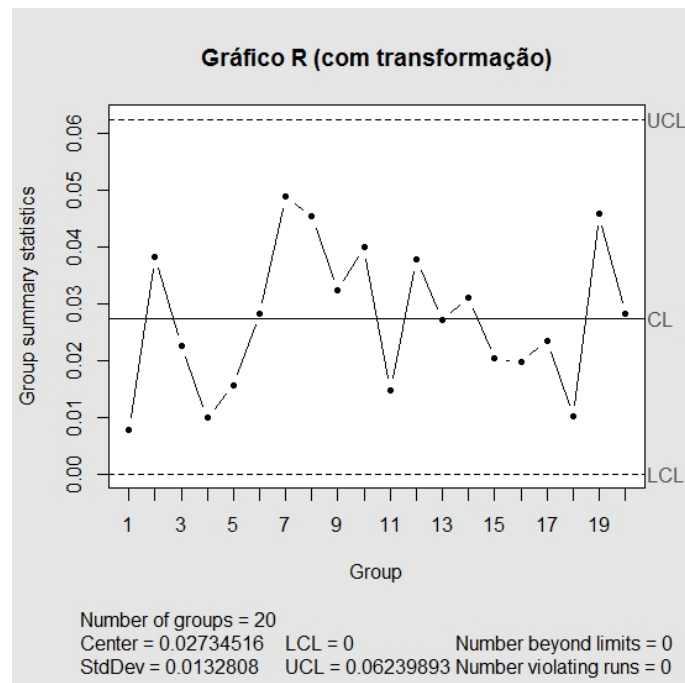


Figura 6: Amplitudes no processo de fabricação em blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral

A Figura 6 diz respeito ao resultado das mensurações da amplitude no primeiro conjunto de amostras colhidas, o gráfico da amplitudes mede a variabilidade do processo. Essas mensurações revelam que não foi encontrado distorções na variabilidade do processo de fabricação dos blocos de cerâmica, haja vista não foi encontrado nenhum ponto fora dos limites de controle, esse fenômeno indica também que a variabilidade da amostra é menor que a variabilidade do processo. Os dados da primeira amostra estão indicados na tabela expostas no apêndice.

Na Figura 7 Apresenta-se indicativos de que o 1º conjunto amostral de fabricação dos blocos de cerâmica está fora de controle estatístico de qualidade, haja vista existem

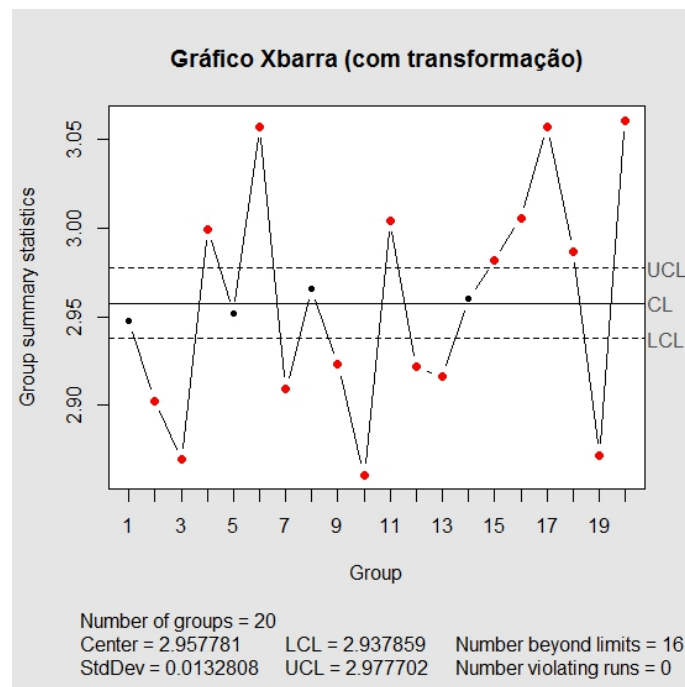


Figura 7: Gráfico de controle das médias para blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral

16 pontos fora dos limites de controle ou na região de ação do gráfico  $\bar{X}$ , caracterizando a não conformidade do processo. O que justifica a presença de causas especiais, como máquinas desajustadas, falhas dos operadores além de outros fatores controláveis.

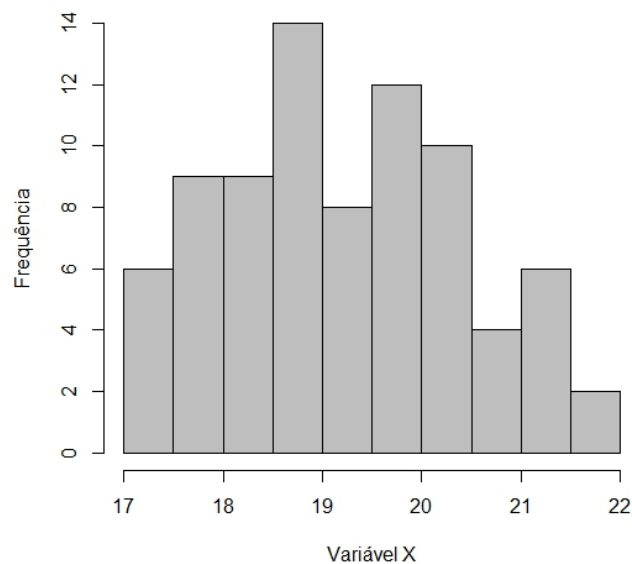


Figura 8: Histograma para blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral

Conforme a Figura 8 apresenta indícios de que existe uma maior frequência dos blocos de cerâmica no 1ª conjunto de amostra concentradas entre 18,0 cm e 19,0 cm, com uma



frequência de 23 blocos de cerâmica, variando neste neste intervalo. O resultado da média amostral no primeiro conjunto, teve seu valor estimado para o tamanho dos tijolos em cm igual a 19,321 cm, conforme a Tabela 7 do Apêndice.

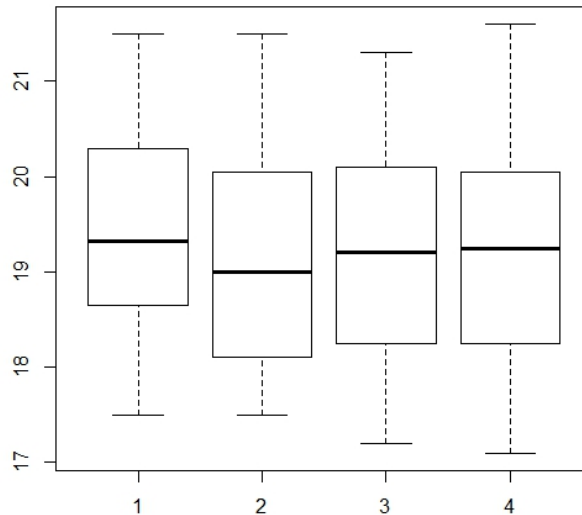


Figura 9: Box-plot para blocos de cerâmica no 1º conjunto amostral

Em conformidade com a Figura 9 observa-se que para o box-plot 1, existe uma assimetria contendo uma maior quantidade de valores sobrepujando a mediana. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,7 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,5 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_1$ . Conforme a Figura 9 observa-se que para o box-plot 2, existe uma assimetria contendo uma maior quantidade de valores sobrepujando a mediana, onde essa mediana tem valor inferior a média amostral. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,7 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,5 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_2$ . Conforme a Figura 9 observa-se que para o box-plot 3, a mediana confunde-se com a média e os seus valores distribuídos uniformemente em torno de si. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,5 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,3 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_3$ . Ainda conforme a Figura 9 observa-se que para o box-plot 4, existe uma assimetria contendo uma maior quantidade de valores inferiores a mediana. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,8 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,2 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_4$ . Os valores referen-

ciais para os cálculos das observações das variáveis citadas estão contidos na Tabela 7 do apêndice.

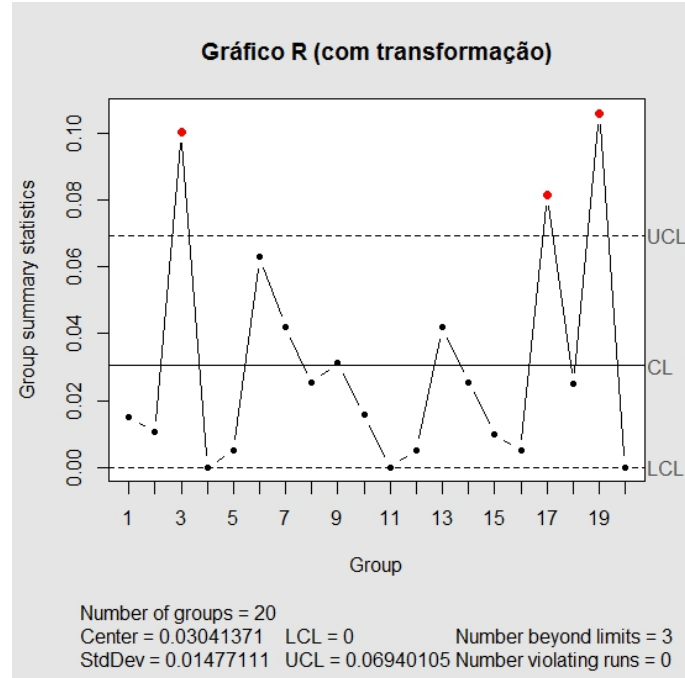


Figura 10: Amplitudes no processo de fabricação em blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral

A Figura 10 diz respeito ao resultado das mensurações da amplitude no segundo conjunto de amostras colhidas, trazendo indicativos de que o processo tem variabilidade fora de controle estatístico de qualidade, desta forma há indícios de distorções na variabilidade do processo de fabricação dos blocos de cerâmica, haja vista foram encontrados 3 pontos fora dos limites de controle, esse fenômeno indica também que a variabilidade amostral fica comprometida.

Conforme a Figura 11 apresenta-se indicativos de que o 2º conjunto amostral de fabricação dos blocos de cerâmica está fora de controle estatístico de qualidade, haja vista existem 10 pontos fora dos limites de controle ou na região de ação do gráfico  $\bar{X}$ , caracterizando a não conformidade do processo. O que justifica a presença de causas especiais, como máquinas desajustadas, falhas dos operadores além de outros fatores controláveis.

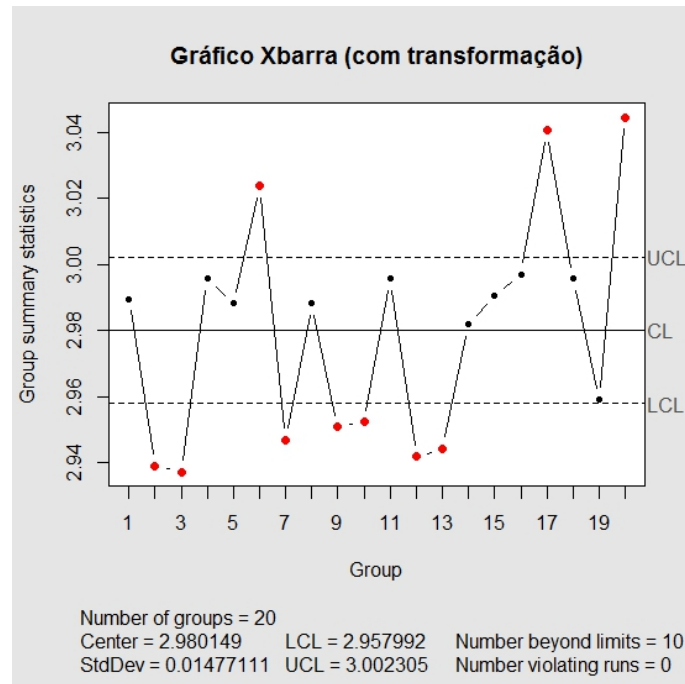


Figura 11: Gráfico de controle das médias para blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral

Conforme a Figura 12 observa-se indícios de que existe uma maior frequência de tamanho dos blocos de cerâmica no 2ª conjunto de amostras concentradas entre 19,5 cm e 20,0 cm, com uma frequência de aproximadamente 40 blocos de cerâmica, variando neste neste intervalo, o que diz respeito a aproximadamente 50% das observações. O resultado da média amostral no segundo conjunto, teve seu valor estimado para o tamanho dos tijolos em cm igual a 19,704 cm, conforme a Tabela 8 do Apêndice.

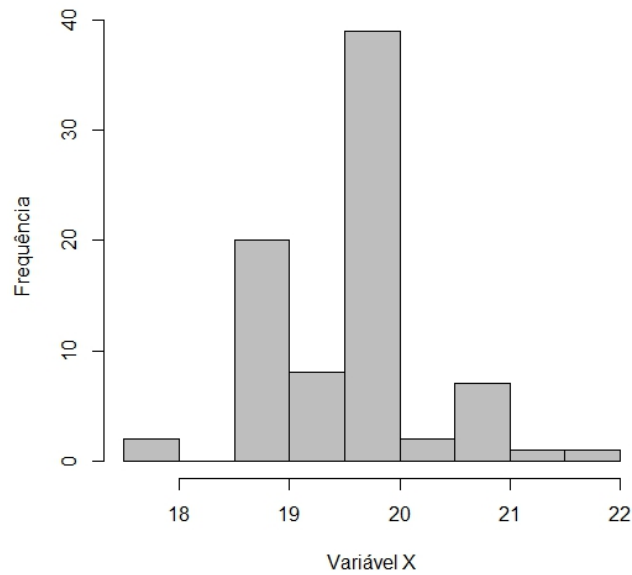


Figura 12: Histograma para blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral

Conforme a Figura 13 observa-se que para os box-plot 1, 2, 3 e 4 existe uma assimetria contendo uma maior quantidade de valores abaixo da mediana. Os limites de amplitude no primeiro box-plot estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,9 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_1$ . Já para o box-plot 2, conforme a Figura 13 os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 19,0 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_2$ . Conforme a Figura 13 observa-se que para o box-plot 3, os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 19,0 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_3$ . Ainda conforme a Figura 13. Observa-se que para o box-plot 4, os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,4 cm, e limite inferior de aproximadamente 18,0 cm observando-se que para o box-plot 4, essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_4$ . Os valores referenciais para os cálculos das observações das variáveis citadas estão contidos na Tabela 8 do apêndice.

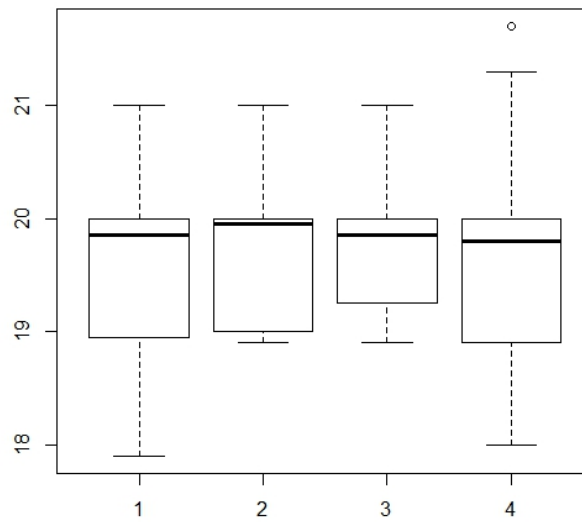


Figura 13: Box-plot para blocos de cerâmica no 2º conjunto amostral

Observa-se na Figura 14 os resultados das mensurações da amplitude no terceiro conjunto de amostras colhidas, trazendo indicativos de que o processo tem variabilidade fora de controle estatístico de qualidade, desta forma há indícios de distorções na variabilidade do processo de fabricação dos blocos de cerâmica, tendo em vista que foram encontrados 2 pontos fora dos limites de controle, esse fenômeno indica também que a variabilidade amostral está comprometida.

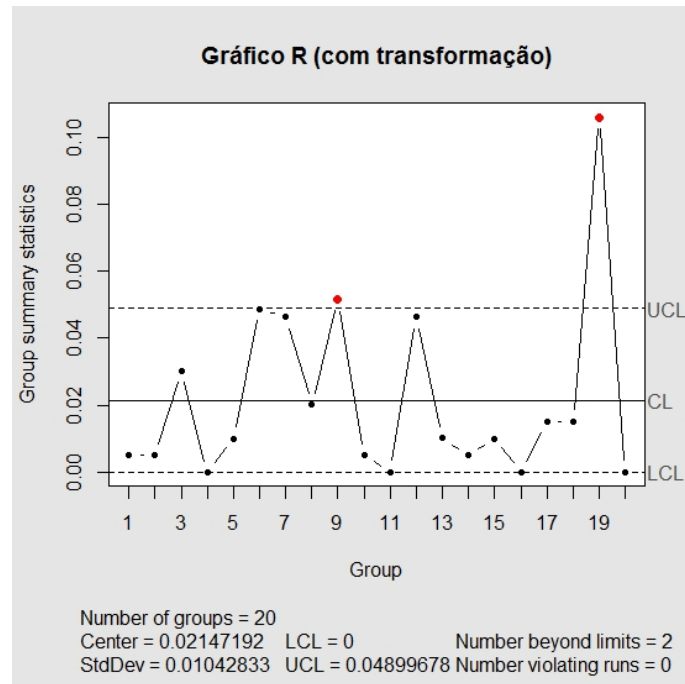


Figura 14: Amplitudes no processo de fabricação em blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral

Na Figura 15 observa-se indicativos de que o 2º conjunto amostral de fabricação para os blocos de cerâmica está fora de controle estatístico de qualidade, haja vista existem 3 pontos fora dos limites de controle ou na região de ação do gráfico  $\bar{X}$ , caracterizando a não conformidade do processo. O que justifica a presença de causas especiais, como máquinas desajustadas, falhas dos operadores além de outros fatores controláveis.

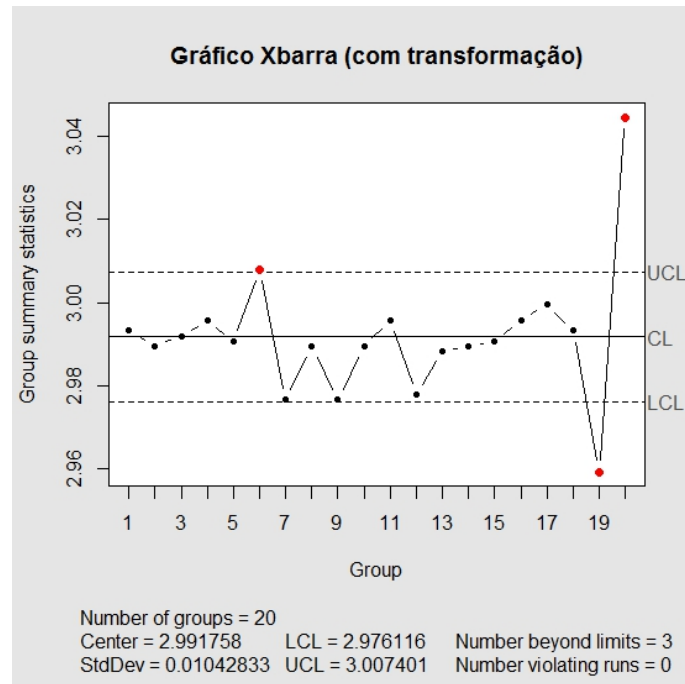


Figura 15: Gráfico de controle das médias para blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral

Na Figura 16 observa-se indícios de que existe uma maior frequência de tamanho dos blocos de cerâmica no 3ª conjunto de amostras concentradas entre 19,5 cm e 20,0 cm, com uma frequência de aproximadamente 70 blocos de cerâmica, variando neste neste intervalo, o que diz respeito a aproximadamente 87,5% das observações. O resultado da média amostral no segundo conjunto, teve seu valor estimado para o tamanho dos tijolos em cm igual a 19,925 cm, conforme a Tabela 9 do Apêndice.

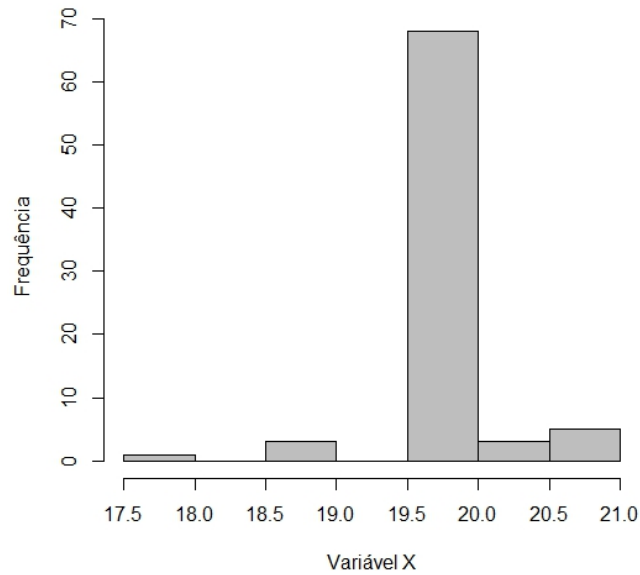


Figura 16: Histograma para blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral

De acordo com a Figura 17 observa-se que para o box-plot 1, existe uma assimetria contendo todos os valores sobrepujando a mediana. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,9 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_1$ . Conforme a Figura 17. Observa-se que para o box-plot 2, os valores estão distribuídas com assimetria uniforme em torno da mediana. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 19,0 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_2$ . Conforme a Figura 17 observa-se que para o box-plot 3, existe uma assimetria contendo todos os valores acima da mediana. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 17,7 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_3$ . Ainda conform a Figura 17 Observa-se que para o box-plot 4, existe uma assimetria com valores distribuídos de forma uniforme em torno da mediana. Os limites de amplitude estão justificados em limite superior de aproximadamente 21,0 cm, e limite inferior de aproximadamente 18,9 cm. Essas informações dizem respeito as observações da variável  $X_4$ . Os valores referenciais para os cálculos das observações das variáveis citadas estão contidos na Tabela 9 do apêndice.



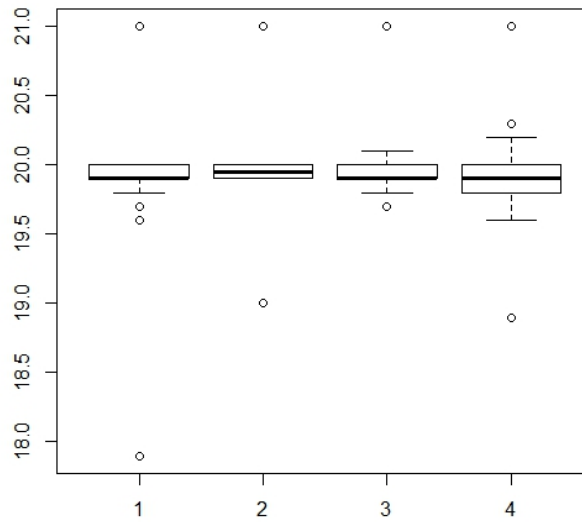


Figura 17: Box-plot para blocos de cerâmica no 3º conjunto amostral

Conforme descrito na Tabela 1 para análise de causa e efeito utilizou-se a ficha de verificação com o intuito da melhoria do processo, e diante da verificação constatar qual a medida ser tomada para atacar o defeito que está trazendo mais prejuízos, ou gerando mais problemas ao processo. A tabela citada contém alguns dos problemas que mais estão influenciando de forma negativa no processo de fabricação dos blocos de cerâmica.

Tabela 1: Ficha de Verificação para melhoria no processo de fabricação de blocos de cerâmica

Máquina	Operador	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
1	<i>A</i>	♣♣△	♠◇	♣◇	△◇	♣
2	<i>B</i>	△♣	△	△♣	△♣	△
3	<i>C</i>	△	△	△	△	△
4	<i>D</i>	△♠	♠	♠	♠♠	△

△ Diâmetro interno inadequado (valor do reparo 0,60 reais);

♣ Diâmetro externo inadequado (valor do reparo 0,60 reais);

♠ Resistência inadequada (valor do reparo 2,50 reais);

◇ Outros (valor do reparo 0,75)

A Tabela 2 apresenta indicativos que no processo A deve-se atacar o diâmetro externo inadequado, haja vista foi o problema que apareceu com mais frequência nesse processo, e, resistência inadequada, observando-se que é o problema que têm um custo elevado por unidade, observando também que, existem outros problemas que afetam o processo, devendo-se ter uma ótica especial ou uma análise mais criteriosa, para que esse problema também sejam resolvido.

Tabela 2: Operador A para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica

Requisitos	Quantidades	Prec. Unitário	Prejuízo
△	2	0,60	1,20
♣	4	0,60	2,40
♠	1	2,50	2,50
◇	3	0,75	2,25
Total	—	—	8,35

Conforme dados da Tabela 3 no processo B deve-se atacar o diâmetro interno inadequado e diâmetro externo inadequado, com indicadores de serem os itens que geraram mais problemas nesse processo. Havendo assim a necessidade de um tratamento diferenciado quanto a esses dois itens.

Tabela 3: Operador B para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica

Requisitos	Quantidades	Prec. Unitário	Prejuízo
△	5	0,60	3,00
♣	3	0,60	1,80
♠	0	2,50	0
◇	0	0,75	0
Total	—	—	4,80

Mediante a Tabela 4 no processo C deve-se atacar o diâmetro interno inadequado, com indicadores de ser o único item que gerou problema nesse processo. Havendo assim a necessidade de um tratamento diferenciado quanto ao item apresentado.

Tabela 4: Operador C para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica

Requisitos	Quantidades	Prec. Unitário	Prejuízo
△	5	0,60	3,00
♣	0	0,60	0
♠	0	2,50	0
◇	0	0,75	0
Total	—	—	3,00

Conforme Tabela 5 no processo D deve-se ter uma ação diferenciada para os itens com resistência inadequada, com indicadores de ser o item que gerou mais problema nesse processo, aparecendo 5 vezes, observando que o mesmo também tem um custo negativo elevado para o processo de fabricação dos blocos de cerâmica.

Tabela 5: Operador D para o processo de análise de causa e efeito para a produção dos blocos de cerâmica

Requisitos	Quantidades	Prec. Unitário	Prejuízo
△	2	0,60	1,20
♣	0	0,60	0
♠	5	2,50	12,50
◇	0	0,75	0
Total	—	—	13,70

Para se obter um diagnóstico sobre os prejuízos que afetam ou agridem o financeiro, e aderir indicadores sobre o comportamento e riscos envolvidos no andamento do processo na fabricação de tijolos de cerâmica, utilizou-se o critério da ficha de verificação para causa e efeito, conforme Tabela 6. Para análise de causas e efeitos foram construídas

Tabela 6: Análise dos prejuízos que mais agrediram o fator financeiro na fabricação de tijolos conforme os Operadores nas Tabelas 2,3,4 e 5

Operadores	Prejuízos	Prejuízos Acumulados
A	8,35	8,35
B	4,80	13,15
C	3,00	16,15
D	13,70	29,85
Total	29,85	—

quatro Tabelas, onde essas Tabelas objetivam apresentar indicadores dos problemas mais frequentes no processo de fabricação de tijolos, resultados descritos nas Tabelas 2,3,4 e 5, que apresentam os resultados para os operadores A, B, C e D. Os resultados obtidos nessas Tabelas são expressas de maneira gráfica, através do gráfico de Pareto para prejuízos acumulados, e esses resultados estão expostos na Figura 18.

A análise através do gráfico de Pareto, apresenta os indicadores das violações nos operadores A, B, C e D. A maior incidência de violações, de acordo com a Figura 18, foi obtida nos Defeitos internos inadequados com aproximadamente 46,7% das violações. Os defeitos externos nadequados, obtiveram uma incidência de violações de aproximadamente 23,3% conforme Figura 18. Já as violações referentes a resistência inadequada são de aproximadamente 20% conforme Figura 18, e, as violações referentes a outros fatores são responsáveis por 10% dos problemas encontrados no processo de fabricação de tijolos de cerâmica.

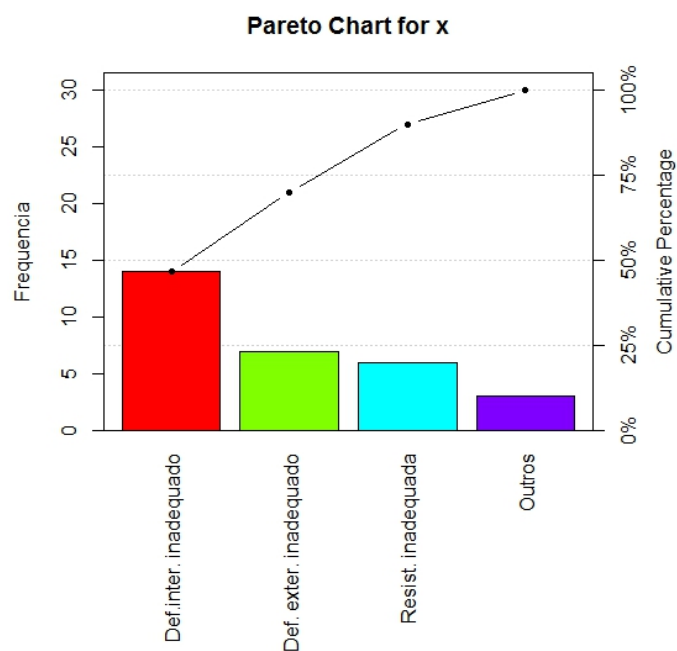


Figura 18: Pareto para prejuízos acumulados dos problemas que tiveram maior frequência na fabricação de tijolos nos operadores A, B, C e D das Tabelas 2,3,4 e 5

Para o gráfico de Pareto, correspondente a ordem cumulativa financeira, para os operadores A, B, C e D. Os prejuízos acumulados em reais, de acordo com a Figura 19 e a Tabela 6, o prejuízo maior acumulado nas análises das violações, incidiram sobre o operador D, onde esses prejuízos são responsáveis por aproximadamente 50% dos prejuízos contabilizados em perdas nos processos de fabricação analisados.

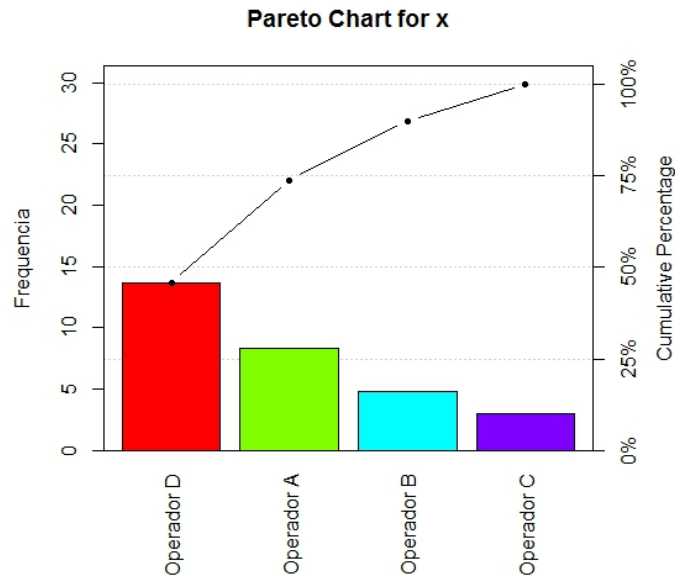


Figura 19: Pareto para prejuízos correspondentes a ordem cumulativa financeira nos operadores A, B, C e D

As análises gráficas foram realizadas com a transformação dos dados. Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilks para cada conjunto de amostras, com a finalidade de observar as características das amostras, se havia normalidade, e obteve-se, no primeiro conjunto amostral, o (p-value = 0,03831; menor que 5%, portanto, os dados não parecem seguir uma distribuição normal), para o segundo conjunto de amostras obteve-se (p-value = 0.0003513; menor que 5%, e portanto também há indício de não normalidade), e para o terceiro conjunto de amostra não diferentemente das demais obteve-se (p-value = 5,541e-12; menor que 5%, portanto, os dados também parecem não caracterizar normalidade). Como foi verificado indicativos da falta de normalidade, se faz necessário outros critérios para o ajustamento de modelo que seja adequado aos dados, na perspectiva de encontrar indícios estatísticos satisfatórios.

Para uma análise precisa, faz-se necessário que os dados admitam alguns pressupostos, em um desses pressupostos, os dados tenham distribuição normal  $N(\mu, \sigma^2)$ , com média  $\mu = 0$  e  $\sigma^2 = 1$ , e, para que houvesse essa confirmação, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk em

todas as amostras, o que chamou atenção é que em nenhuma das amostras conseguiu-se detectar normalidade. Quando gráficos de controle são usados com dados não-normais, eles podem dar falsos sinais de variação de causas especiais, levando a conclusões imprecisas. Para contornar esse problema, tentou-se trabalhar com transformações adequadas aos dados, observando que não se aplicou os cálculos para índices de  $C_p$  e  $C_{pk}$ , pelo fato de as amostras não parecem ter características de uma distribuição normal, tendo em vista que este tipo de índice não teria sentido, já que para isto depende-se muito do  $\sigma$  com padrões de normalidade, onde esses índices, como já foi frisado anteriormente, medem a capacidade e a potência do processo, mas que, para que isto aconteça, é preciso que a amostra siga uma distribuição normal.

Distribuições não-normais (Weibull, Geométrica, Log-normal, Poisson etc...) podem dizer alguma coisa para tal problema, poderia-se aplicar testes de aderência como a exemplo, Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Anderson-Darling, Qui-Quadrado e Shapiro-Wilk. No entanto, não foi o objetivo deste trabalho, nesse ponto, faz-se necessário uma pesquisa diferente sobre o assunto, ou seja, um trabalho voltado a tais distribuições e/ou a tais testes.

No contexto de estatística não-paramétrica, ou seja não levando-se em consideração a suposição de normalidade dos dados, se nenhuma das transformações ou distribuições se encaixam aos dados com idícios de não-normalidade, então pode está havendo “Poluição”. Onde essa poluição pode ser causada por uma mistura de várias distribuições. Tal poluição incluem também tarefas difíceis, vários turnos, locais ou clientes, sazonalidade (algo que ocorre com certa frequência no processo).

## 5 Conclusão

Diante do exposto, conclui-se que apesar de existir indicadores de que o processo não está sob controle, não se pode afirmar nada para as amostras coletadas, levando em consideração que existem indicativos da falta de normalidade aos dados, tendo em vista as suposições feitas de amostras com características de uma distribuição normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ . Sendo assim fazendo-se necessário uma nova análise utilizando a ferramenta de PDCA para que se haja um processo mais criterioso e preciso na coleta dessas amostras e o ajuste do modelo adequado, na perspectiva de se obter uma minimização dos erros, seja ele no processo de coleta, ou advinda de alguma poluição no processo, no objetivo do atingimento da qualidade esperada e satisfatória.



## 6 Referências

BASTOS, R. L. *CEPpt: Um pacote R para o Controle Estatístico do processo*. . Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática). Univerisdade Federal de Alfenas, Alfenas, 2011.

BORGES, R. C. *Estudo de testes de estabilidade de processo em gráficos de controle de Shewhart*. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária),- UFLA/FAEPE, Lavras, 2009.

DUARTE, J. B. *Trabalho de Apresentação de Especialização em Estatística*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estatística), Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 1996.

ESTEVES, E. *Controle Estatístico de Qualidade*. Apontamentos. Universidade do Algarve, Faro, 2009. Disponível em: < [www.unisalesiano.edu.br](http://www.unisalesiano.edu.br). Acesso em 14 jul. 2014.>

FALCONI, V. C. ISHIKAWA, K. *Qualidade Total - Padronização de empresas*. 6 ed. Rio de Janeiro, 1991.

FEIGENBAUM, A. V. Traduzido por LOVERRI. R. C. *Controle de qualidade total 2 Vol*. São Paulo - SP: Makron Books do Brasil Ltda, 1994.

JURAN, J. M. GRZYNA F. M. *Jura's Quality control - 4 Ed.* - New York: McGraw-Hill, 1988.

JURAN, J. M. GRYNA F. M. *Controle da qualidade handbook* - 1 vol. - São Paulo - SP: Makron Books do Brasil Ltda, 1991.

JURAN, J. M. GRYNA F. M. *Métodos Estatísticos Clássicos Aplicados a Qualidade* - 6 Vol. - São Paulo - SP: Makron Books do Brasil Ltda, 1993.

HARRISON, D. MENG, T. K. *A conceptual quality performance model*. Londres: Quality Word, 1995.

ISHIKAWA, K. *Controle de qualidade total à maneira japonesa*. 2 ed. Rio de Janeiro, 1993.

KANE, V. E. *Process Capability Indices*. Journal of Quality Technology, 18 vol. 1986.

KUME, H. *Métodos estatísticos para a melhoria de qualidade*. 9 ed. São Paulo: Gente, 1993.

MANN, R. KEHOE, D. MARTINS, R. A. "An evaluation of the effects of quality improvement activities on business performance.". International Journal of Quality e Reliability Management, 11 vol, 1994.

MARTINS, R. A. NETO. P. L. O. C. *Indicadores de Desempenho para a Gestão de uma Qualidade Total*. Gestão e Produção 5 vol. São Paulo, 1988.

MELLO, J. B. CAMARGO, M. O. *Qualidade na Saúde - Práticas e Conceitos*. São Paulo - SP: Editora Best Seller, 1998.

MONTGOMERY, D. C. *Introduction to Statistical Quality control*. John Wiley and sons, New York, 1985.

RIBEIRO, J. L. D. CATEN, C. S. T. - *Controle Estatístico do Processo*. Série Monográfica Qualidade. III Título IV Série, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

SHIBA, S. Et All. *A New American TQM*. Portland, Productivity Press, 1993.

SILVA, J. G. C. *Análise Estatística Experimental*. Versão Preliminar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

SIMÕES, L. *O Ciclo de PDCA Como Ferramenta de Qualidade Total*. Disponível em: < [www.unisalesiano.edu.br](http://www.unisalesiano.edu.br) . Acesso em 14 jul. 2014.>

TAGUSHI, G. *Introduction to Quality Engeineering*. American Supplier Institut, 1986.

TOLEDO, G. L. *Estatística Básica* - 2 ed. - São Paulo - SP: Editora Atlas, 1995.

TOTA, A. P. BASTOS, P. I. A. *História Geral*. - Edição Integral - São Paulo - SP: Nova Cultura, 1996.

WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento do Processo*. Fundação Christiano Ottoni, UFMG, Belo Horizonte, (1999).

WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento do Processo*. 2 Vol. Belo Horizonte, (1995).

VIEIRA, S. *Estatística para a Qualidade*. - Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 1999.

fonte: < <http://www.isixsigma.com/tools-templates/normality/tips-recognizing-and-transforming-non-normal-data/> acesso em 26 jun. 2014.>

< <http://cran.r-project.org> - acesso em 10 jun. 2014.>

# Apêndice 1

As tabelas 7, 8 e 9 expõem o 1º, 2º e 3º conjunto amostral respectivamente, onde cada um desses conjuntos dispõem de 20 amostras, sendo que cada amostra contém quatro observações  $X_1, X_2, X_3, X_4$ . Foi através dessas informações (dados) colhidos e aqui expostos, que se aplicou a estatística descritiva e as inferências utilizadas no trabalho.

Tabela 7: Dimensões dos tijolos em cm para o 1º conjunto de amostras

Amostra	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\bar{X}$	$R$
1	19,50	19,00	19,00	19,10	19,150	0,50
2	18,70	18,00	18,00	18,20	18,225	0,70
3	17,90	17,50	17,50	17,60	18,125	0,40
4	20,20	20,00	20,10	20,00	20,075	0,20
5	19,00	19,00	19,30	19,30	19,150	0,30
6	21,50	21,00	21,00	21,60	21,275	0,60
7	18,90	18,00	18,20	18,30	18,350	0,90
8	19,88	19,00	19,60	19,20	19,420	0,88
9	18,90	18,50	18,30	18,70	18,600	0,60
10	17,50	17,90	17,20	17,30	17,475	0,70
11	20,40	20,10	20,10	20,10	20,175	0,30
12	18,40	18,80	18,90	18,20	18,575	0,70
13	18,60	18,20	18,40	18,70	18,475	0,50
14	19,50	19,00	19,10	19,60	19,300	0,60
15	19,70	19,90	19,50	19,80	19,725	0,40
16	20,50	20,10	20,10	21,10	20,200	0,40
17	21,30	21,50	21,00	21,30	21,275	0,50
18	19,80	19,90	19,90	19,70	19,825	0,20
19	17,80	17,90	17,90	17,10	17,675	0,80
20	21,00	21,50	21,30	21,60	21,350	0,60
					19,321	0,539

Tabela 8: Dimensões dos tijolos em cm para o 2º conjunto de amostra

Amostra	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\bar{X}$	$R$
1	19,70	20,00	19,90	19,90	19,875	0,30
2	18,90	19,00	18,90	18,80	18,900	0,20
3	18,60	19,90	19,00	18,00	18,875	1,90
4	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
5	19,90	19,80	19,90	19,80	19,850	0,10
6	21,0	21,00	21,00	21,30	20,575	1,30
7	19,50	19,00	19,00	18,70	19,050	0,80
8	20,00	20,00	19,90	19,50	19,850	0,50
9	18,50	18,90	19,20	18,90	19,125	0,60
10	19,00	19,00	19,30	19,30	19,150	0,30
11	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
12	18,90	19,00	19,00	18,90	18,950	0,10
13	18,70	18,90	19,50	18,90	19,00	0,80
14	19,80	19,40	19,80	19,90	19,725	0,50
15	19,90	20,00	19,80	19,90	19,900	0,20
16	20,10	20,00	20,00	20,00	20,025	0,10
17	21,00	21,00	20,00	21,70	20,925	1,70
18	19,90	20,00	20,30	19,80	20,00	0,50
19	17,90	19,90	19,70	19,70	19,300	2,00
20	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	0,00
					19,704	0,595

Tabela 9: Dimensões dos tijolos em cm para o 3º conjunto de amostras

Amostra	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\bar{X}$	$R$
1	19,90	20,00	20,00	19,90	19,950	0,10
2	19,90	19,900	19,900	19,80	18,875	0,10
3	19,60	19,90	20,00	20,20	19,925	0,60
4	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
5	20,00	19,90	19,90	19,80	19,900	0,20
6	20,00	20,00	20,00	21,00	20,250	1,00
7	19,90	19,00	19,90	19,70	19,625	0,90
8	20,00	20,00	19,90	19,60	19,875	0,40
9	19,80	19,90	19,90	18,90	19,625	1,00
10	19,90	19,90	19,90	19,80	19,875	0,10
11	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
12	19,90	19,00	19,80	19,90	19,650	0,90
13	19,70	19,90	19,90	19,90	19,850	0,20
14	19,90	19,90	19,80	19,90	19,875	0,10
15	19,90	20,00	19,80	19,90	19,900	0,20
16	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
17	20,00	20,00	20,00	20,30	20,075	0,30
18	19,90	20,00	20,10	19,80	19,950	0,30
19	17,90	19,90	19,70	19,70	19,300	2,00
20	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	0,00
					19,925	0,420

## Apêndice 2

As Figuras 20 e 21 apresentam os fatores para construção dos gráficos de controle, através desses fatores que são construídos os gráficos das médias, o gráfico dos Desvios padrão e os gráficos das amplitudes. Observando que esses valores são para  $n \geq 25$

$n$	$A$	$A_2$	$A_3$	$C_4$	$1/C_4$	$B_3$	$B_4$	$B_5$
2	2,221	1,88	2,659	0,7979	1,2533	0	3,267	0
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559

Figura 20: Tabela de fatores para construção de Gráficos de controle

Para o gráfico das médias utiliza-se:

Fatores para os limites de controle  $A$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ;

Para o gráfico dos Desvios padrão utiliza-se:

Fatores para linha central  $C_4$ ,  $\frac{1}{C_4}$ ;

Fatores para limites de controle  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $B_5$  e  $B_6$ ;

<i>n</i>	<i>B6</i>	<i>d2</i>	$1/d2$	<i>d3</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>
2	2,060	1,128	0,8865	0,853	0	3,696	0	3,267
3	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575
4	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115
6	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	1,544	3,472	0,288	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,82	0,378	1,622
18	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	1,493	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

Figura 21: Tabela de fatores para construção de Gráficos de controle

Para o gráfico das amplitudes tem-se:

Para linha central  $d_2$ ,  $\frac{1}{d_2}$ ,  $d_3$ ;

Fatores para limites de controle  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$ .