



# FERRAMENTAS ESSENCIAIS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

VIRGILIO F. M. DOS SANTOS e MURILO F. M. DOS SANTOS

# Prefácio

O controle estatístico de processos é umas das maiores invenções tecnológicas do século passado, permitindo que diversas organizações ao redor do mundo reduzissem custos aumentando a qualidade de seus processos e produtos. Seus fundamentos foram construídos por volta de 1920 em uma das maiores agências de pesquisa dos EUA, o Bell Labs, que conquistou 7 prêmios Nobel com seus pesquisadores.

As ferramentas que apresentaremos a seguir permitiram que empresas de todo o mundo experimentassem um aumento de produtividade e redução de problemas de qualidade, permitindo alavancar seus negócios com uma visão voltada para o cliente. Uma das principais vantagens dessa tecnologia, além do potencial para melhorar os negócios, é que ela é de fácil aplicação e pode ser utilizada em qualquer tipo de processo e organização.

Apresentaremos nesse livro os conceitos envolvidos nessa tecnologia, apresentando exemplos de aplicação para que você possa aplicá-los em sua empresa e experimentar as vantagens da melhoria na redução de custos e aumento de satisfação de seus clientes. Apresentaremos também as outras ferramentas da melhoria, conhecidas como as 7 ferramentas da qualidade.

Este material não pode ser copiado, reproduzido, reimpresso, utilizado em filmes ou gravações de vídeo ou armazenado em dispositivos eletrônicos sem a permissão escrita dos detentores dos direitos de copyright. O material não pode ser incorporado em programas de treinamento com exceção da supervisão de algum instrutor da FM2S.

# Autores

## **Dr. Virgilio F. M. dos Santos**

Master Black Belt, Professor Extensão  
Unicamp (IMECC e Economia), Engenheiro  
Mecânico, Mestre e Doutor na área.

## **MsC. Murilo F. M. dos Santos**

Black Belt, Engenheiro Mecânico,  
Mestre e Doutorando na área.

# Sumário

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Prefácio                             | 2  |
| Por onde começar?                    | 4  |
| Reducindo os custos de processamento | 6  |
| Estoques                             | 13 |
| Custos com transporte e frete        | 14 |
| Custos com contabilidade e impostos  | 15 |
| Custos com mão-de-obra               | 16 |
| Custos financeiros                   | 18 |
| Custos com marketing e vendas        | 19 |
| Custos com produtos pouco lucrativos | 21 |
| Finalização                          | 22 |



# Gerenciar processos: as causas de variação

Existem milhares de ondas de rádio passando ao seu lado o tempo todo, mas nem sempre as escutamos. Para conseguir captar essas ondas precisamos do seu receptor, que é o rádio. Os processos também estão a todo o momento tentando nos enviar informações sobre seus problemas, mas nem sempre conseguimos "escutá-los". Para entender as mensagens que eles tentam nos enviar precisamos criar uma estrutura de coleta de dados desse processo ao longo do tempo.

Isso permitirá que tomemos ações no processo no sentido de remover seus problemas, reduzindo a variabilidade entre os produtos ou serviços produzidos por ele, aumentando sua qualidade e aumentando o valor percebido por nossos clientes. Apesar disso, de nada adianta coletar dados se não sabemos como tomar decisões adequadas com eles. E a maneira correta de gerenciar processos é por meio do conceito de causas de variação.

Para ilustrar esse conceito tomemos o exemplo de dois jovens recém-casados, onde o marido conseguiu tirar um mês de férias, mas a esposa voltou a trabalhar na semana seguinte ao casamento. Na primeira segunda-feira em sua nova residência, o marido, querendo agradar sua nova companheira, decide preparar o jantar. Ele sabe que ela sai do escritório às 17h30min e demora 30 minutos para chegar em casa, então ele deixa tudo preparado para as 18h00min. Mas ela chega 8 minutos atrasada e o marido, impaciente com a demora, pergunta a razão do atraso. "Alguns pedestres atravessaram a rua e alguns sinais estavam fechados" responde ela. O esposo aceita as explicações e o jantar é servido.

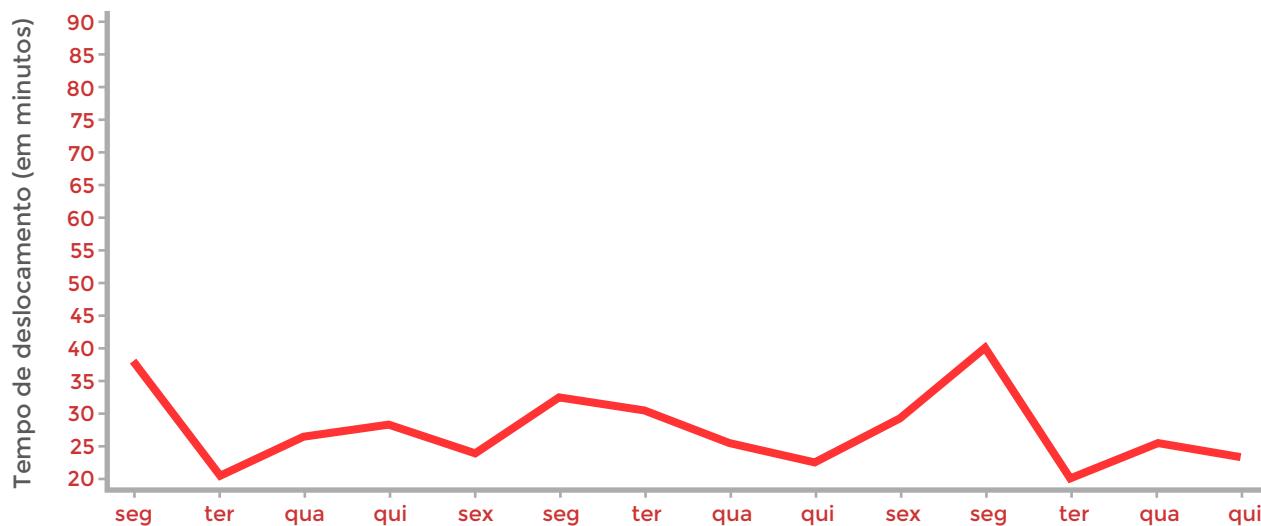
No dia seguinte ele novamente se programa para servir o jantar às seis da tarde, mas dessa vez ela chega 10 minutos antes do previsto e novamente é inquerida pelo marido sobre os motivos. Dessa vez ela diz que no caminho o trânsito estava um pouco melhor do que no dia anterior e a maioria dos sinais estavam abertos. A cena repete-se na quarta, quinta e sexta-feira.

Sempre quanto contamos esse exemplo em nossas palestras, onde muitos executivos e donos de empresa estão presentes, as pessoas acham graça desse casal, mas quando perguntamos qual a diferença entre a situação enfrentada por esse casal e a maneira pela qual os indicadores das suas empresas são gerenciados: a perplexidade é geral! As pessoas presentes se dão conta de que seus indicadores são gerenciados da mesma maneira: pedindo explicação da razão de ter subido um pouco no mês ou porque caiu outro tanto.

Sabemos que os valores de um indicador em dois meses serão, quase que certamente, diferentes. O que precisamos decidir é se essa diferença indica que algo de diferente – ou especial – aconteceu e que requer uma ação pontual ou se a variação está dentro do que seria natural – variação de causa comum. Quando pedimos para nossa equipe explicar as razões da diferença entre os resultados entre dois meses, quando essa variação é do tipo causa comum, estamos desperdiçando tempo, pois não existe uma explicação para essa diferença. Portanto estamos jogando dinheiro fora! Pense em quanto recurso já foi desperdiçado em sua organização para explicar o inexplicável. Nos nossos clientes, estimamos que aproximadamente 10% dos recursos da organização sejam mal direcionados porque os gestores não conseguem distinguir as causas de variação presentes em seus processos – e, portanto, gerenciar adequadamente suas equipes. Mas qual a maneira adequada de se fazer isso para que possamos gerenciar nossos processos adequadamente, economizando recursos e encontrando boas oportunidades de redução de custos, aumento da qualidade e expansão das expectativas de nossos clientes? Para decidir se estamos na presença de uma causa comum ou especial precisamos conhecer a “personalidade” do nosso indicador e isso pode ser feito por meio de seus dados históricos.

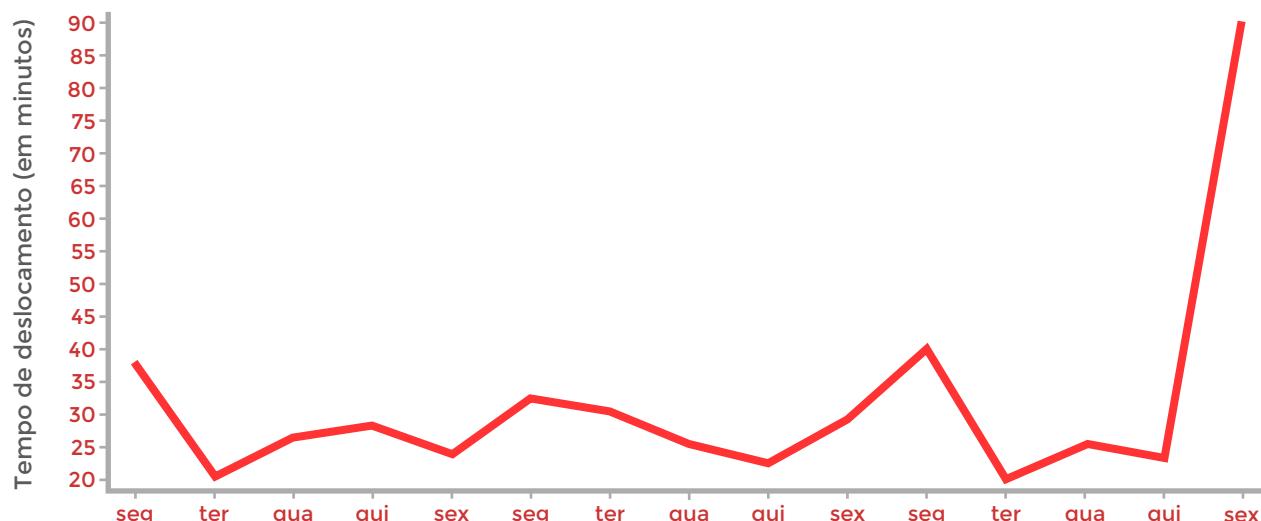
O gráfico de tendência na *Figura 1*, abaixo, monitora o tempo de deslocamento das últimas três semanas da esposa do exemplo anterior. A conclusão que chegamos é que o padrão desse tempo é variar entre 15 e 45 minutos, ou seja, chegar entre 17h45min e 18h15min não indica uma fuga desse comportamento e perguntar as razões para essas diferenças é perder tempo e causar estresse desnecessário, pois essa variação é natural (ou esperada).

Figura 1: gráfico de tendência do tempo de deslocamento



Na sexta-feira seguinte a esposa chega às 19h e o marido pergunta a razão desse atraso. Ela diz que aconteceu um acidente no seu caminho que havia provocado um grande congestionamento. Agora existe uma explicação concreta para essa variação. Note no gráfico da *Figura 2* que esse tempo de deslocamento de 90 minutos foge do padrão histórico, pois isso se deve a uma **causa especial** de variação.

Figura 2: gráfico de tendência do tempo de deslocamento



Uma das empresas que atendemos monitorava seus indicadores por meio de relatórios que comparavam dois meses seguidos (*Tabela 1*). Nesse relatório eram monitorados os indicadores de refugo, custo por peça e inventário e para cada indicador temos seu valor no mês passado, valor atual, a variação percentual entre esses dois meses. Para analisar o relatório o indicador com variação percentual maior do que 30% era destacado de vermelho.

Mensalmente realizava-se um comitê, onde o relatório era exposto e eram solicitadas explicações para os responsáveis pelos indicadores em vermelho. No mês de junho/2009 o indicador com “problemas” era o referente ao inventário, que apresentou um aumento de 50% em relação ao mês passado, e como consequência foi solicitado uma investigação e plano de ação para que isso não mais acontecesse, o que consumiu recursos da organização. Mas, com essa análise é impossível distinguir se essa variação é referente a alguma causa especial ou comum, o que pode causar decisões equivocadas e um direcionamento errado para sua equipe.

Tabela 1: relatório gerencial típico

|              | Jun/2009 | Jul/2009 | Variação percentual |
|--------------|----------|----------|---------------------|
| Refugo       | 100      | 98       | -2%                 |
| Custo / peça | 0,50     | 0,52     | 4%                  |
| Inventário   | 50       | 75       | 50%                 |

A análise correta desses indicadores deve ser feita por meio de um gráfico de tendência, conforme *Figura 3*, *Figura 4* e *Figura 5*. O incrível é que essa análise mostra que a variação de inventário no último mês é uma causa comum, ou seja, o processo não sofreu modificação entre os dois meses e pedir explicação e plano de ação para resolver essa diferença foi desperdício de recursos!

Por outro lado, quando olhamos o gráfico de tendência do custo por peça foi possível perceber um pequeno acréscimo mensalmente, o que estava gerando um custo cada vez mais alto e que alguma medida deveria ser tomada para controlá-lo, o que não estava sendo feito pela direção! Mas a culpa não era do diretor, mas sim da análise via relatório que impossibilitava um correto gerenciamento dos processos e é isso que a FM2S percebe que acontece na maioria das empresas.

Figura 3: gráfico de tendência do refugo

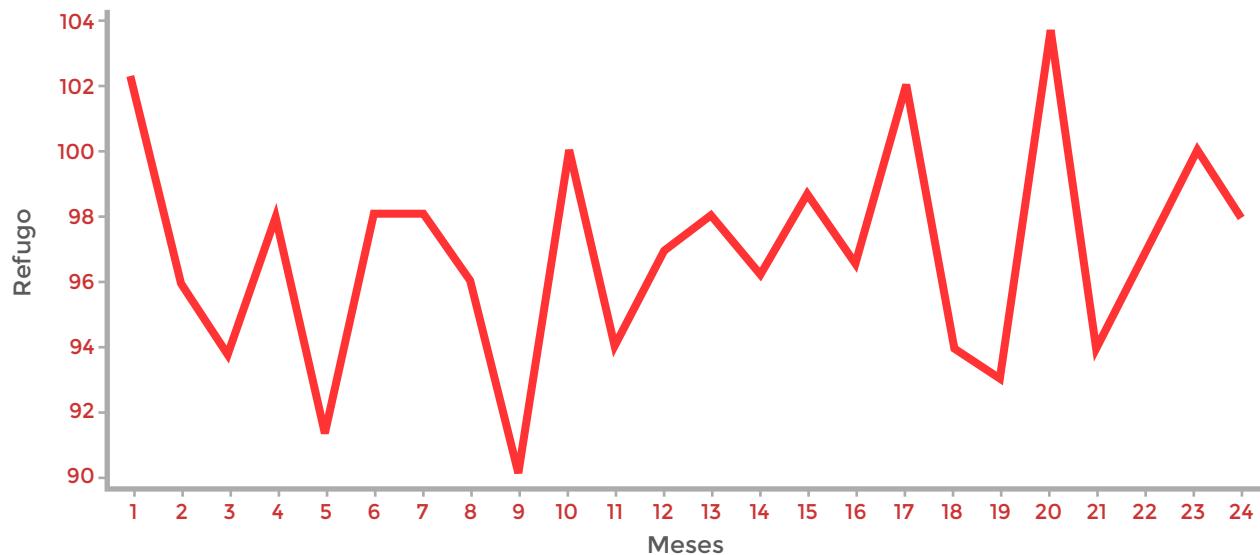


Figura 4: gráfico de tendência do custo por peça

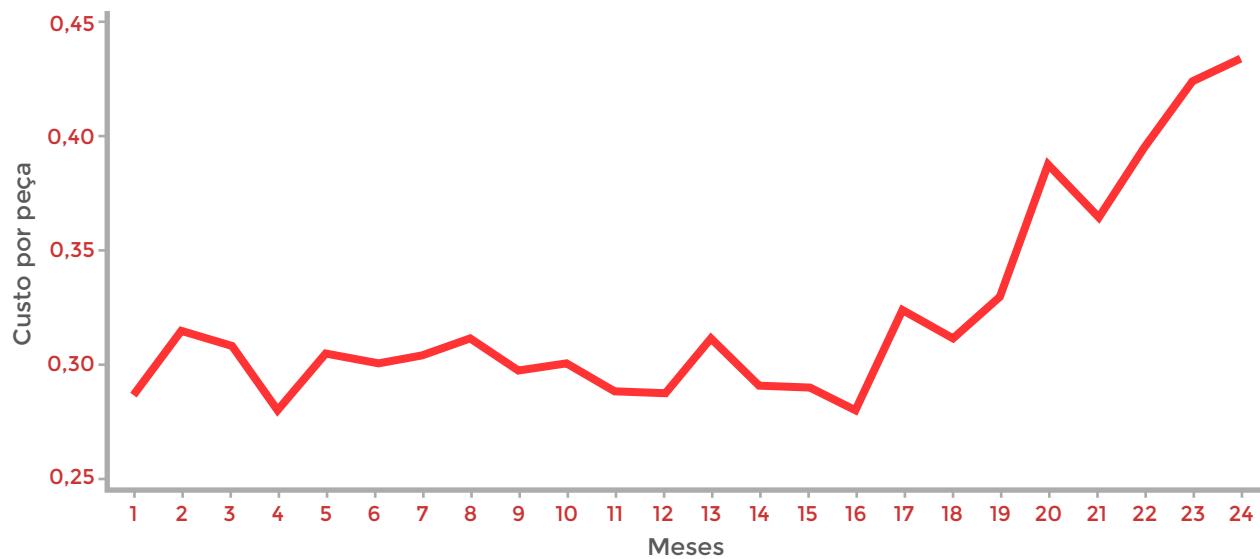
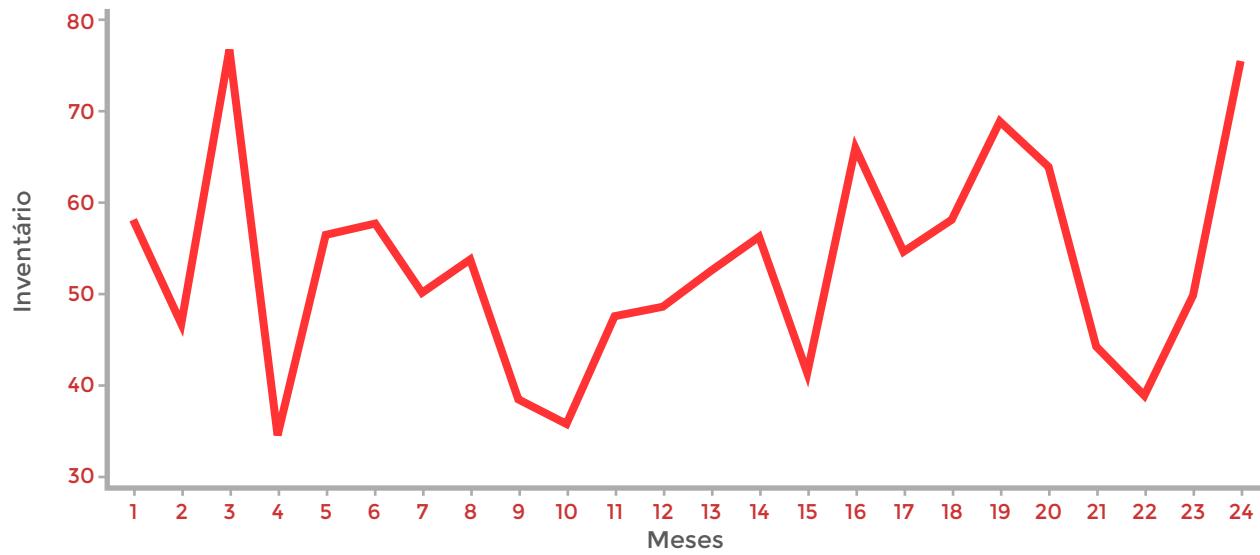


Figura 5: gráfico de tendência do inventário



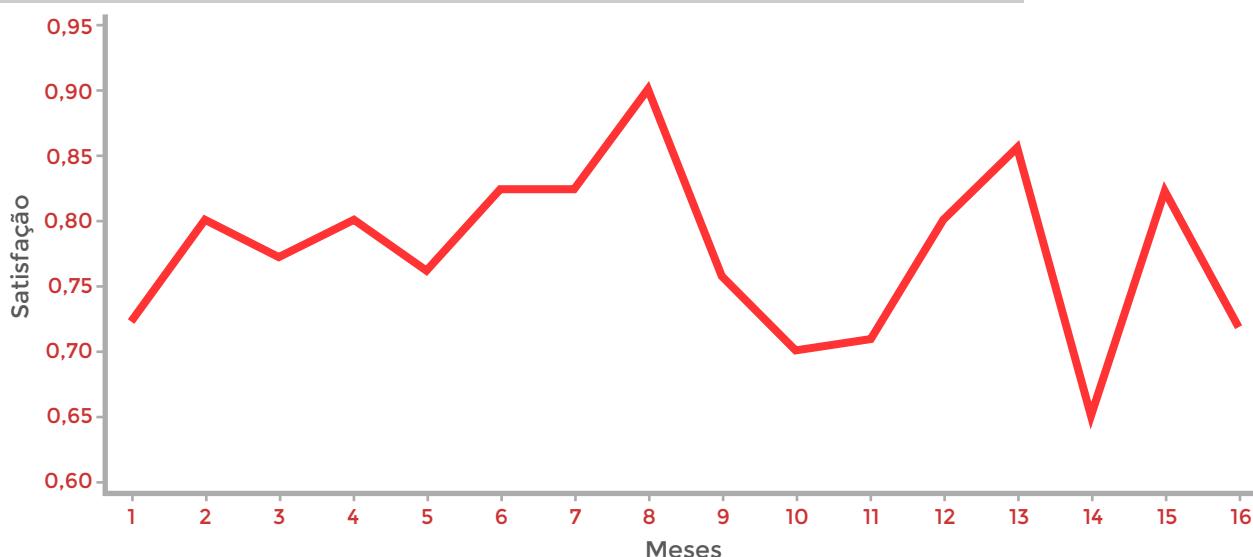
Esse exemplo mostra que além de coletar dados sobre os processos precisamos ter uma boa ferramenta para diagnosticar a sua "saúde" e essa ferramenta é o gráfico de tendência ou de controle, ferramenta mais sofisticada que veremos adiante.

Outro cliente multinacional que atendemos monitorava a satisfação de seus consumidores ao redor do mundo por meio de uma pesquisa de satisfação em cada país onde existia uma unidade de negócios. Nesse levantamento eram investidos mais de U\$ 30 mi semestralmente e existia uma equipe em cada unidade de negócios dedicada a analisar os resultados e propor ações para aumentar a satisfação.

No primeiro semestre de 2011 foi divulgado um resultado de 82% de satisfação no Brasil, que comparado aos 69% do semestre anterior foi considerado um resultado extremamente significativo e a direção dessa organização solicitou que a equipe responsável pela análise desse indicador viajasse o mundo em reuniões para explicar quais mudanças eles fizeram para atingir esse objetivo. O problema aconteceu no segundo semestre de 2011, onde o resultado foi uma queda para 73% de satisfação. Agora a direção gostaria de saber quais as bobagens responsáveis por essa queda tão expressiva no indicador e chamaram a equipe da FM2S para auxiliá-los a identificar onde estavam os problemas.

A primeira coisa que fizemos foi colocar o indicador em um gráfico de tendência (*Figura 6*), onde se percebeu que a variação era toda devida a causas comuns e, portanto, as diferenças observadas nos últimos 3 semestres, que geraram tantas viagens e estresse, foram devidas a motivos que estavam presentes desde o começo da série histórica, em Jan/2009. Fora desperdiçada uma enorme quantidade de recursos, tanto pelo tempo das pessoas tentando investigar causas comuns quanto pelo recurso investido na pesquisa, que era mal analisada.

Figura 6: gráfico de tendência da satisfação na unidade Brasil



Quando um gestor consegue separar as causas comuns das causas especiais ele adquire uma ferramenta poderosa para controlar e melhorar seu processo. Consegue assim decidir qual o momento correto de interferir e quando é o momento de manter o trabalho rotineiro de sua equipe. Ele não causa estresse desnecessário em seu time, mas sim ganha a confiança dela por agir no momento certo, além de aumentar a produtividade e elevar a qualidade dos produtos e processos de sua organização.



# As sete ferramentas da qualidade

As sete ferramentas da qualidade são instrumentos com capacidade demonstrada e reconhecida para reduzir custos e melhorar a qualidade de qualquer tipo de organização ou processo. Elas compreendem o conceito de identificação, entendimento e eliminação dos problemas.

São elas:

- **Distribuição (histograma e dot-plot);**
- **Gráfico de Pareto;**
- **Gráfico de dispersão;**
- **Diagrama de causa e efeito;**
- **Estratificação;**
- **Folha de verificação;**
- **Gráfico de controle**

Nos próximos capítulos vamos explorar cada uma.



# Distribuição (histograma e dot-plot)

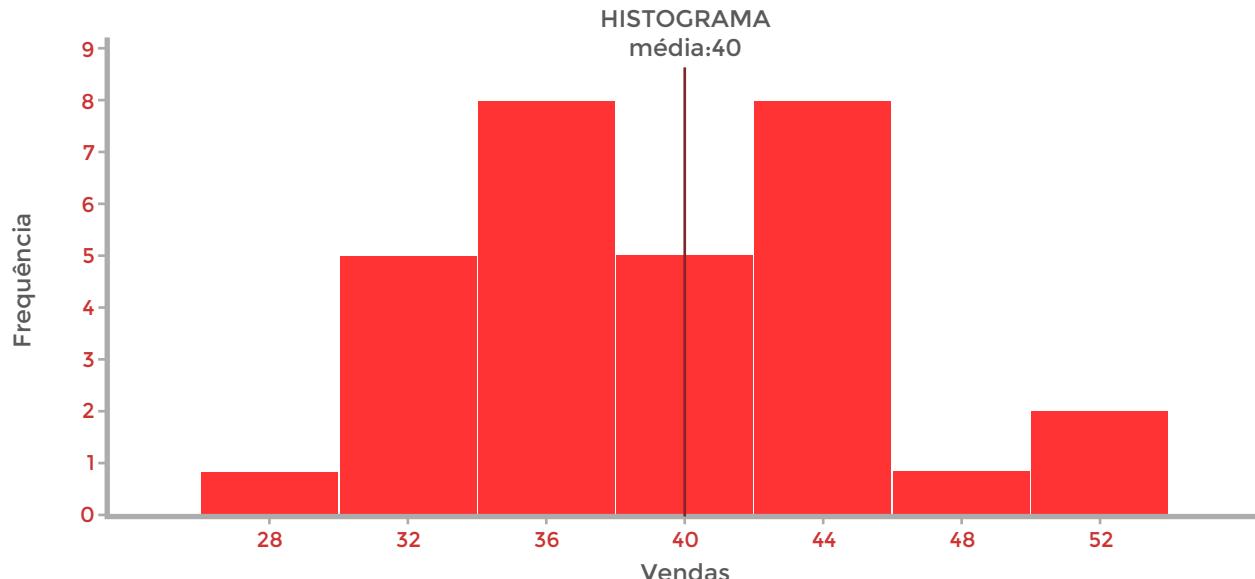
Quando queremos colocar um prego na parede utilizamos um martelo. Da mesma forma, dependendo do tipo de variável que coletamos iremos utilizar uma ferramenta diferente. Os dados de um indicador podem ser:

- **Classificação (qualitativos)**: os resultados possíveis são classificações. No contexto de indicadores aparecerão na forma sim ou não (peça defeituosa ou não defeituosa, entrega atrasada ou não atrasada, cliente satisfeito ou não satisfeito).
- **Contagem**: os resultados são números inteiros (número de riscos em uma peça, número de acidentes no mês).
- **Contínuos**: os resultados podem ser quaisquer números dentro de um intervalo (peso, comprimento, gasto mensal).

Depois de coletar os dados, a primeira atividade será resumi-los, uma vez que nosso cérebro não é preparado para compreender um extenso conjunto de dados. Uma das maneiras mais simples de sumarizar os dados é o histograma. Para construir um histograma dividimos a amplitude dos dados em intervalos, preferencialmente de tamanhos iguais, e contamos o número de observações que estão em cada um dos intervalos. A escolha desses intervalos é crítica, mas qualquer software que seja capaz de produzir um histograma possui algoritmos que fazem esse cálculo de tal maneira a permitir a melhor visualização possível dos dados.

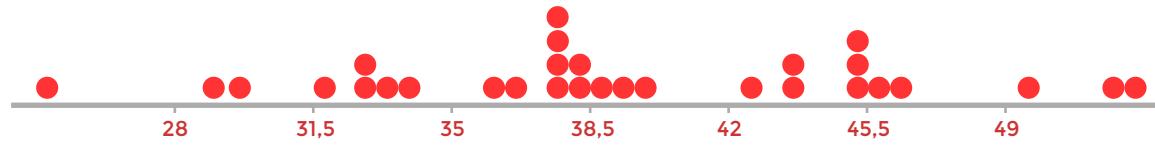
Para estudar o comportamento das venda, um administrador coleta informações sobre o número de itens vendidos nos últimos 30 dias e constrói um histograma com o auxílio de um software. Com esse gráfico ele percebeu que suas vendas variavam entre 28 e 52 unidades, e na maioria dos dias ele vendia em torno de 40.

Figura 7: histograma do número de vendas



Outra maneira de enxergar a distribuição dos dados é o *dot-plot*, onde cada ponto no gráfico representa uma observação.

Figura 8: dot-plot do número de vendas



A média é uma estatística que resume uma informação muito importante da distribuição dos dados que é a centralidade. A média é denotada por  $X$  e é calculada por

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

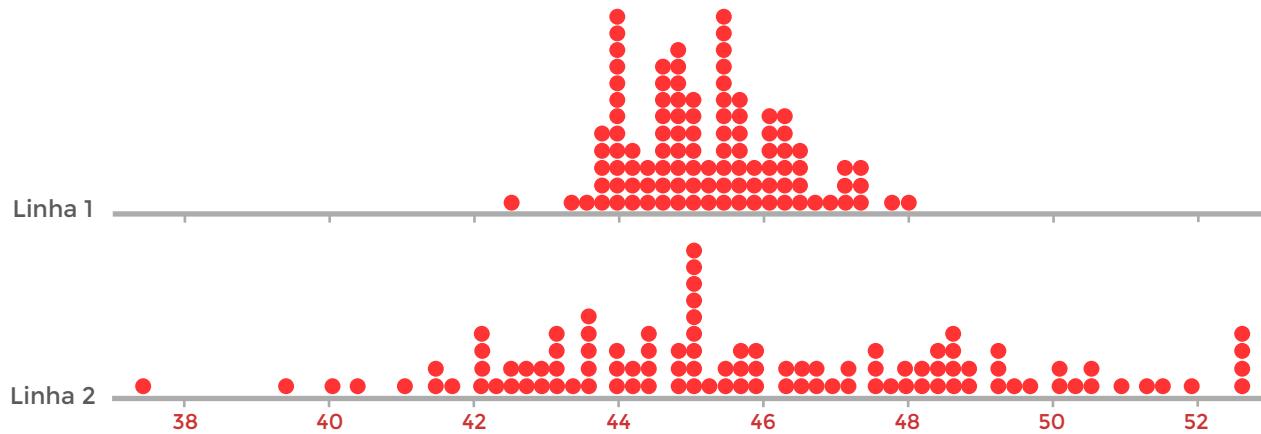
Apesar de extremamente importante, a média não mostra todas as características do nosso processo. Um fabricante de molas para sistemas de amortecimento precisa que seus produtos tenham comprimento de 45, com tolerância entre 42 e 48 cm. Para verificar se estão atendendo a essa especificação o engenheiro responsável retira 50 peças de cada um das 2 linhas de produção e calcula as respectivas médias:

$$\bar{X}_{linha\,1} = 44,8$$

$$\bar{X}_{linha\,2} = 45,3$$

Ele anota esses dados e os envia para seu cliente, confiante de que seu processo era capaz de atender às especificações. Depois de uma semana ele recebe um e-mail de seu cliente solicitando providências para a linha 2, que estava produzindo muitas peças fora da especificação. Junto ao e-mail ele recebe os *dot-plots* das linhas 1 e 2.

Figura 8: dot-plot do comprimento por linha



Olhando para os gráficos ele percebe, para sua surpresa, que realmente a linha dois estava produzindo muitas peças fora da especificação. Nossa amiga acabara de aprender que não basta saber a média de um processo, precisamos também saber a respeito de sua variação, pois quanto menor a variação maior a qualidade do nosso processo.

$$\sum (X_i - \bar{X})$$

O problema é que essa soma é sempre 0. Por exemplo, no conjunto de dados 0, 1 e 2 a média é 1 e a soma dos desvios é

$$(0-1)+(1-1)+(2-1) = -1+0+1=0$$

Para resolver esse problema elevamos cada desvio ao quadrado, o que elimina os sinais negativos

$$\sum (X_i - \bar{X})^2$$

Uma forma simples de medirmos a variação é pela soma de quanto distante cada ponto está do centro (média)

$$\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

A razão de dividirmos por  $n-1$  ao invés de  $n$  foge do escopo desse livro, mas o plano de fundo continua sendo calcular a média das distâncias. Para voltarmos a escala original basta calcular a raiz quadrada desse valor: e

$$\sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

essa estatística é chamada de desvio padrão e representada pela letra  $S$ . Aplicando esse cálculo às linhas de produção de rodas obteríamos o seguinte resultado:

$$S_{linha1} = 1$$

$$S_{linha2} = 3$$

e nosso engenheiro perceberia que a linha dois produz muito mais peças não conformes do que a linha 1.



## Gráfico de Pareto

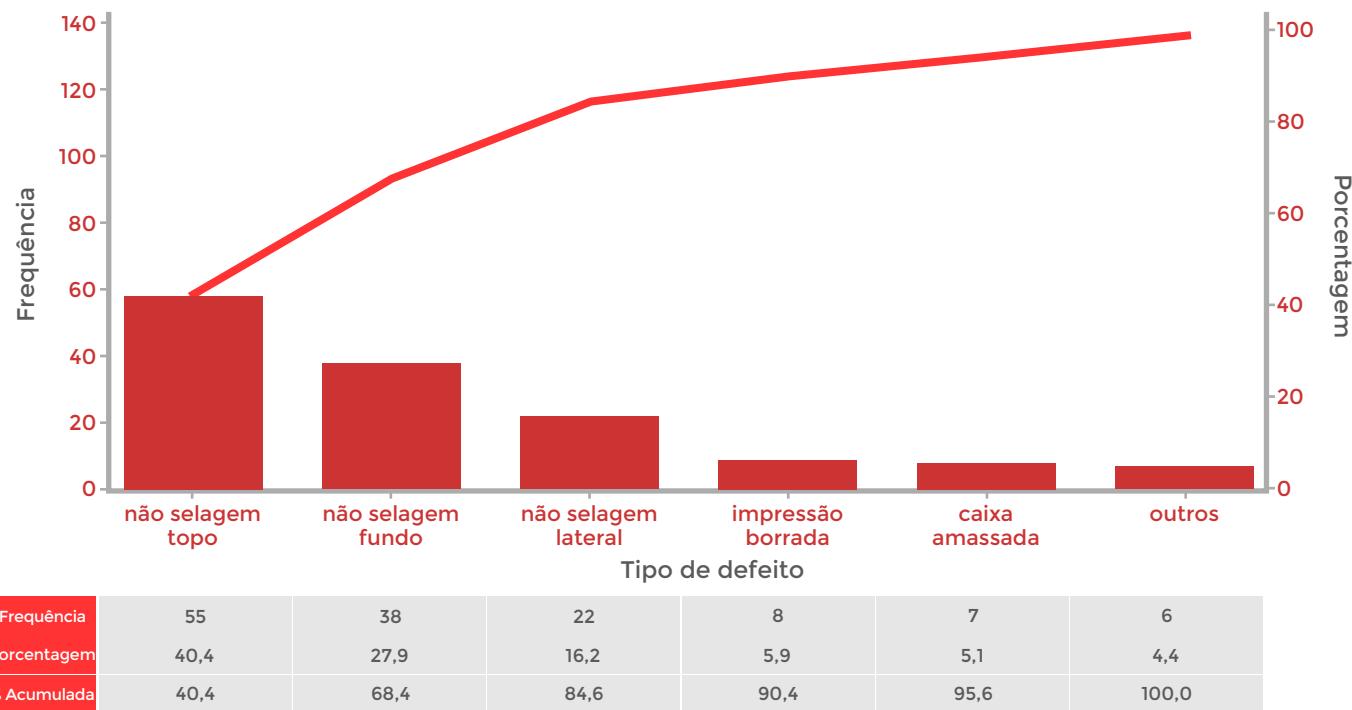
Vilfredo Pareto foi um economista italiano que viveu entre os séculos XIX e XX. Durante seus estudos econômicos sobre a distribuição de renda da população, Pareto identificou que uma pequena parcela da população detinha a maior parte do PIB, enquanto a maioria da população representava uma pequena parcela deste PIB. Esta relação ficou conhecida como regra 80/20. 80% do PIB nas mãos de 20% da população e 20% do PIB nas mãos de 80% da população.

Um dos pioneiros em trabalhos na área de Qualidade, Joseph Juran, encontrou um padrão semelhante ao encontrado por Pareto na distribuição dos tipos de defeitos de certo produto. Após diversas análises, ele chegou a conclusão de que em grande parte das iniciativas de melhoria, poucos tipos de defeitos eram responsáveis pela maioria das rejeições (poucos vitais), ou seja, 80% dos problemas de qualidade de uma peça são causados por 20% dos tipos de defeitos. Da relação entre esses dois trabalho foi criado o conceito de Pareto.

Um dos objetivos centrais de um programa de qualidade é reduzir perdas provocadas por itens defeituosos que não atendem às especificações. Existem muitos tipos de defeitos que fazem com que um produto não atenda às especificações. Concentrar esforços no sentido de eliminar todos os tipos de defeitos não é uma política eficaz. Devemos focar nos tipos de defeitos que são responsáveis pela maioria das rejeições, sendo mais eficaz atacar as causas desses poucos defeitos mais importantes, daí a necessidade de utilizarmos o gráfico de Pareto.

Uma empresa de embalagens precisava reduzir custos com peças defeituosas encontrados em sua produção. Como a empresa não sabia por onde começar decidiu-se utilizar o conceito do Gráfico de Pareto para analisar quais defeitos ocorriam com maior frequência. Durante duas semanas os dados foram coletados, resultando no gráfico a seguir:

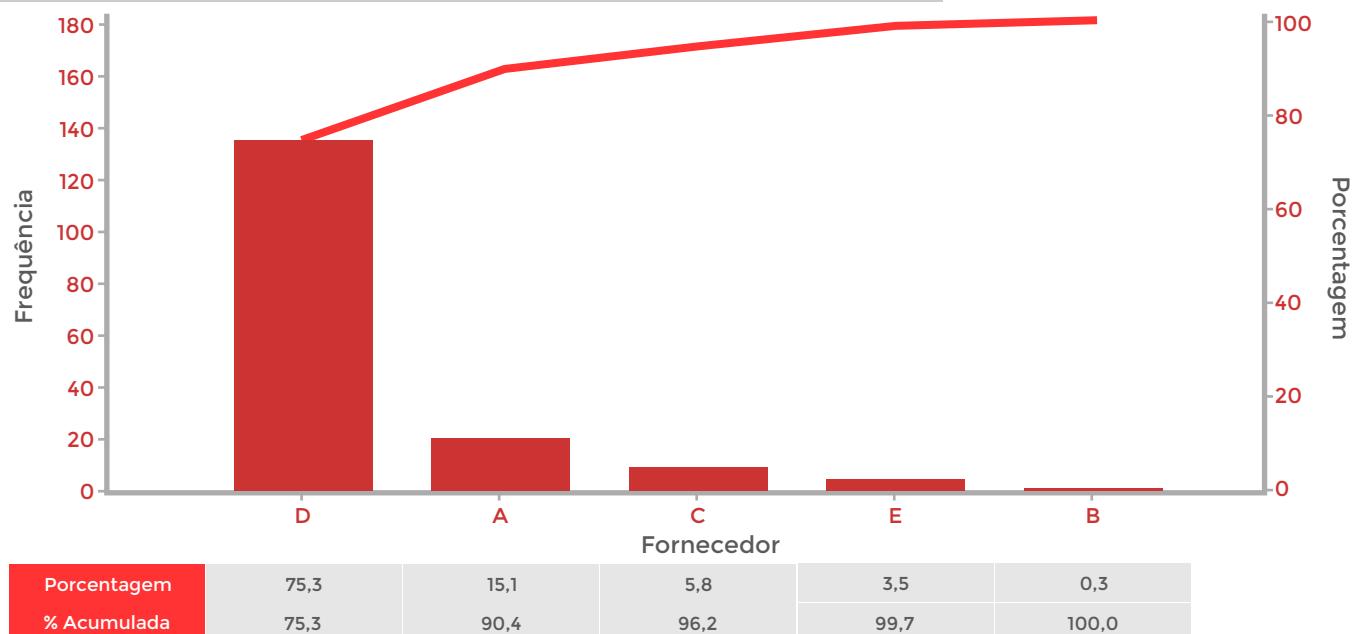
Figura 10: diagrama de Pareto para os tipos de defeitos



A análise do gráfico de Pareto permitiu à empresa identificar quais eram os defeitos mais recorrentes e com isso priorizar a solução dos problemas relacionados à não selagem do topo, não selagem do fundo e não selagem lateral.

No exemplo anterior, no eixo vertical, utilizamos a frequência das ocorrências dos defeitos, porém outras opções também podem ser utilizadas. Um cliente cujo negócio era a distribuição de sistemas de automação estava interessado em reduzir o quanto era gasto com cada fornecedor para trocar peças que apresentavam defeitos em campo. Para tanto, eles coletaram durante um mês todos os sistemas que precisaram ser trocados e qual era o fornecedor desse sistema. Eles sabiam também que existia uma grande diferença entre os preços, com sistemas simples que custavam R\$ 300,00, até sistemas complexos cujo custo era R\$ 2.000,00. Nesse caso cada defeito foi multiplicado pelo custo do seu sistema e essa variável foi utilizada para a construção do Pareto.

Figura 11: gráfico de Pareto por fornecedor



Com essa análise foi possível focar no fornecedor D, uma conclusão bem diferente do que obteríamos se olhássemos apenas a frequência.



# Gráfico de dispersão

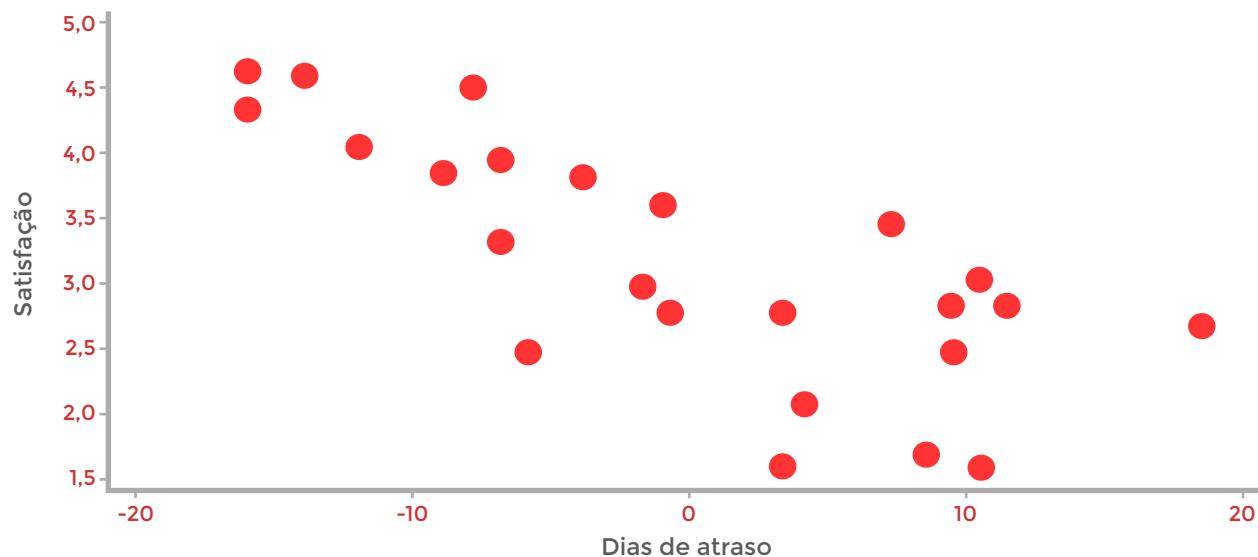
O gráfico de dispersão é uma ferramenta poderosa para estudar a relação entre duas variáveis (normalmente contínuas). No caso de um departamento de gerenciamento de projetos que está interessado em aumentar a satisfação com relação à entrega dos projetos mede a satisfação e os dias de atraso (números negativos indicam entrega antes do prazo). Os dados são anotados em pares (x, y) como pode ser observado na *Tabela 2*.

Tabela 2

| Projeto | Dias de atraso | Satisfação |
|---------|----------------|------------|
| 1       | -3             | 3,90       |
| 2       | -6             | 3,42       |
| 3       | -1             | 3,10       |
| 4       | 0              | 2,95       |
| 5       | 4              | 1,83       |
| 6       | 5              | 2,25       |
| 7       | 9              | 1,92       |
| 8       | 11             | 4,41       |
| 9       | -15            | 2,85       |
| 10      | 12             | 3,00       |
| 11      | -5             | 2,67       |
| 12      | -6             | 3,95       |
| ...     | ...            | ...        |

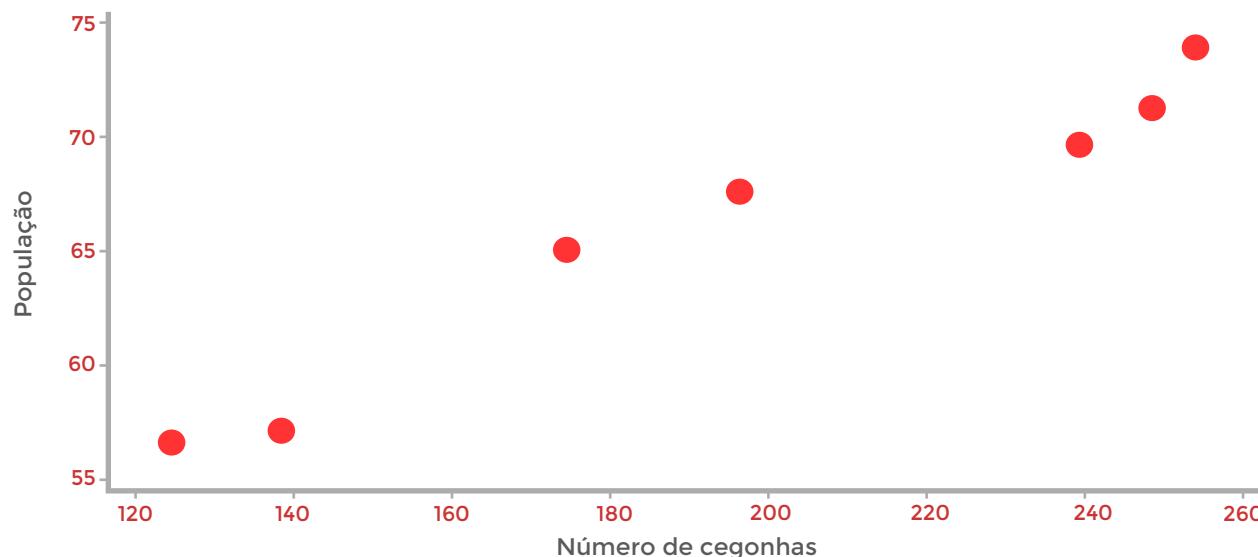
Cada ponto do gráfico de dispersão é relativo a um par de pontos da tabela e nesse exemplo concluímos que existe uma forte relação entre a satisfação e os dias de atraso. Conforme os dias de atraso aumentam a satisfação diminui e chamamos essa relação de negativa. É tentador concluir que se entregarmos antes os projetos aumentaremos a satisfação, mas esse pensamento é potencialmente perigoso pois a correlação não implica necessariamente em causalidade. Essa relação aparente pode ser causada por algo bastante diferente.

Figura 12: gráfico de dispersão da satisfação pelos dias de atraso



Um exemplo bastante didático é a coleta de dados elaborada pelo estatístico dinamarquês Gustav Fisher. Ele coletou, entre 1930 e 1936, dados sobre a população e o número de cegonhas no final de cada ano na cidade de Oldenburg (Figura 13). Ele não fez isso por acreditar no mito infantil, mas sim para mostrar que nem sempre a correlação implica em causalidade. Quando construímos um gráfico de tendência procuramos identificar relações potenciais, que deverão ser comprovadas em experimentos posteriores.

Figura 13: gráfico de dispersão da população pelo número de cegonhas

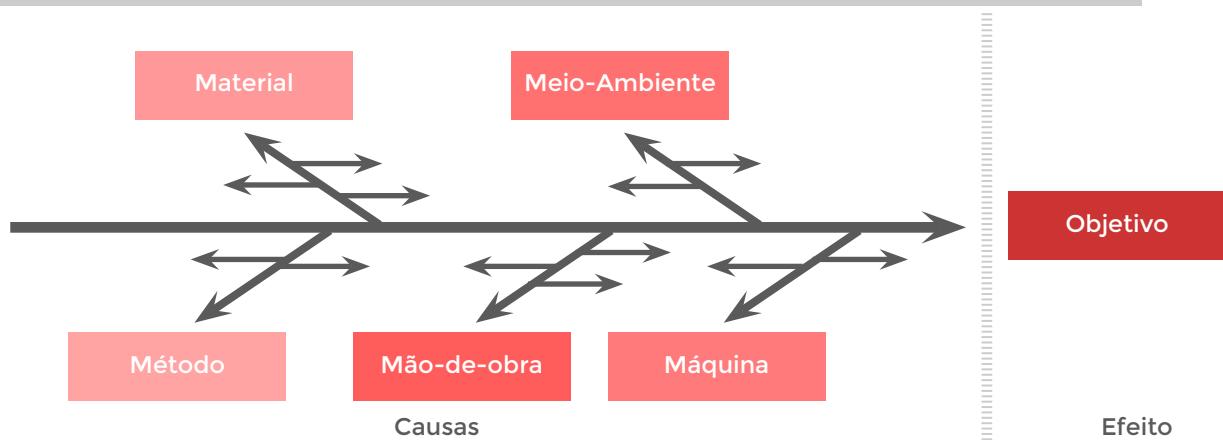




# Diagrama de causa e efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Ishikawa ou Espinha de Peixe, foi criado em 1943 pelo Dr. Kaoru Ishikawa, um engenheiro químico da *Tokyo University*. O diagrama foi desenvolvido com o objetivo de representar a relação entre um “efeito” e suas possíveis “causas”. Esta técnica é utilizada para descobrir, organizar e resumir conhecimento de um grupo a respeito das possíveis causas que contribuem para um determinado efeito.

Figura 14: Esquema do diagrama de causa e efeito tradicionalmente utilizado em indústrias



Uma das grandes vantagens do diagrama está no fato deste fornecer uma conexão visual entre o efeito observado (disposto no lado direito do diagrama) e todos os possíveis fatores que contribuem para ele (dispostos à esquerda). As espinhas principais representam as causas primárias do problema e as ramificações dessas espinhas representam as causas secundárias ou oriundas de processos anteriores.

Um dos méritos desta ferramenta é sua capacidade de trabalhar com diversos pontos de vistas, compartilhando o conhecimento comum sobre o problema e incentivando que os membros da equipe visualizem o sintoma e as

possíveis causas de um problema como parte de todo um sistema, induzindo ao pensamento sistêmico.

Os principais tipos de causas contribuintes para os efeitos indesejáveis na indústria são os seis Ms: material, mão de obra, máquinas, método de trabalho, meio ambiente e o sistema de medição. Além destes, há inúmeras maneiras de classificação, de acordo com o tipo do negócio e do problema em questão.

São três os principais objetivos do diagrama causa e efeito:

- **Seleções dos dados importantes;**
- **Apresentação das possíveis causas;**
- **Guia as medidas corretivas.**

## CUIDADOS

Alguns cuidados devem ser tomados ao se elaborar um diagrama de Causa e Efeito. O primeiro deles é ter em mente que as causas listadas são causas prováveis, ou seja, são hipóteses. Deste modo, antes de começar a elaborar um plano de ação para corrigir as causas prováveis, é necessário confirmá-las. Não se deve investir dinheiro em um plano de ação em que não há certeza, ou pelo menos uma grande convicção, sobre as causas.

Durante nossos trabalhos e treinamentos, nos deparamos muitas vezes com equipes acostumadas a preparar planos de ação com o objetivo de eliminar causas não confirmadas. Isto representa uma grande fonte de desperdício para a organização. Mas porque será que isto acontece?

A principal razão para isto chama-se RNC, ou relatório de não conformidade. O RNC é um relatório exigido pela ISO toda vez que acontece algum desvio no produto ou serviço produzido. Até aí, não haveria problema. Porém, neste relatório geralmente se encontra um espaço para o preenchimento do diagrama de Causa e Efeito acompanhado dos cinco porquês e de um plano de ação. Esta estrutura induz as pessoas responsáveis pelo preenchimento da RNC a preencherem todos os três ao mesmo tempo.

O segundo cuidado a se tomar é sobre quem deve participar da elaboração do diagrama. É comum as pessoas convidarem todos os envolvidos no processo para participarem da reunião para a elaboração, porém isto só eleva o custo da reunião e piora sua dinâmica. Para este tipo de reunião, menos é mais. Só devem participar aquelas pessoas que realmente podem contribuir e tem disciplina para tal. Esta reunião não deve virar bate papo.

Esta ferramenta é muito útil e aplicável a quase todos os projetos de melhoria. Uma das aplicações mais interessantes feitas pela nossa equipe foi em um projeto cujo objetivo era aumentar o volume de vendas pelo telefone de uma empresa do ramo de equipamentos de proteção elétrica. Por meio do diagrama foi possível consolidar todas as possíveis causas para o fechamento ou não das propostas. Isto possibilitou a nossa equipe entender quais fatores os vendedores julgavam importantes para o fechamento do pedido. Alguns dos fatores que surgiram foram: tempo de *follow-up*, mudança de vendedor, preço, prazo de entrega e prazo de pagamento.

Levantada todas as possíveis causas para o fechamento do pedido por meio do diagrama, foi possível elaborar um plano de testes e verificar quais delas eram factíveis. Para a surpresa de todos, muitas das "verdades" acabaram indo por terra. O fator que mais espanto causou foi o impacto que o tempo para envio da proposta e o tempo até o primeiro *follow-up* tem na probabilidade de fechamento. Deixar a proposta para o dia seguinte reduzia em 50% as chances de ela ser fechada. Assim, ficou claro que a empresa deveria desburocratizar esse processo, pois sua velocidade interna era muito menor do que a velocidade que o mercado demandava.

Sem o diagrama de causa e efeito seria impossível descobrir tais problemas.

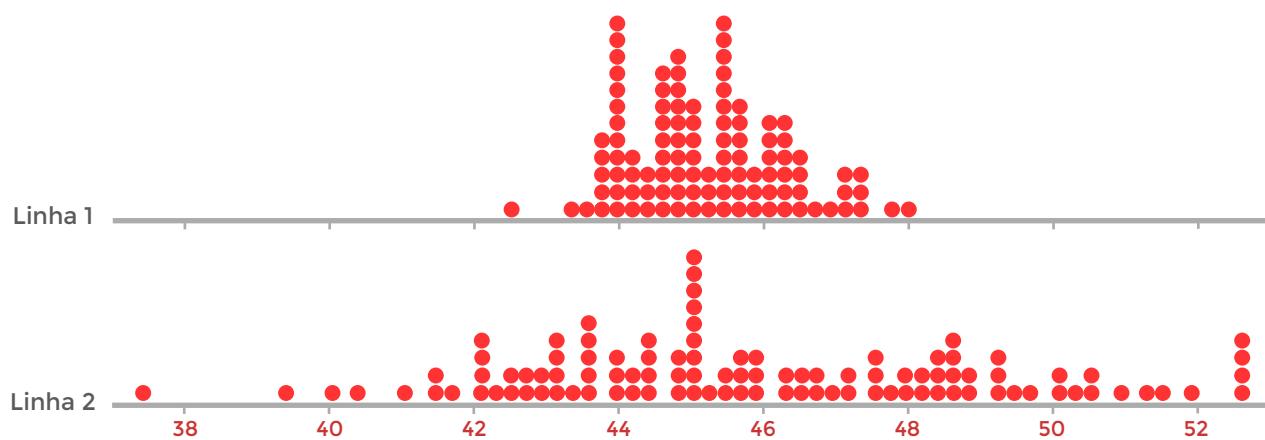


# Estratificação

Estratificar nada mais é do que separar os dados em grupos. Uma dúvida que pode surgir quando avaliamos a qualidade de peças produzidas é se a variação é a mesma para nossas duas linhas de produção, nesse caso a variável de estratificação. O caso anteriormente apresentado, sobre duas linhas de produção de molas exemplifica bem esse conceito.

Um fabricante de molas para sistemas de amortecimento precisa que seus produtos tenham comprimento de 45, com tolerância entre 42 e 48 cm. Para verificar se estão atendendo a essa especificação o engenheiro responsável retira 50 peças de cada um e elabora um gráfico de distribuição (*dot-plot*) estratificado pela linha. Ele percebe que a linha 2 produz peças com qualidade inferior e decide focar os esforços de melhoria nessa linha.

Figura 15: dot-plot do comprimento por linha





# Folha de verificação

A folha de verificação é uma das mais utilizadas e importantes ferramentas da qualidade. São formulários utilizados para padronizar e facilitar a coleta de dados e a organização dos mesmos para a estratificação. A padronização e a facilidade na coleta de dados irão garantir uma maior probabilidade de que os dados coletados reflitam os fatos e a realidade do processo em análise, caso contrário todas as ações subsequentes do projeto de melhoria poderão estar fundamentadas sobre dados falsos.

É neste documento que são incorporadas as categorias de dados necessárias para a validação das hipóteses sobre a influência de alguns parâmetros. Com a folha de verificação é possível avaliar os itens de controle do processo, os itens de verificação, classificar os dados, localizar defeitos e identificar uma possível relação causa-efeito (desde que o documento seja devidamente construído).

O livro de Hitoshi Kume *Statistical Methods for Quality Improvement* define os principais tipos de folha de verificação:

## FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA A ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PARÂMETROS DE CONTROLE NUM PROCESSO PRODUTIVO

Este tipo de folha de verificação é aplicado quando queremos conhecer a distribuição dos valores de uma determinada característica de qualidade. Para construí-lo dividimos a amplitude (máximo valor - mínimo valor) em intervalos (*Figura 16*) e apontamos com um x no respectivo intervalo cada peça retirada da produção (*Figura 17*). Exemplo: Espessura da peça após o biscoito prensado no processo cerâmico.

**Figura 16. Exemplo de folha de verificação para análise da distribuição de parâmetros de controle num processo produtivo**

| Peça (produto)  |   | Operação (processo) |   |   |   |   |  |
|-----------------|---|---------------------|---|---|---|---|--|
| Operador        |   | Máquina             |   |   |   |   |  |
| Data            |   | Seção               |   |   |   |   |  |
| Dimensão        |   | Amostra             |   |   |   |   |  |
| menos de 10,050 | 1 | 2                   | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| 10,050          |   |                     |   |   |   |   |  |
| 10,055          |   |                     |   |   |   |   |  |
| 10,060          |   |                     |   |   |   |   |  |
| 10,065          |   |                     |   |   |   |   |  |
| 10,070          |   |                     |   |   |   |   |  |
| 10,075 ou mais  |   |                     |   |   |   |   |  |

**Figura 17: Exemplo de folha de verificação para análise da distribuição de parâmetros de controle num processo produtivo**

| especificação | desvio | anotações |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | frequência |
|---------------|--------|-----------|---|---|---|---|----|---|---|---|---|----|---|---|--|--|------------|
|               |        | 5         |   |   |   |   | 10 |   |   |   |   | 15 |   |   |  |  |            |
|               | 1,0    | x         | x |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 2,00       |
|               | 0,9    | x         | x |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 2,00       |
|               | 0,8    | x         | x |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 2,00       |
|               | 0,7    | x         | x | x |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 3,00       |
|               | 0,6    | x         | x | x |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 3,00       |
| especificação | 0,5    | x         | x | x |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 3,00       |
|               | 0,4    | x         | x | x | x |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 4,00       |
|               | 0,3    | x         | x | x | x | x | x  |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 6,00       |
|               | 0,2    | x         | x | x | x | x | x  | x | x |   |   |    |   |   |  |  | 8,00       |
|               | 0,1    | x         | x | x | x | x | x  | x | x | x | x |    |   |   |  |  | 10,00      |
| 5,000         | 0      | x         | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x  | x | x |  |  | 11,00      |
|               | -0,1   | x         | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x  | x | x |  |  | 10,00      |
|               | -0,2   | x         | x | x | x | x | x  | x | x | x | x |    |   |   |  |  | 8,00       |
|               | -0,3   | x         | x | x | x | x | x  | x | x | x | x |    |   |   |  |  | 6,00       |
|               | -0,4   | x         | x | x | x | x | x  | x | x | x | x |    |   |   |  |  | 4,00       |
| especificação | -0,5   | x         | x | x |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 3,00       |
|               | -0,6   | x         | x | x |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 3,00       |
|               | -0,7   | x         | x | x |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 3,00       |
|               | -0,8   | x         | x |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 2,00       |
|               | -0,9   | x         | x |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 2,00       |
|               | -1,0   | x         | x |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |  |  | 2,00       |

## **FOLHA DE VERIFICAÇÃO DE DEFEITOS**

Esse tipo de folha de verificação é utilizado quando queremos saber quais os tipos de defeitos mais frequentes e número de vezes causado por cada motivo, para a construção posterior de um gráfico de Pareto, por exemplo. Exemplo: tipos de defeitos em uma peça usinada.

Figura 18: Exemplo de folha de verificação utilizada para análise de itens defeituosos

| Peça (produto)  | Operação (processo) |  |
|-----------------|---------------------|--|
| Operador        | Máquina             |  |
| Data            | Seção               |  |
| Tipo de defeito | Contagem            |  |
| Saliência       |                     |  |
| Aspereza        |                     |  |
| Risco           |                     |  |
| Mancha          |                     |  |
| Cor             |                     |  |
| Outro           |                     |  |

## **FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA LOCALIZAÇÃO DE DEFEITOS**

É usada para localizar defeitos externos, tais como: mancha, sujeira, riscos, pintas, e outros. Geralmente esse tipo de lista de verificação tem um desenho do item a ser verificado, na qual é assinalado o local e a forma de ocorrência dos defeitos. Exemplo: Bolha estourada na superfície do vidrado, nas peças de cerâmica. Esta folha nos mostrará o local onde mais aparece o tipo da bolha.

Esse tipo de folha de verificação é uma importante ferramenta para a análise do processo, pois nos conduz para onde e como ocorre o defeito.

Figura 19: Exemplo de folha de verificação utilizada para localização de defeitos

Figura 20: Exemplo de folha de verificação utilizada para localização de defeitos em veículos

|   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Instalar proteções internas<br><input type="checkbox"/> Anotar Km: _____<br><input type="checkbox"/> Anotar nível de combustível<br>R 1/4 1/2 3/4 1/1  | <input type="checkbox"/> Luzes de advertência<br>Quais? _____<br><input type="checkbox"/> Solicitar Manual de Garantia<br><input type="checkbox"/> Destrarar o capô | - Sim, existente ou Ok<br>I - Incompleto<br>N - Não existente<br>A - Avariado |
| A - amassado R - riscado X - quebrado F - faltante  |   |   |
|    |   |   |
| Demais observações:<br>_____<br>_____<br>_____<br>_____   |   |   |
| Extintor de incêndio _____<br>Bancos (danos) _____<br>Tapetes _____<br>Radio (CD/ DVD/ Disqueteira) _____<br>Manual do proprietário _____<br>Alarme _____<br>Acendedor de cigarro _____<br>Documentos do veículo _____<br>Retirada de pertences pessoais _____<br>Antena _____<br>Rack _____<br>Pneus ..... D.E. <input type="checkbox"/> D.D. <input type="checkbox"/><br>Calotas ..... D.E. <input type="checkbox"/> D.D. <input type="checkbox"/><br>Rodas de liga ..... D.E. <input type="checkbox"/> D.D. <input type="checkbox"/><br>Parabrisa _____<br>Faróis dianteiros / Piscas _____<br>Faróis de Neblina _____<br>Kit Sport _____<br><br>Abrir o capô e verificar os níveis:<br>- Fluido de freio _____<br>- Líquido de arrefecimento _____<br>- Fluido D. Hidráulica _____<br>Bateria (controle visual) _____<br>Amortecedor _____<br>Palhetas dianteiras _____<br>Portinhola tanque combustível _____<br><br>Pneus ..... T.D. <input type="checkbox"/> T.E. <input type="checkbox"/><br>Calotas ..... T.D. <input type="checkbox"/> T.E. <input type="checkbox"/><br>Rodas de liga ..... T.D. <input type="checkbox"/> T.E. <input type="checkbox"/><br>Sensor de estacionamento _____<br>Ponteira escapamento _____ |   |   |

## FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA ANÁLISE DAS CAUSAS DE DEFEITOS

Este tipo de folha de verificação é geralmente utilizado para investigar as causas dos defeitos, sendo que os dados relativos à causa e os dados relativos aos defeitos são colocada de tal forma que se torna clara a relação entre as causas e efeitos. Posteriormente os dados são analisados por meio da estratificação de causas. Alguns exemplos de estratificação são desajuste de máquina, inexperiência do operador, dia da semana, horário do dia entre outros.

Figura 21: Exemplo de folha de verificação utilizada para investigar as causas dos defeitos

| Peça (produto) |          |     | Operação (processo) |    |    |    |
|----------------|----------|-----|---------------------|----|----|----|
| Data           |          |     | Seção               |    |    |    |
| Máquina        | Operador | Dia |                     |    |    |    |
| A              | A        | 2a  | 3a                  | 4a | 5a | 6a |
|                | B        |     |                     |    |    |    |
|                | C        |     |                     |    |    |    |
| B              | A        |     |                     |    |    |    |
|                | B        |     |                     |    |    |    |
|                | C        |     |                     |    |    |    |

## CONSTRUÇÃO DE UMA FOLHA DE VERIFICAÇÃO

Apesar de não existir uma regra para criá-la, já que cada caso merece um estudo diferente, pode-se elencar as principais etapas para elaboração de uma folha de verificação:

1. Definir o objetivo da coleta de dados e o tipo da folha de verificação.
2. Incluir campo para o registro de:
  - a. Nomes e códigos das áreas.
  - b. Produtos e pessoas responsáveis.
3. Folha autoexplicativa para o preenchimento.
4. Conscientização para a coleta.
5. Executar um pré-teste.

Para todas as etapas, é importante atribuir um responsável e treiná-lo. Uma fábrica do setor de escapamentos desejava identificar problemas de solda que ocorriam com seus produtos. A empresa resolveu então coletar dados que pudessem identificar os seguintes aspectos:

- Em qual produto ocorria defeito;
- Qual era o tipo de defeito;
- Em qual turno ocorriam os defeitos;
- Quais eram os parâmetros da máquina no momento do defeito;
- Em qual máquinas ocorriam os defeitos.

Para conseguir coletar todas essas informações de uma maneira fácil e em que os próprios operadores pudessem coletá-los, a empresa decidiu criar uma Folha de Verificação que permitisse colher todas estas informações em apenas um papel:

Figura 22: Exemplo de folha de verificação utilizada para investigar as causas dos defeitos

| Folha de controle de refugo |  |
|-----------------------------|--|
| Produto:                    |  |
| Tipo de defeito:            |  |
| Turno:                      |  |
| Parâmetros da Máquina:      |  |
| Número da Máquina:          |  |



# Gráficos de controle

Vimos no primeiro capítulo a importância de distinguir as causas de variação presentes em um processo para podermos gerenciá-lo da maneira mais adequada possível. Mas muitas vezes é difícil distinguir quando um ponto indica a presença de alguma causa especial e se torna necessário o estabelecimento de um critério formal que a indique. É para essa finalidade que foi desenvolvido o gráfico de controle. Ele nada mais é do que um gráfico de tendência com linhas de referência adicionadas. A linha central indica a média, a linha inferior o limite inferior de controle (LCL) e a linha superior o limite superior de controle (UCL).

Figura 23: gráfico de tendência do refugo

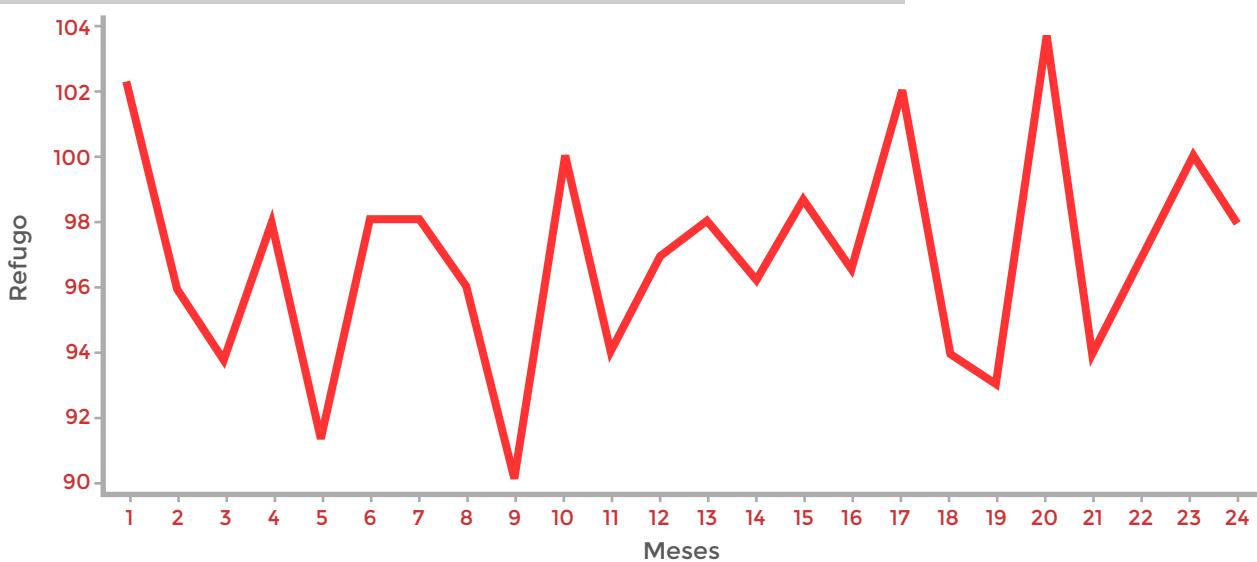
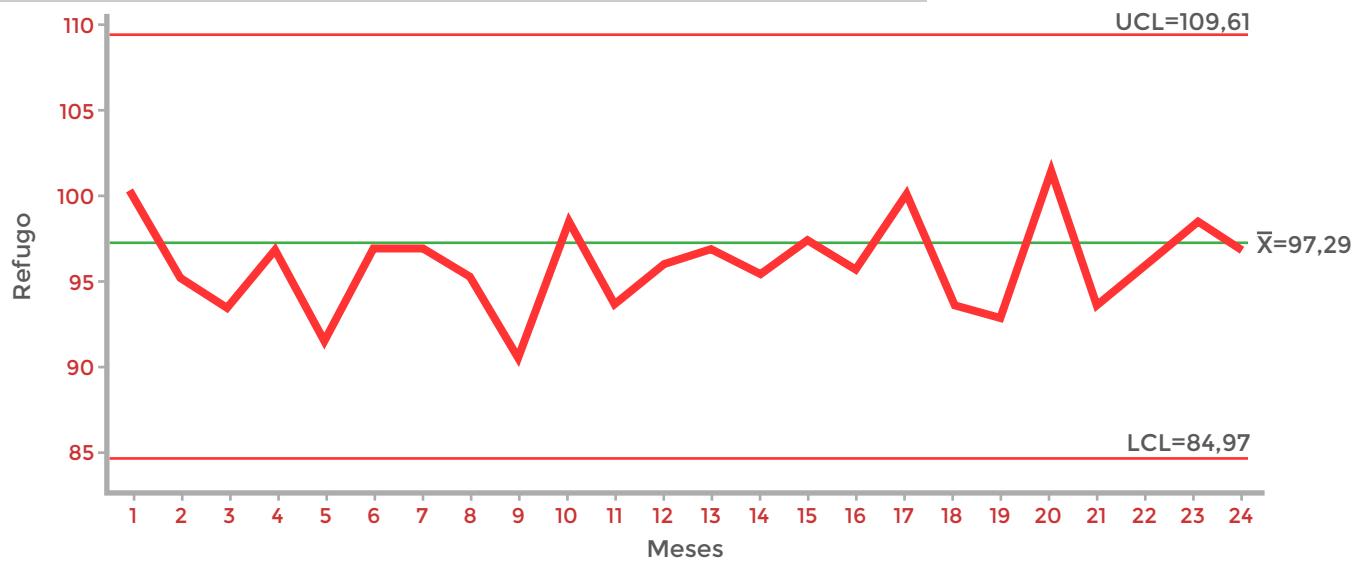
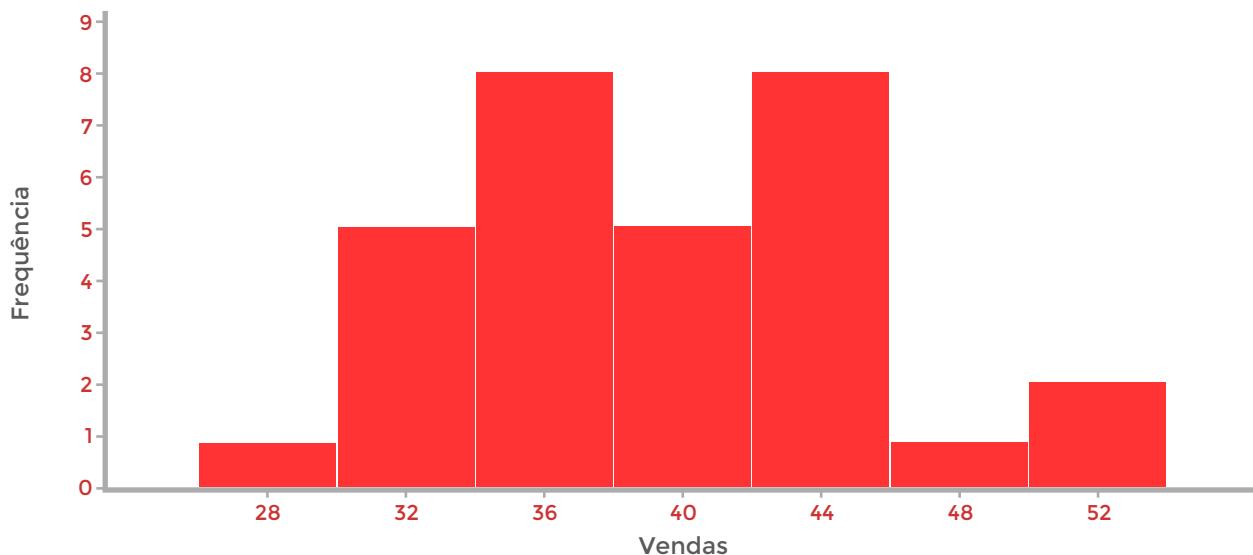


Figura 24: gráfico de controle do refugo



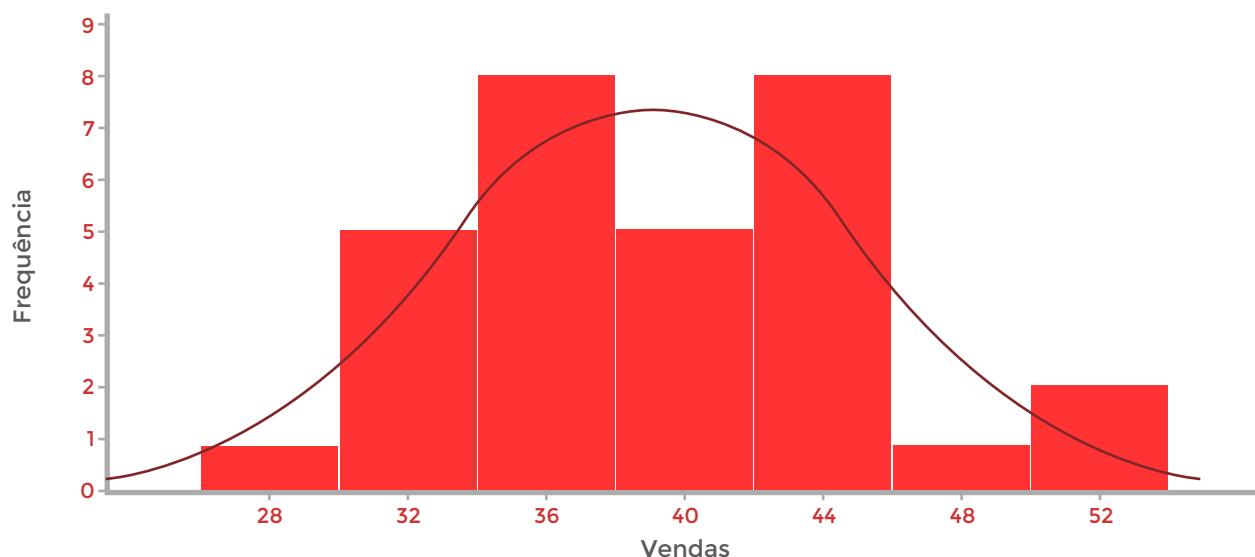
Quando monitoramos algum indicador estamos decidindo, a cada novo ponto, se estamos na presença de uma causa comum ou especial. Para que tenhamos convicção sobre nossa decisão precisamos conhecer o "DNA" do nosso processo, ou seja, coletar dados históricos. Podemos imaginar a coleta de 30 pontos desse indicador e construir um gráfico de frequência, ou histograma, como mostrado na *Figura 25*.

Figura 25: histograma do número de vendas



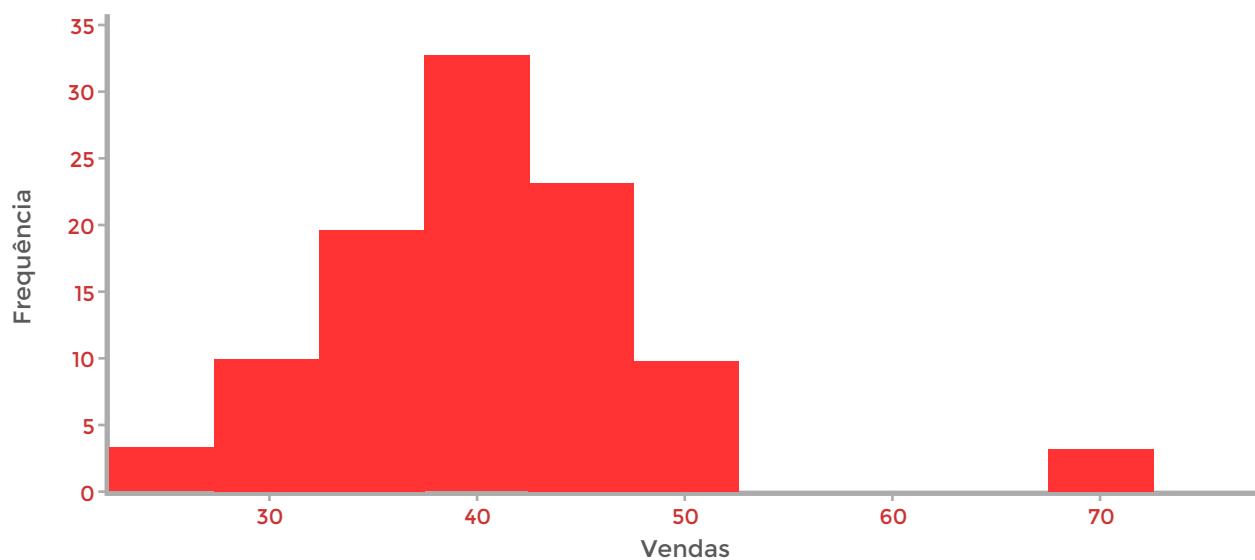
Nesse gráfico a altura de cada barra indica o percentual de observações na respectiva faixa de dados e, portanto, a soma da altura de todas as barras é 100%, ou seja, todos os resultados possíveis para essa distribuição. Podemos "aproximar" esses dados por uma linha contínua, como mostrado na *Figura 26*, que também tem área igual a 100%. Essa figura nos ajuda a conhecer nosso processo e a decidir quando um novo ponto se parece com esse "DNA" (causa comum) ou quando esse ponto parece pertencer a um processo diferente (causa especial).

Figura 26: histograma com linha contínua



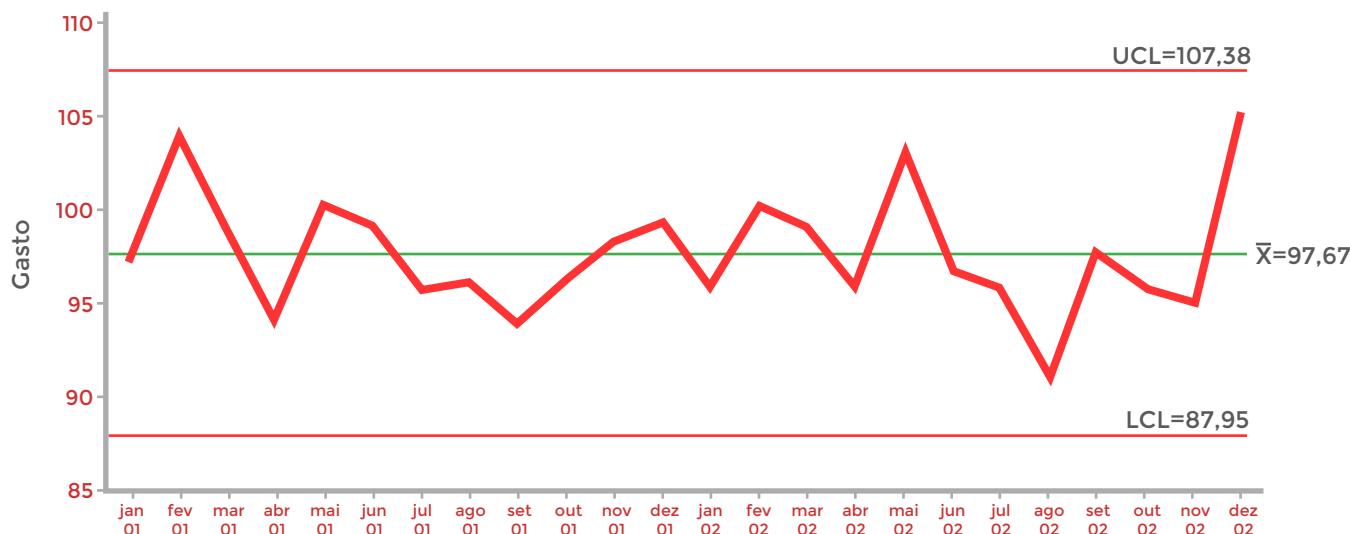
Podemos pensar que esses dados foram coletados entre os meses jan/2009 e jun/2011 e no mês de jul/2011 o resultado tenha sido igual a 70, como mostrado na Figura 27. Esse novo ponto não parece fazer parte do mesmo processo que gerou os outros dados e, portanto, parece bastante crível que ele seja uma causa especial.

Figura 27: histograma do número de vendas com outlier

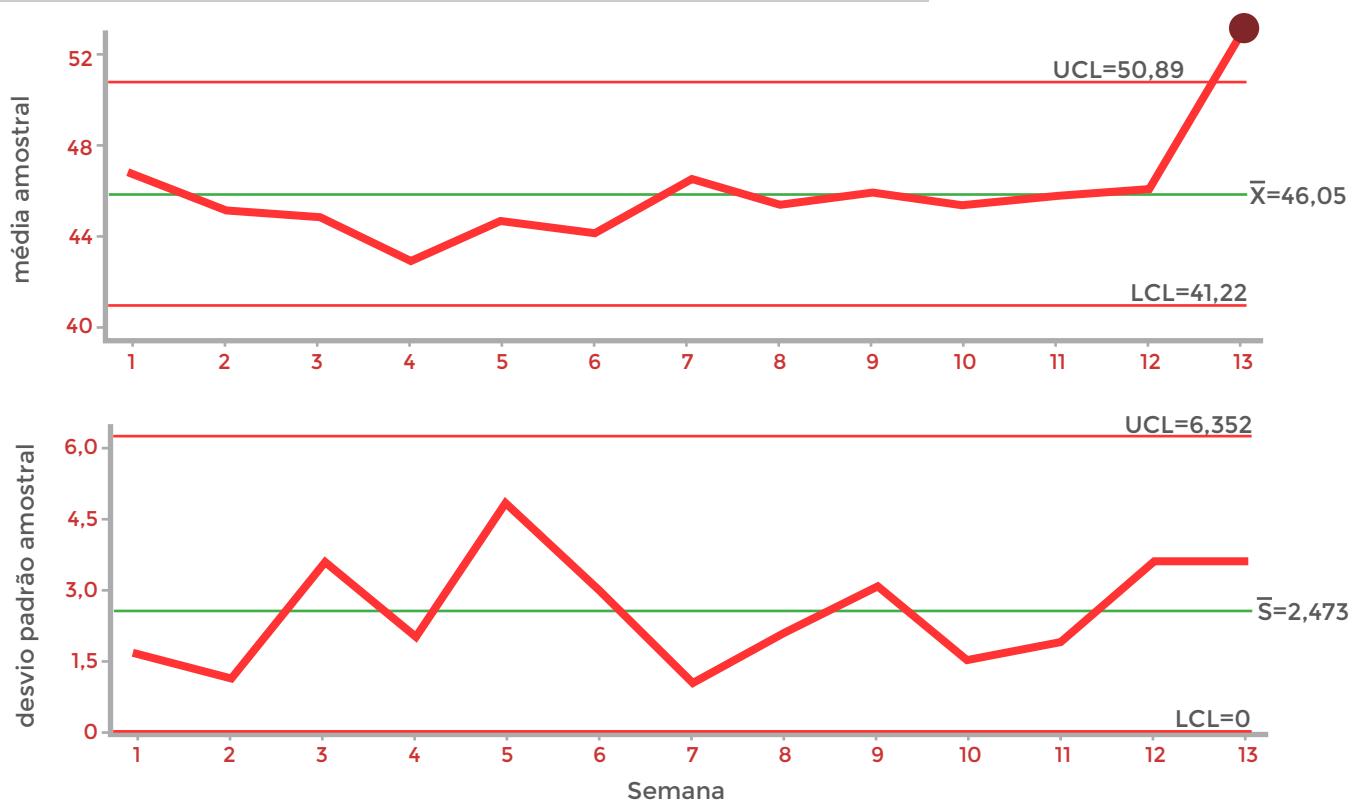


Os limites de controle são estabelecidos de tal forma que entre eles estejam, aproximadamente, 99% dos dados. Assim, se um ponto cai além desses limites temos uma chance menor do que 1% de ser uma causa comum e, portanto, existe forte evidência do acontecimento de uma causa especial (mudança no processo). A razão da escolha do valor 99 % é que, normalmente, não queremos correr o risco de tratar uma causa comum como especial, uma vez que isso irá acarretar parada no processo e consequentemente diminuição da produtividade. Quem definiu esses valores foi Walter Shewhart, o criador dessa ferramenta. Uma discussão mais detalhada pode ser encontrada no livro de Douglas Montgomery, intitulado de *Introduction to Statistical Quality Control*.

Uma aplicação interessante foi observada no monitoramento do gasto mensal com treinamento, acompanhado mensalmente. Cada ponto no gráfico representa o gasto de 1 mês e nesse caso dizemos que o subgrupo é de tamanho 1 (um mês). Além disso, estamos trabalhando com uma variável contínua (gasto com treinamento) e, portanto, iremos utilizar o gráfico de individuais.

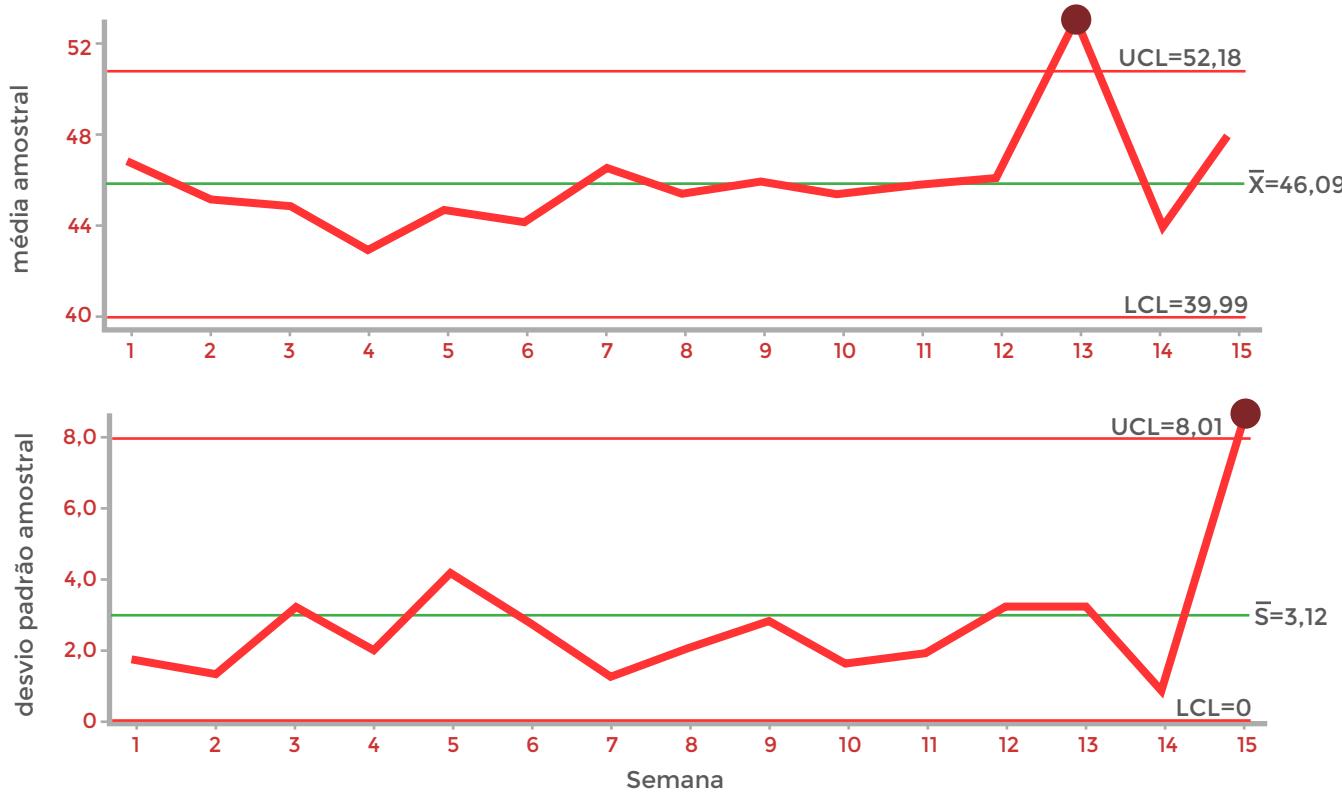
**Figura 28: gráfico de controle de individuais do gasto**


Chamamos o gráfico produzido com a média de X-barra ( $\bar{X}$ ) e o gráfico produzido com o desvio padrão de S, de *Standard deviation* (desvio padrão em inglês). Na hora treze aparece a indicação de uma causa especial no gráfico X-barra, mas não no gráfico S, indicando que a média do diâmetro das peças mudou, mas não a variação entre elas. Com essa informação podemos concluir que temos uma causa especial que afetou todas as peças, causando um aumento de diâmetro em todas elas. Essa indicação levou a descoberta de que um lote de matéria-prima, que estava abastecendo todas as cinco linhas estava com problema.

**Figura 29: gráfico X-barra/S do diâmetro**


Já na semana 15 a causa especial acontece somente no gráfico S, indicando que a variação entre as peças aumentou, mas a média não foi tão alterada. Isso indica que existe uma causa especial afetando somente uma das linhas e agora podemos tentar entender o que aconteceu com ela. Nesse caso uma das ferramentas utilizada na produção da peça estava gasta e foi possível trocá-la antes de produzir mais peças não conformes.

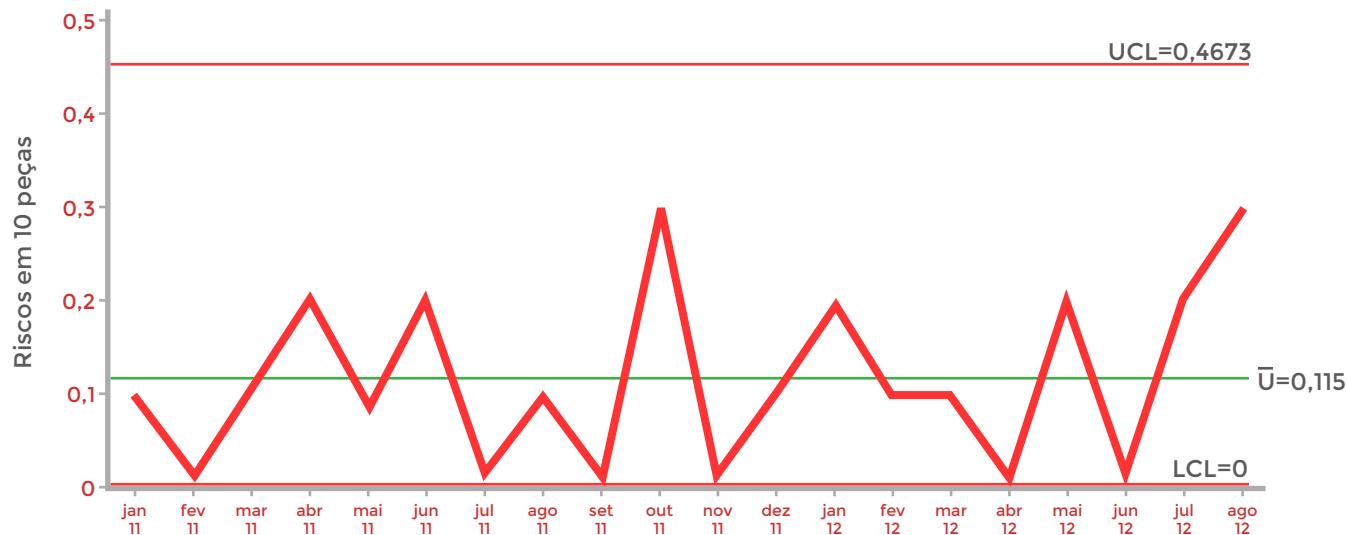
Figura 29: gráfico X-barra/S do diâmetro



Os gráficos de controles individuais e X-barra/S foram todos utilizados quando a variável era contínua.

Uma grande empresa estava interessada em monitorar o número de riscos em suas peças, uma importante característica de qualidade para seus clientes e, para tanto, ela retira 10 peças a cada meia-hora. Quando os dados representam contagem de defeitos, que são expressos por número inteiros positivos, trabalhamos com o gráfico de controle U (Figura 31). Cada ponto nesse gráfico irá representar o número de defeitos médio nas três peças retiradas e, portanto, o tamanho do subgrupo nesse caso é 10.

Figura 31: gráfico U de riscos por 10 peças

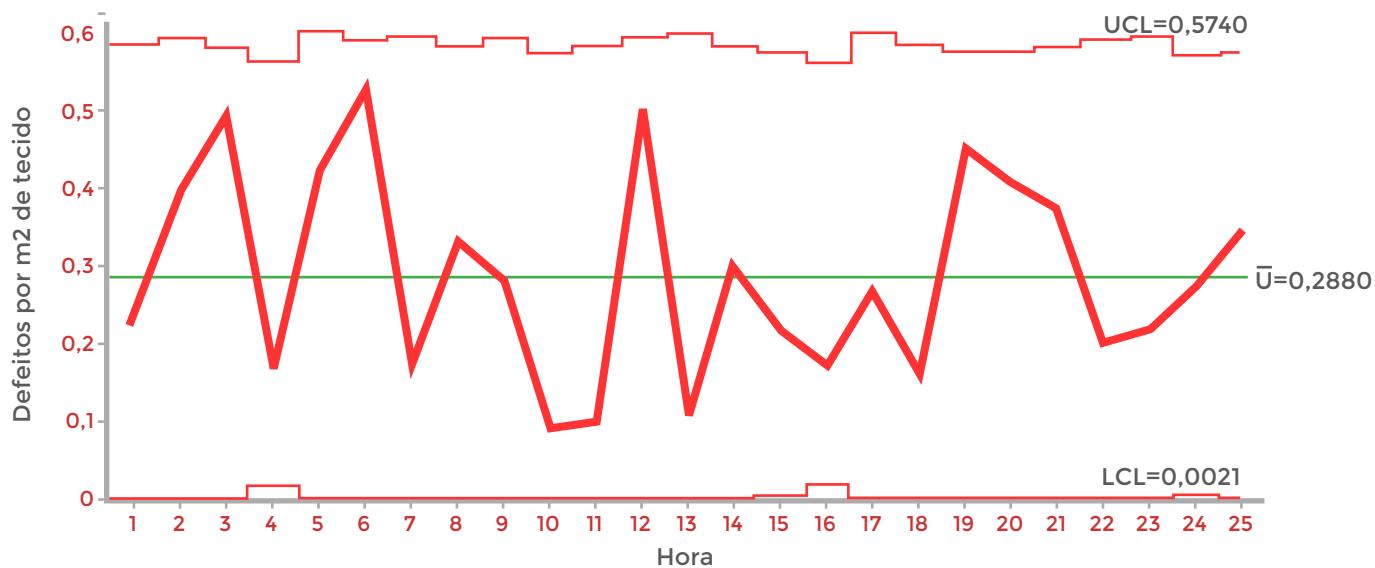


Outra grande empresa de tecelagem monitorava o número de defeitos por rolo de tecido produzido, mas os rolos variavam de tamanho. De hora em hora era retirado um rolo e anotava-se o número de defeitos e a área (em m<sup>2</sup>) de tecido. A *Tabela 3* apresenta os dados do número de defeitos e do tamanho, em m<sup>2</sup>, dos rolos produzidos. O que será monitorado nesse caso é o número de defeitos por cm<sup>2</sup> e, portanto, o tamanho do subgrupo é o tamanho do rolo. Como os tamanhos dos rolos eram diferentes entre si os limites de controle serão diferentes para cada ponto, uma vez que o subgrupo (nesse caso o tamanho do rolo) é “ingrediente” de seu cálculo.

Tabela 3

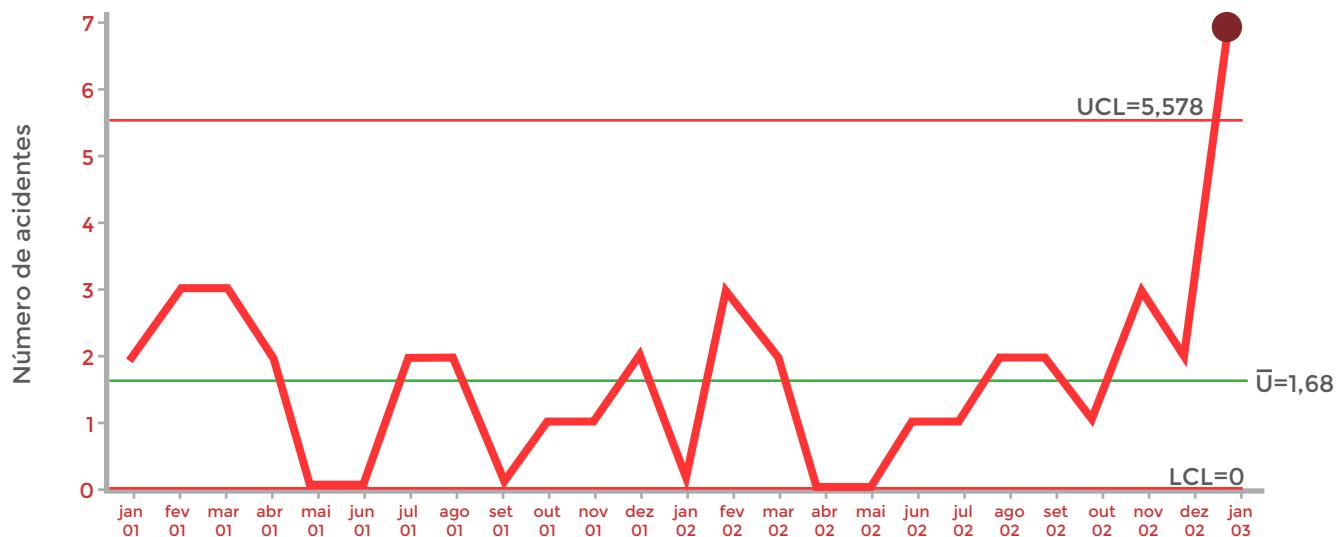
| Hora | Defeitos | m <sup>2</sup> |
|------|----------|----------------|
| 1    | 7        | 30,0           |
| 2    | 11       | 27,6           |
| 3    | 15       | 30,4           |
| 4    | 6        | 34,8           |
| 5    | 11       | 26,0           |
| 6    | 15       | 28,6           |
| 7    | 5        | 28,0           |
| 8    | 10       | 30,2           |
| 9    | 8        | 28,2           |
| 10   | 3        | 31,4           |
| 11   | 3        | 30,3           |
| 12   | 14       | 27,8           |
| 13   | 3        | 27,0           |
| 14   | 9        | 30,0           |
| 15   | 7        | 32,1           |
| 16   | 6        | 34,8           |
| 17   | 7        | 26,5           |
| 18   | 5        | 30,0           |
| 19   | 14       | 31,3           |
| 20   | 13       | 31,6           |
| 21   | 11       | 29,4           |
| 22   | 6        | 28,6           |
| 23   | 6        | 27,5           |
| 24   | 9        | 32,6           |
| 24   | 11       | 31,7           |

Figura 32: gráfico U de defeitos por m2 de tecido



Uma grande mineradora monitorava o número de acidentes com afastamento por 10 mil funcionários. Com esses dados de contagem eles construíram um gráfico U e acompanharam o indicador, que se manteve sem nenhuma causa especial, durante os últimos dois anos. No mês de janeiro de 2012 o diretor responsável pelos acidentes recebeu a atualização do indicador e tomou um susto com o número de 7 acidentes, uma causa especial apontada pelo gráfico.

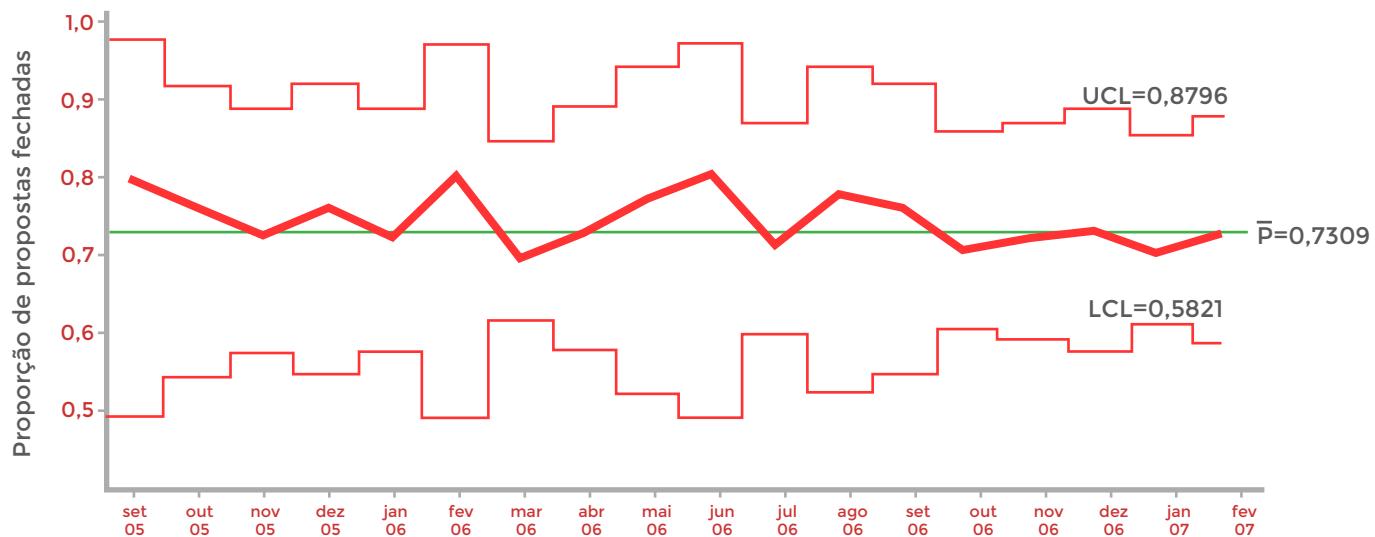
Figura 33: gráfico de controle U de acidentes por mês



Foi pedido que se estudasse o problema e uma coleta de dados por local de trabalho foi realizada, onde se percebeu que a regional MGP02 era a grande responsável pelos acidentes. Com uma investigação descobriu-se que era uma unidade recém-aberta e as regras para acidentes não estavam sendo seguidas. Como medida foi realizada uma ação de conscientização e fiscalização das regras, o que eliminou o problema nessa regional.

Outras vezes os dados aparecem na forma de percentual de defeituosos como, por exemplo, o percentual de peças com rebarba em uma linha de produção. Nesses casos utilizamos o gráfico P (de percentual). A FM2S sempre utilizou de gráfico de controle para monitorar seus indicadores e um dos mais importantes indicadores comerciais é o percentual de propostas fechadas sobre enviadas. Em cada mês coletávamos o número de propostas enviadas e acompanhávamos cada uma das propostas para saber se seria fechada ou negada. Nesse caso o tamanho do subgrupo era variável – o total de propostas enviadas no mês.

Figura 34: gráfico de controle P de percentual de propostas fechadas

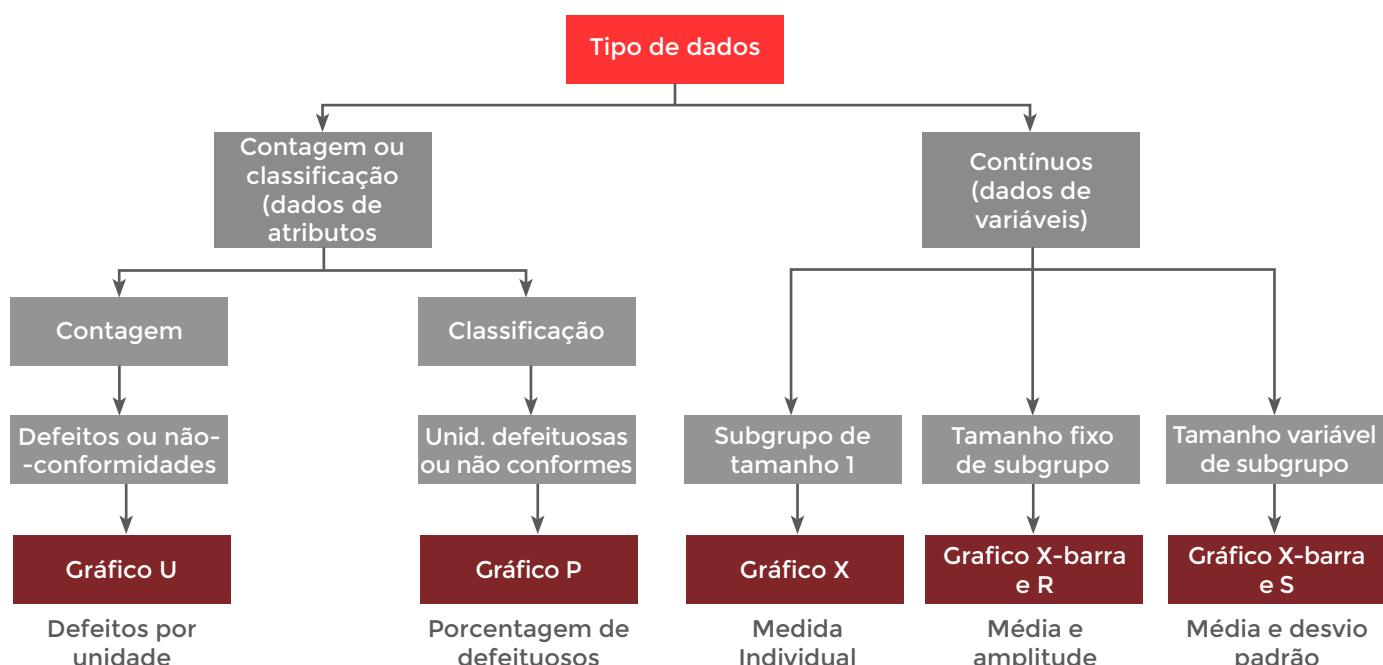


Esse gráfico ajudou a entender que se quiséssemos aumentar nosso crescimento precisaríamos aumentar o número de propostas enviadas, uma vez que o percentual de fechamento era alto se comparado ao benchmark do mercado. Isso deu força à ideia da criação de uma estrutura de vendas ativa (ligações e visitas para atrair novos clientes).

Para facilitar a decisão sobre qual gráfico de controle devemos utilizar disponibilizamos a árvore de decisão na Figura 35. A primeira decisão que devemos tomar é se a variável é classificação (defeituosa), contagem (defeitos) ou contínua. Quando a variável é de classificação utilizamos o gráfico P, de proporção. Já quando a variável é de contagem utilizamos o gráfico U, de defeitos por unidade.

Quando a variável é contínua existe mais uma etapa de decisão: o tamanho da amostra. Quando cada ponto representa uma medida, como no exemplo da Figura 28, utiliza-se, geralmente, o gráfico I, de individuais (o gráfico de individuais segue a suposição de distribuição normal e o livro de Douglas Montgomery, *Statistical quality control: a modern introduction* apresenta maiores detalhes). Quando cada ponto representa a média de 2 ou mais unidades, o gráfico adequado é o X-barra/ S, como no exemplo da Figura 29.

Figura 35: regra de decisão para gráficos de controle



O conceito básico em atribuir que um ponto fora dos limites é causa especial vem do fato de sua baixa probabilidade de acontecer caso o processo não tenha mudado. Existem outras regras, apresentadas na *Figura 36*, que também apontam padrões com baixa probabilidade de acontecer se somente causas comuns atuam no processo.

Figura 36: regras para causas especiais

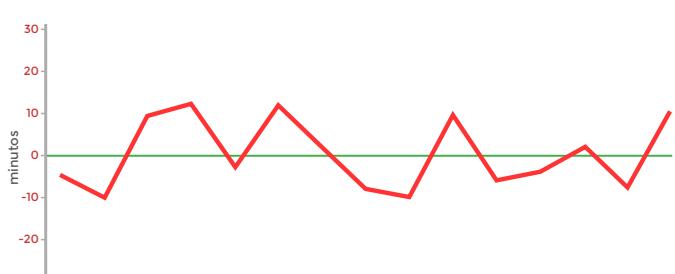
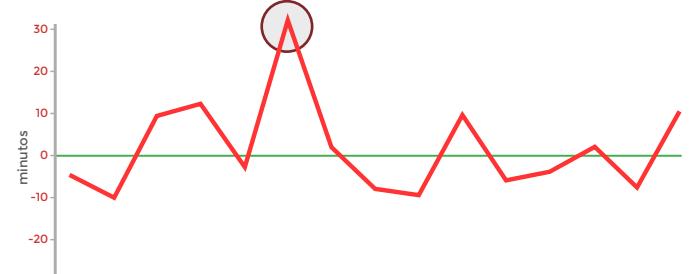
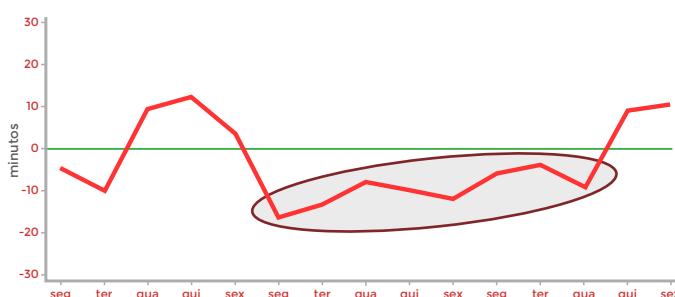


Gráfico normal



Um ponto muito afastado dos demais



Sequência de oito ou mais pontos  
abaixo ou acima da média



Sequência de seis ou mais pontos  
crescentes ou decrescentes



# Um exemplo de aplicação

Nesse capítulo final vamos reunir as principais lições discutidas nesse livro em um estudo de caso completo. Esse estudo de caso é uma adaptação de um projeto desenvolvido e orientado por nossa equipe que o ajudará a entender como as ferramentas da qualidade são utilizadas em uma iniciativa de melhoria real. Nesse caso foram utilizadas 4 ferramentas: gráfico de controle, folha de verificação, gráfico de Pareto e diagrama de causa e efeito.

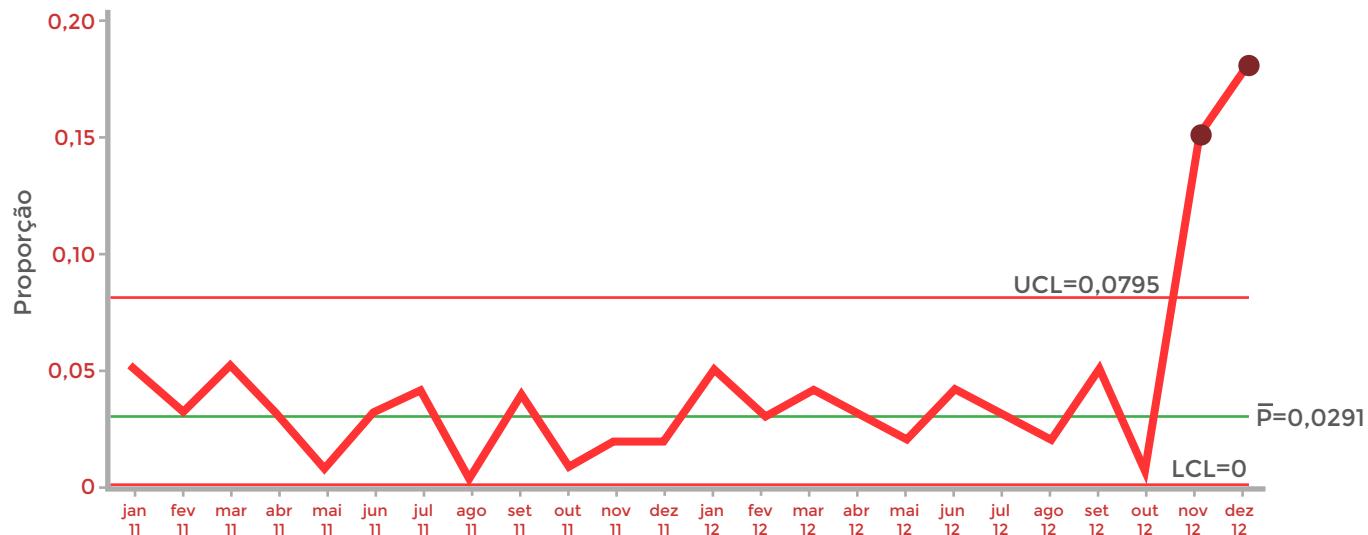
A Rapidão Transportes é uma empresa que atua no ramo de transporte de mercadorias na cidade de São Paulo com mais de 50 anos de mercado. Ela possui diversos clientes, entre eles podemos destacar a Casa dos Brinquedos, uma organização que produz brinquedos para crianças de 4 a 10 anos de idade e que tem uma forte participação no mercado. A Rapidão Transportes é responsável por retirar os produtos na fábrica da Casa dos Brinquedos, localizados a 100 km de São Paulo, e transportá-lo até as lojas que efetuam as vendas.

Nos últimos 2 meses, a Rapidão Transportes tem recebido diversas reclamações da Casa dos Brinquedos, pois muitas embalagens chegavam danificadas aos pontos de vendas, o que ocasionava grande perda de produtos, pois esses não podiam ser comercializados.

A diretoria da Rapidão Transportes, preocupada com as diversas reclamações e com a possibilidade de perder o cliente, decidiu que era muito importante reduzir o número de produtos que eram entregues com embalagens danificadas. O diretor de armazenamento, Pedro, sugeriu que a empresa implementasse as ferramentas da qualidade. Pedro havia tido seu primeiro contato com estas ferramentas lendo livros sobre qualidade. O restante da diretoria resolveu aceitar esta ideia. Decidiram colocar logo as ideias em prática e determinaram que o Pedro seria o líder do projeto.

O primeiro passo foi colocar em um *gráfico de controle* os dados sobre o percentual de embalagens da Casa dos Brinquedos danificadas nos últimos 2 anos, onde eles perceberam que nos últimos dois meses o percentual de embalagens danificadas havia subido consideravelmente (era uma causa especial).

Figura 37: gráfico de controle P da proporção de embalagens danificadas



Com o conhecimento adquirido, o grupo de melhoria resolveu estudar onde se encontravam os defeitos e em quais turnos e tipos de caminhões estes ocorriam. Para isso, elaboraram uma *Folha de Verificação* e coletaram as informações de todas as embalagens danificadas.

Figura 38: exemplo de folha de verificação utilizada no projeto

| Folha de verificação           |  |
|--------------------------------|--|
| Tipo de caminhão transportado: |  |
| Produto:                       |  |
|                                |  |

Passada uma semana, a equipe tinha dados disponíveis sobre os defeitos encontrados em todas as embalagens danificadas e para estuda-los utilizou o *Gráfico de Pareto*, por tipo de produto e tipo de transporte, conforme *Figura 39*. Foi possível perceber que a Boneca Super Mammy era o produto onde aconteciam 65% dos problemas. Além disso, eles perceberam que o problema acontecia em todos os tipos de transportes, uma vez que nenhum ficou destacado no gráfico de Pareto (*Figura 40*).

Figura 39: gráfico de Pareto de defeitos por produto

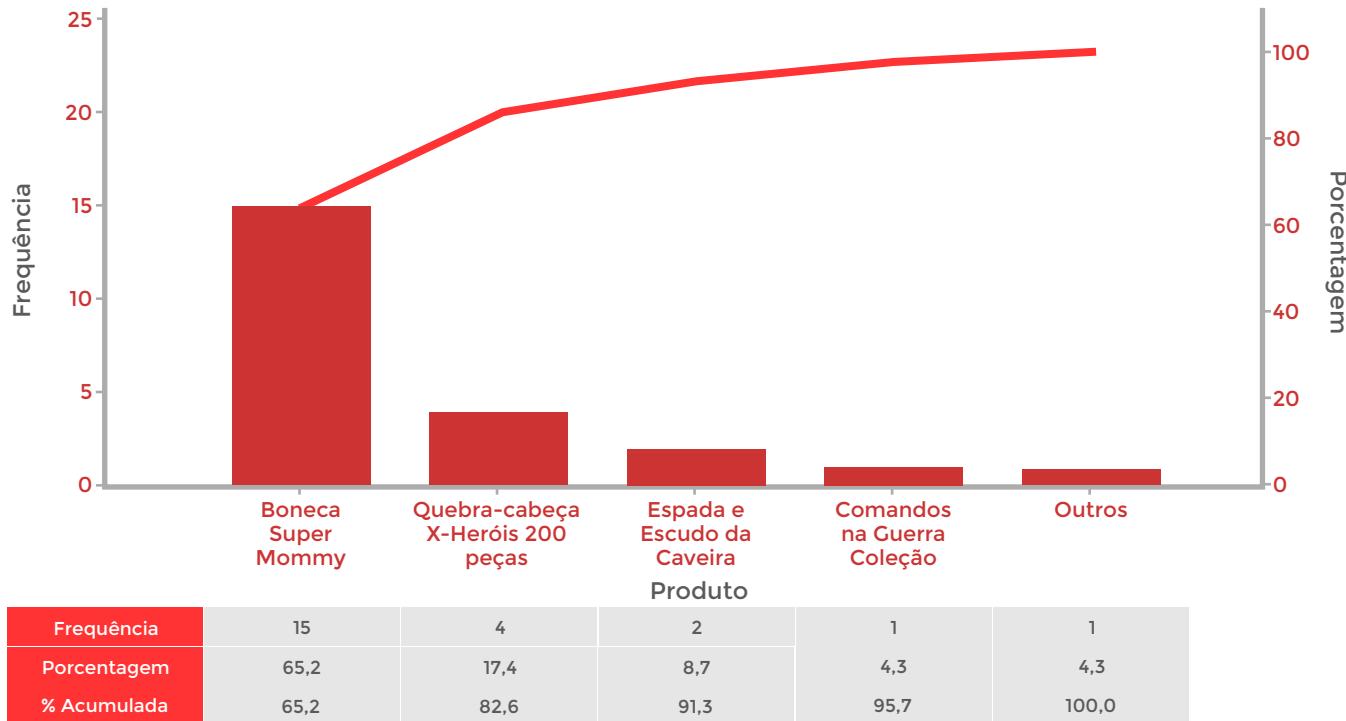
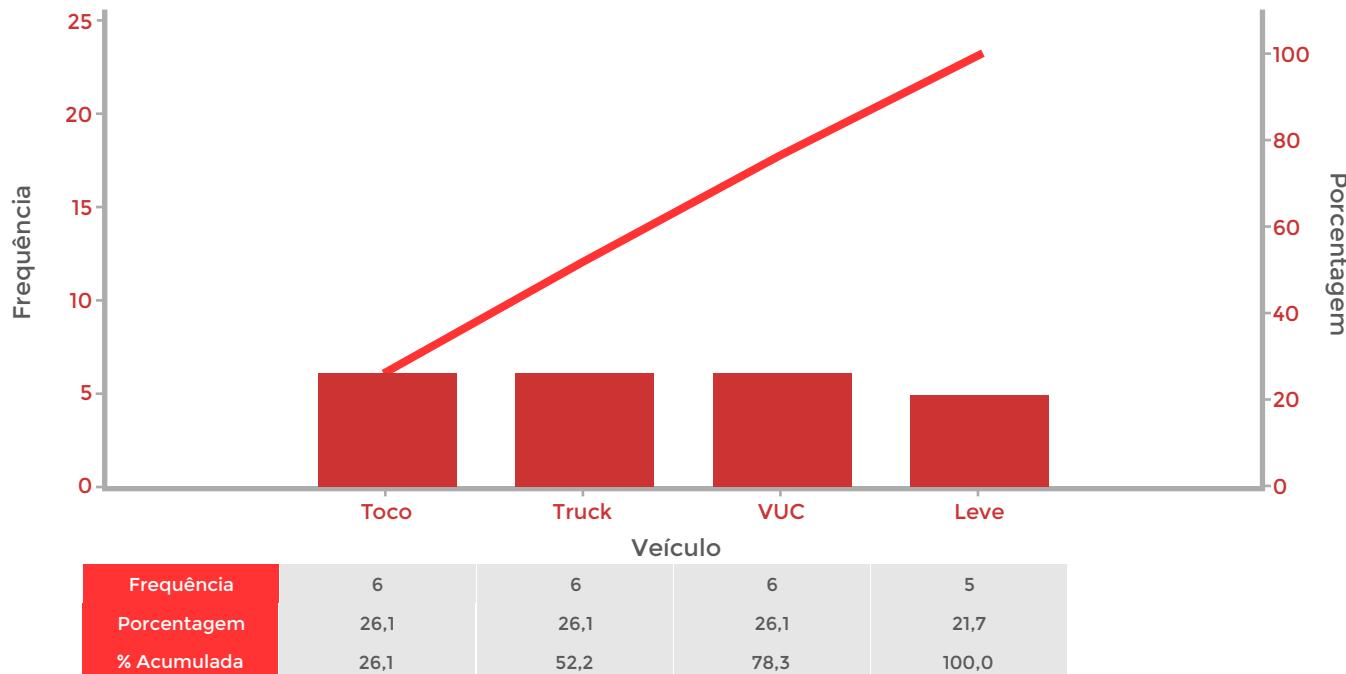
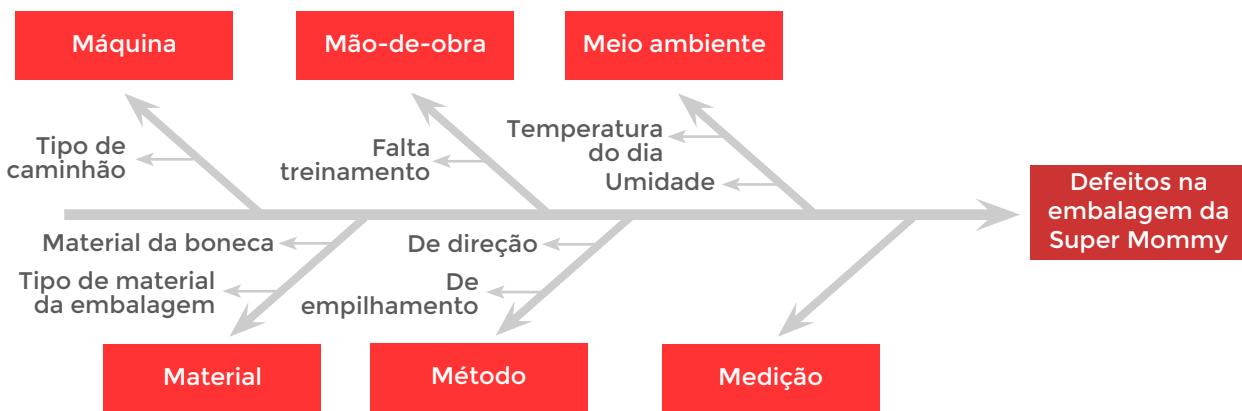


Figura 40: gráfico de Pareto de defeitos por tipo de veículo



Com a equipe reunida, eles elaboraram um Diagrama de Causa e Efeito para cada entender qual a razão da Boneca Super Mammy apresentar tantos defeitos de embalagem. Para a construção dos ramos principais foi utilizado o método dos 6 M's (Máquina, Mão de Obra, Meio-Ambiente, Material, Método e Medição).

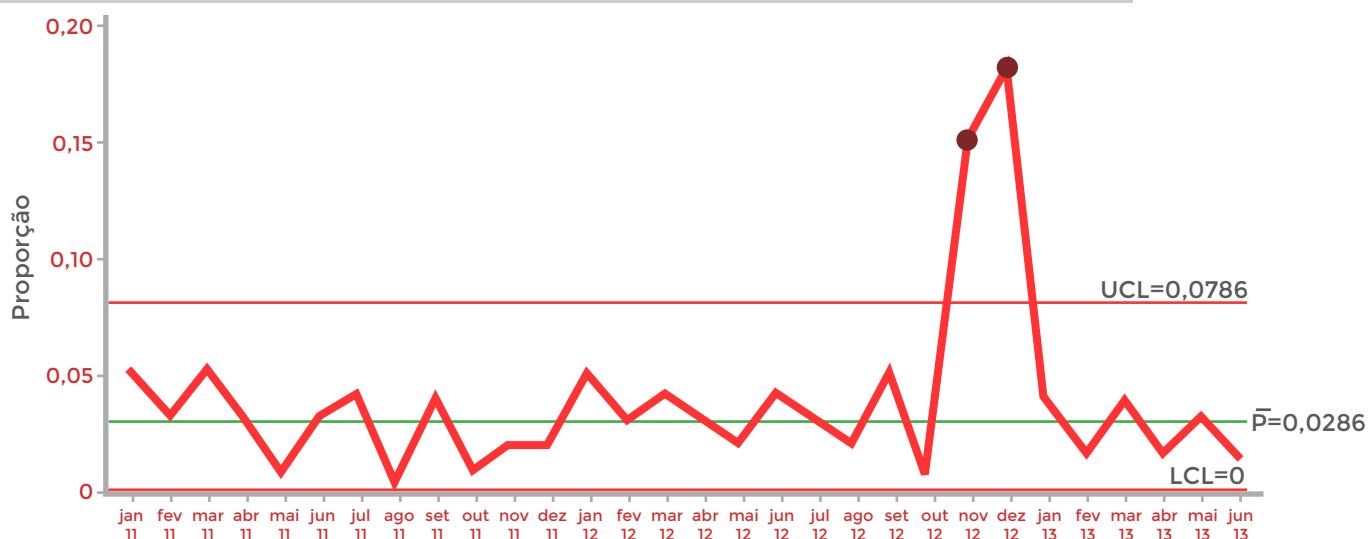
Figura 41: diagrama de causa e efeito elaborado pela equipe



Com o diagrama de Causa e Efeito eles levantaram diversas hipóteses para o porquê dos problemas ocorrerem. Ao longo da análise, a equipe descartou diversas hipóteses e sobraram duas que chamaram muita atenção da equipe: o material da embalagem e o método de empilhamento.

A equipe conseguiu, por meio dos dados coletados e analisados, chegar a um possível problema que tinha grande possibilidade de ser o responsável pelas embalagens danificadas. A Boneca Super Mammy era um produto recém lançando, onde a equipe de Desenvolvimento de Embalagens da empresa Casa de Brinquedos utilizou um novo material para embalar este produto que permita deixar a embalagem mais leve e mais barata. A Transportadora Rapidão não tinha conhecimento desta troca de material e continuava a empilhar o produto em pilhas de 5 embalagens, o que gerava os problemas. A Rapidão Transportes decidiu por um empilhamento máximo de 2 bonecas, o que resultou na diminuição das embalagens danificadas e a consequente satisfação da Casa dos Brinquedos.

Figura 42: gráfico de controle P do percentual de embalagens danificadas





# Referências

- Deming, W. E. *The New Economics for Industry, Government, Education*. EUA: Massachussets Institute of Technology, 1993.
- Ishikawa, K. *Guide to Quality Control*. Japão: Asian Productivity Organization, 1982.
- Juran, J. (ed.). *Quality Control Handbook* (3a ed.). EUA: McGraw-Hill, 1979
- Kume, H. *Statistical Methods for Quality Improvement*. Japão: Quality Resources, 1987.
- Langley, G.; Moen, R.; Nolan, K.; Nolan, T.; Norman, C.; Provost, L. *Modelo de Melhoria*. Brasil: Mercado de Letras. 2011.
- Langley, G.; Moen, R.; Nolan, K.; Nolan, T.; Norman, C.; Provost, L. *The improvement Handbook: Models, Methods and Tools for Improvement*. EUA: API, 2005.
- Montgomery, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control* (6a ed.). EUA: John Wiley e Sons, 2009.
- Nolan, T. e Provost, L. "Understanding variation". *Quality Progress*, maio 1990.
- Scholtes, P.; Joiner, B.; Streibel, B. *The Team Handbook*. EUA: Oriel. 2003.
- Shewhart, W.A. *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. EUA: Wis., 1931.
- Shewhart, W.A. 1939. *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control* (editado por W.E. Deming). EUA: Graduate School, Department of Agriculture.
- Tague, N.R. *The Quality toolbox*. 2a ed. ASQ Quality Press, 2004.
- Tufte, E. *The Visual Display of Quantitative Information*. Chesire, Conn.: Graphics Press, 1983.



## Bom gerenciamento!

Caso tenham dúvidas, podemos esclarecê-las e debater seu caso. Basta entrar em nosso site [www.fm2s.com.br](http://www.fm2s.com.br) e entrar em contato.

Bons projetos!

