



Capítulo 6

Métodos Estatísticos e Medição



Joice B. Machado
Leonardo Duarte

Roteiro

- ▶ Introdução
- ▶ Estatísticas e Métricas
- ▶ Métricas Eficazes
- ▶ Qualidade de Dados
- ▶ Análise Estatística de dados de medição
- ▶ Análise Dinâmica de dados de medição

Motivação

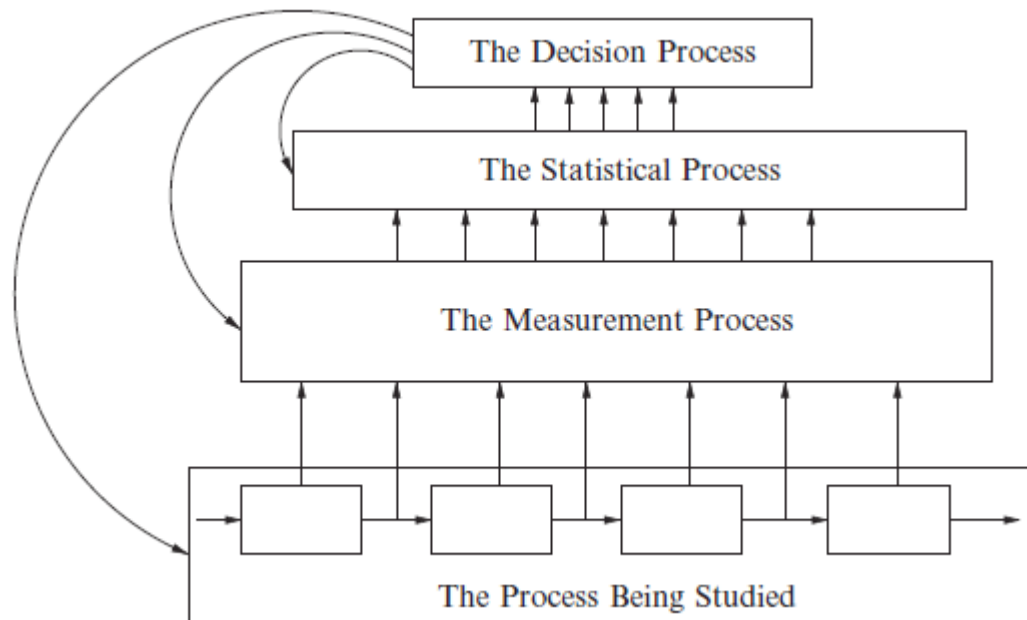
- ▶ A medição é inerente na engenharia de software, ou seja, para gerenciamento, garantia de qualidade ou propostas de investigação.



Estatísticas e Medição

- ▶ Mensuração ou **medição** é o processo de atribuição de rótulos (normalmente, números) para um atributo de um objeto.
- ▶ O processo de atribuição e os números resultantes são chamados de uma **escala de medida** ou **métrica**.

Análise Estatística e o Processo de Medição



Os resultados da análise estatística são pré-requisitos para um processo de decisão, que por sua vez afeta o processo de interesse, as medidas feitas sobre o assunto, e as análises feitas sobre essas medidas.

Análise Estatística e o Processo de Medição

- ▶ Basili et al. (1994) criou o "*Goal/Question/Metric*", que salienta que todas as métricas coletadas devem ser definidas de modo a responder alguma questão específica, e cada pergunta deve ser relevante para a tomada de decisão de algum objetivo.
- ▶ Se o processo estatístico não está funcionando corretamente as decisões serão tomadas com base em uma análise errada, e maus resultados podem ser atribuídos ao processo de decisão e não às suas entradas estatísticas.



Contexto de Medição

- ▶ O significado das medições pode variar dependendo se elas derivam da observação ou de uma experiência;
- ▶ As medições disponíveis não são imediatamente relacionadas aos fenômenos de interesse;
- ▶ Alteração dos dados de alguma forma para que o resultado seja alcançado.

Métricas Eficazes

- ▶ A métrica deve ser claramente definida, ter propriedades matemáticas adequadas, e ser comprovada racionalmente (ou seja, precisa, confiável e válida).
- ▶ Podem ser:
 - ▶ Simples;
 - ▶ Compostas.
- ▶ A definição de uma métrica afeta seu comportamento, suas possíveis interpretações, e os tipos de análises.

Métricas Eficazes

- ▶ Uma métrica deve fornecer pelo menos uma resposta parcial para uma questão específica.
- ▶ Exemplos:
 - ▶ “Qual o valor esperado do tempo para uma classe de defeitos para ir do estado inicial ao estado reparado?”
 - ▶ “Qual o percentual de todos os defeitos reportados pelo cliente estão no estado reparado no prazo de dois dias, após ter sido relatado pela primeira vez?”

Escala de medidas

▶ Nominal

- ▶ categorias desordenadas e sem manipulação matemática;

▶ Ordinal

- ▶ valores ordenados mas os intervalos entre os valores não são necessariamente do mesmo tamanho;

▶ Intervalar

- ▶ valores da escala são ordenados e têm intervalos iguais;

▶ Relação (razão)

- ▶ valores da escala são ordenados e têm intervalos iguais com um ponto zero.

Avaliação da eficácia das Métricas

- ▶ A métrica precisa apresentar:
 - ▶ precisão, confiabilidade e validade.
- ▶ **Validade de conteúdo** é o grau em que a métrica reflete o domínio que se pretende medir.
- ▶ **Validade de critério** é o grau em que uma métrica reflete a relação do objeto medido de algum critério.
- ▶ A validade de construção é o grau em que uma métrica mede a entidade conceitual de interesse.
- ▶ A eficácia de uma métrica pode variar dependendo de seu contexto de utilização.

Avaliação da eficácia das Métricas

▶ Armadilhas:

- ▶ Redundância;
- ▶ Componentes de definição em comum;
- ▶ Fatores de exposição.

Análise Estatística

- ▶ Tendo definido métricas adequadas e a garantia de que os dados sejam adequadamente coletados, o foco muda para a questão de como fazer a análise adequada dos dados obtidos.
 - ▶ descrição, comparação e predição;
- ▶ O pré-requisito para qualquer análise de dados é limpeza de dados: a auditoria dos dados para valores completos e precisos.
- ▶ Modelos paramétricos
- ▶ Modelos não-paramétricos

Qualidade de Dados

- ▶ A qualidade dos dados é um problema crítico na gestão industrial, ainda que muitas vezes apenas vagamente reconhecido pelos que consomem o produtos finais desses dados.
 - ▶ Problemas organizacionais
 - ▶ A falta de definições precisas
 - ▶ A falta de validação de dados
 - ▶ Dados em falta
 - ▶ Viés de amostragem

Qualidade de Dados

▶ Problemas Organizacionais

- ▶ Métricas definidas e coletadas por outras pessoas, além daquelas às quais aplicam as métricas.

▶ A falta de definições precisas

- ▶ Definição pode razoavelmente variar dependendo da questão que se coloca e de que objetivo para responder à pergunta.

▶ A falta de validação de dados

- ▶ Observações com valores duvidosos ou simplesmente impossíveis devido, direta ou indiretamente, aos problemas de entrada de dados.

Qualidade de Dados

- ▶ **Dados em falta**

- ▶ É raro encontrar um grande conjunto de dados sem perder valores de pelo menos algumas de suas medidas.

- ▶ **Viés de amostragem**

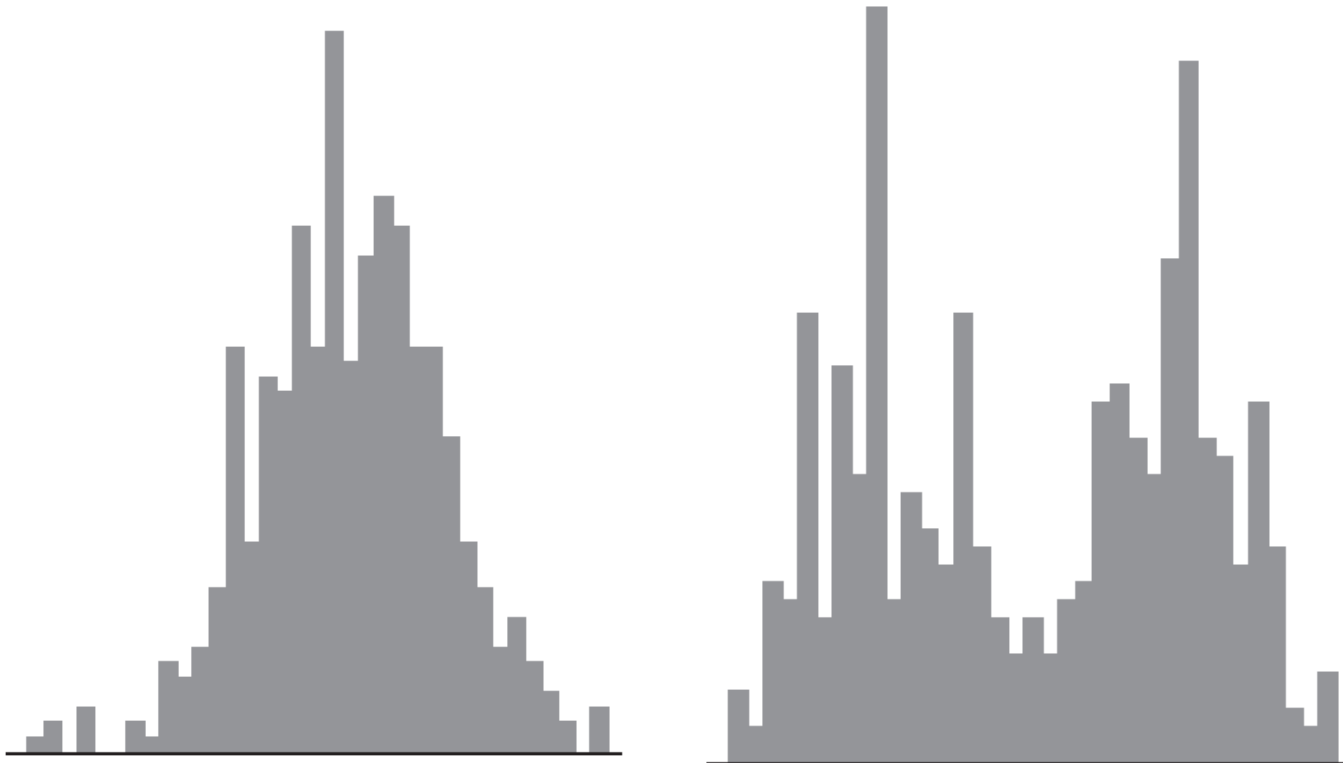
- ▶ *Auto-seleção*
- ▶ *Observação*
- ▶ *Amostragem não aleatória*

Análise Estatística



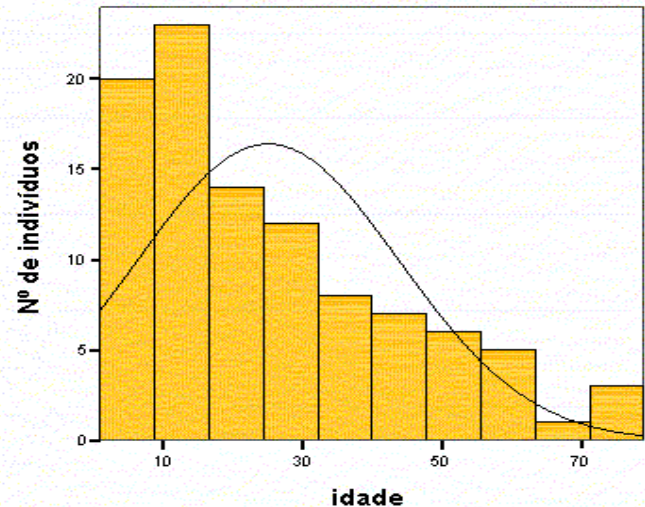
Análise de Dados de Medições Estáticas

O primeiro passo da análise estatística é a descrição de dados, e o primeiro passo da descrição é a observação dos dados.



Análise de Dados de Medições Estáticas

Se a distribuição é enviesada por alguns valores extremos, muitas técnicas estatísticas amplamente utilizadas tornam-se inválidas.



- ▶ Por exemplo, a média e o desvio padrão são muito mais sensíveis a valores extremos do que a mediana ou percentil, e assim a média de uma distribuição assimétrica estará longe de ser a mediana e, portanto, uma medida um tanto enganadora de tendência central.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Medida de Tendência Central

A principal característica de interesse em uma amostra de dados não-temporal é o seu "centro de massa".

Para uma distribuição aproximadamente simétrica, esta terá essencialmente o mesmo valor como o seu **mode** (valor mais frequente) e sua mediana (50% ou ponto médio) .

A **média aritmética** é o valor de referência mais utilizado.

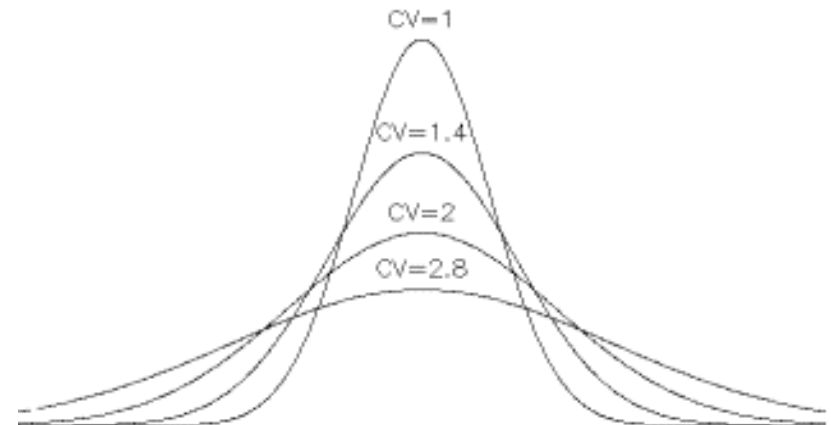
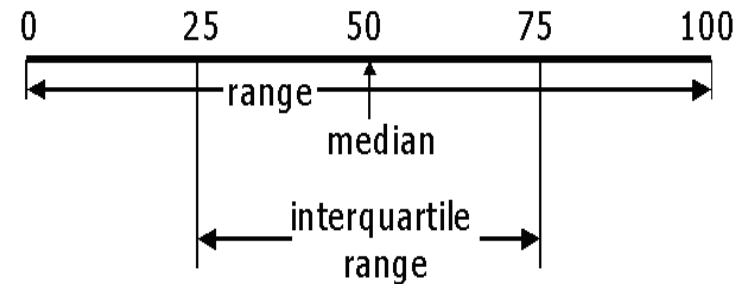
A **mediana** é o valor divisório e simétrico, metade da distribuição da amostra anterior e posterior.



Análise de Dados de Medições Estáticas

O *intervalo semi-interquadrante* é análogo ao desvio padrão quando a mediana e não a média é usada, são os valores do primeiro e do terceiro quadrantes, ou seja, os 25% e 75%.

Outra medida de dispersão é o **coeficiente de variação**, que é simplesmente o desvio padrão dividido pela média.



Análise de Dados de Medições Estáticas

Medidas de Associação

A medida mais comum de associação entre duas medidas é o **coeficiente de correlação**, que é uma maneira padronizada de descrever a quantidade de variação.

O coeficiente de correlação, R , é a raiz quadrada do valor da covariação compartilhada entre duas medidas. Portanto, R^2 é fácil de ser interpretado como medida de proporção (um R^2 de **0,4** é metade de um R^2 de **0,8**).

Análise de Dados de Medições Estáticas

Categorização de Dados

Os dados categóricos vêm em dois tipos básicos: ***dados binomiais***, onde existem apenas duas categorias, e os ***dados multinomiais***, onde há mais de dois.

Descrição da dados categóricos é tipicamente feita por meio da proporção ou percentagem de cada categoria que compõe a amostra total.

Dados Ordinais

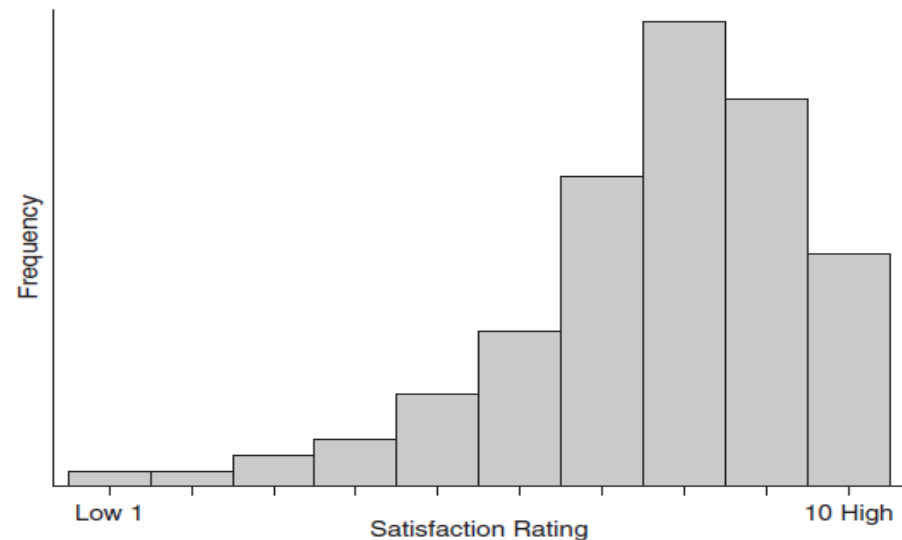
Os dados ordinais apresentam desafios especiais, já que contêm mais informações do que categorias simples, mas não o suficiente para justificar o uso de técnicas mais sofisticadas de estatística, ou até mesmo o cálculo da média e do desvio padrão.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Comparação entre dados

Os dados são raramente coletados apenas por descrição, comparação com um valor real ou ideal é um dos principais objetivos da análise estatística.

O paradigma básico de comparação estatística é a criação de um modelo (*hipótese nula*), em que poderíamos observar a possibilidade de variação de um modelo existente.



Análise de Dados de Medições Estáticas

O método básico de comparação estatística é comparar a **diferença nos valores médios para dois grupos** com a quantidade de dispersão dos valores dos grupos.

Exemplo: Dizer que dois valores de grupos variaram entre 30 e 40 é mais significativo que uma variação entre 300 e 400.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Os testes estatísticos comparativos são as decisões sobre uma diferença real observada, e estão sujeitos a dois tipos de erro:

Erro tipo I (*simbolizado por um α*) – rejeita incorretamente a hipótese nula, e decide que a diferença é real quando não é.

Erro do tipo II (*simbolizado por β*) - não rejeita incorretamente a hipótese nula, e decide que a diferença não é real quando é.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Categorização e Dados Ordinais

Comparação de dados categóricos entre duas ou mais amostras geralmente é feita por um teste qui-quadrado em uma tabela $n \times m$, onde as linhas são as amostras e as colunas são as categorias.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Exemplo:

Suponha que uma média de 10% dos pacientes morrem durante ou imediatamente após uma determinada operação arriscada.

Mas no mês passado 16 dos 75 pacientes morreram. Você quer saber se o aumento reflete uma mudança real ou se é apenas uma coincidência.

Categoria	Observado	Esperado
Pacientes (vivos)	59	67.5
Pacientes (mortos)	16	7.5

Análise de Dados de Medições Estáticas

Previsão

Frequentemente as medições são feitas a fim de prever o valor de outras medidas de interesse. Tais previsões não têm que ser temporais, a noção de correlação pode ser considerada uma previsão.

Exemplo: saber o valor de uma medida em uma unidade, aumenta o conhecimento de um possível valor de outras medidas sobre ele.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Previsão

O método da regressão é essencial para se ajustar uma equação de pares de medidas (X , Y) em uma amostra, de modo a minimizar o erro na previsão de uma das medidas (Y) em relação a (X). O caso mais simples é limitado a uma forma linear:

$$Y = a + bX + \text{error}$$

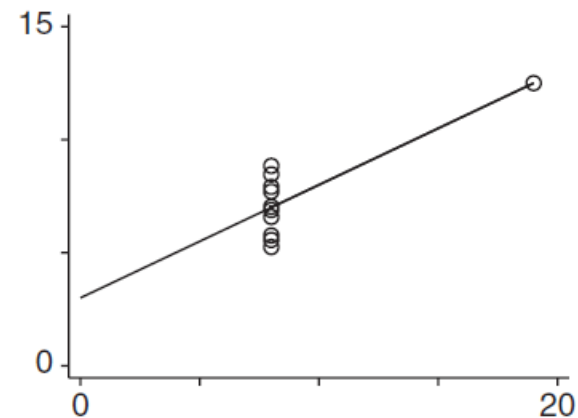
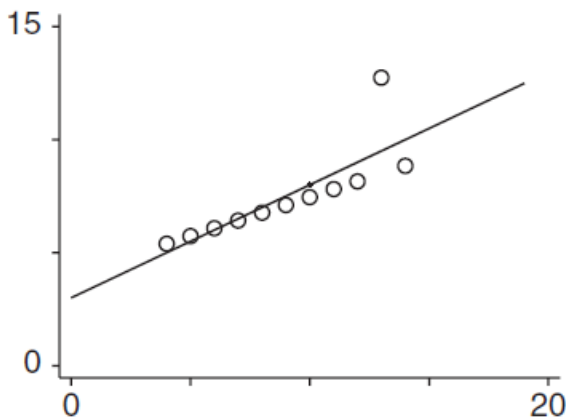
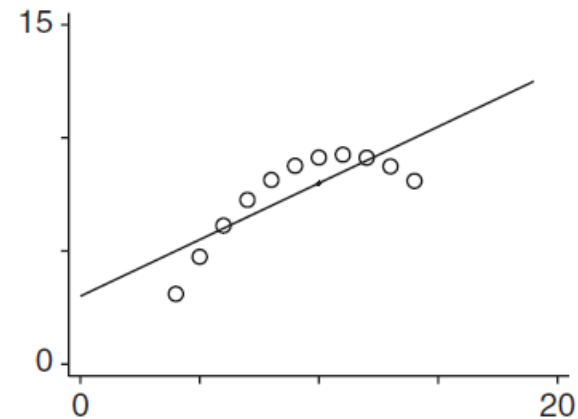
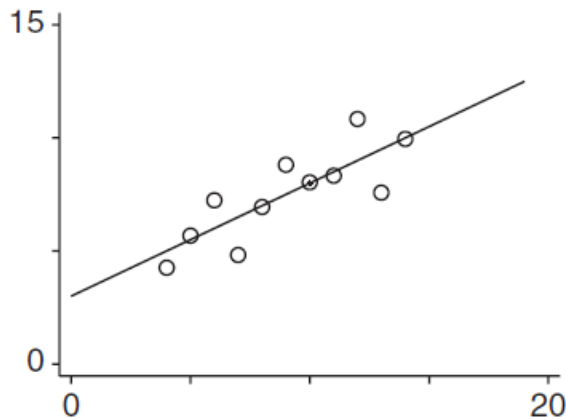
Análise de Dados de Medições Estáticas

Previsão

Os métodos de regressão são mais paramétricos em sua natureza e, portanto, são sensíveis à violação de seus pressupostos. Mesmo sem fazer uma simples regressão uni-variada, deve-se sempre olhar primeiro para os dados.

Análise de Dados de Medições Estáticas

Previsão (*Exemplo de Ascombe (1973)*)



Análise de Dados de Medições Estáticas

Categorização de Dados

Uma questão frequente de interesse é como uma variável binomial ou uma variável categorizável pode ser prevista a partir de outra, ou de uma ou mais variáveis ordinais ou contínuas. Tal previsão é às vezes denominada classificação, especialmente se houver mais de duas categorias.

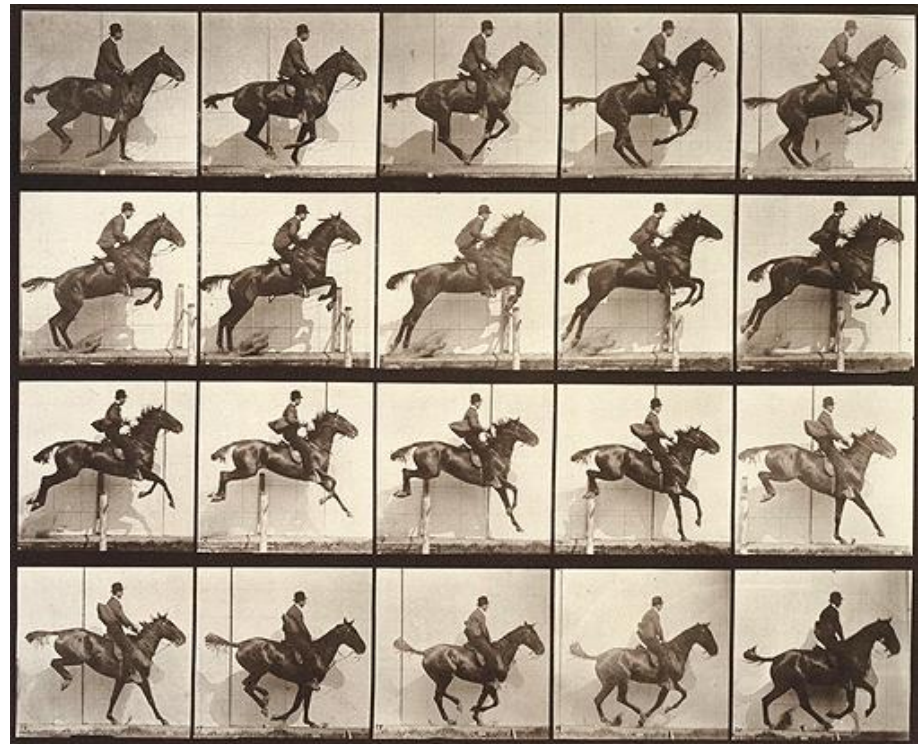
Table 1. The structure of a prototypical diagnostic prediction

Prediction	Reality	
	Negative	Positive
Negative	True negative (A)	False negative (B)
Positive	False positive (C)	True positive (D)

Análise de Dados de Medições Dinâmicas

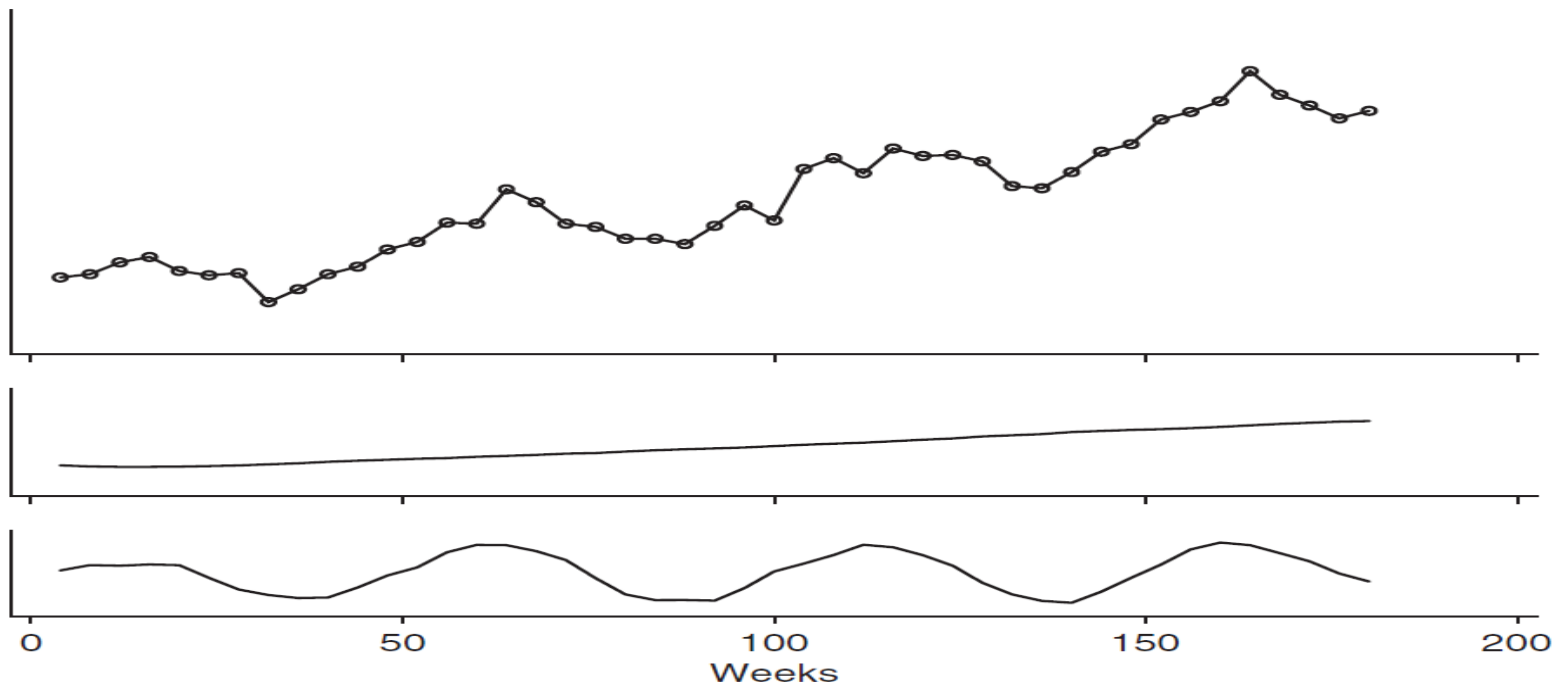
Um dos usos mais frequentes de métricas é o acompanhamento de alguns atributos ao longo do tempo, para detectar ou prever alterações, ou para verificar se o valor é imutável, fora dos casos de mudanças aleatórias inevitáveis.

- ▶ Tais dados de **séries temporais**, como são chamados, têm como característica essencial a presença de uma estrutura temporal.



Análise de Dados de Medições Dinâmicas

Como em qualquer análise, o primeiro passo é observar os dados. A Figura demonstra um conjunto típico de uma tendência de longo prazo, aumentando, com um componente adicional sazonal (a cada 12 meses).



Análise de Dados de Medições Dinâmicas

Comparação

Frequentemente tem-se como questão a respeito dos juros: "*São a evidência mais recente da observação de uma mudança de tendência?*"

Essa pergunta é difícil de responder com base em uma única observação.

Muitas vezes, porém, a observação é um resumo de uma série de observações, por exemplo, a média de um conjunto de medidas.

Nesse caso podem-se usar os mesmos métodos estatísticos utilizados para comparar a amostra mais recente com a anterior.

Análise de Dados de Medições Dinâmicas

Previsões

As previsões são modelos vastamente utilizados em séries temporais: prevendo uma ou mais observações com base nos dados.

Quanto maior a quantidade de dados em mãos, maior a qualidade da previsão. No entanto, mesmo com poucos dados existem algumas técnicas simples que podem ser usadas. A técnica mais simples de previsão é a chamada **Naive Bayse**, que assume que o valor futuro será o mesmo que o presente.

Análise de Dados de Medições Dinâmicas

Previsões

Desvio médio absoluto (MAD), a diferença média absoluta entre os valores observados e valores previstos (isto penaliza erros em proporção direta com seu tamanho, e independentemente da direção);

Erro médio quadrado (MSE), a diferença média entre quadrados observados e valores previstos (o que penaliza os erros referentes ao tamanho independentemente de direção);

A média do erro percentual (MPE), a diferença média proporcional entre a previsão e os valores reais (isto é, $(\text{real} - \text{previsão}) / \text{real}$), expresso em percentagem;

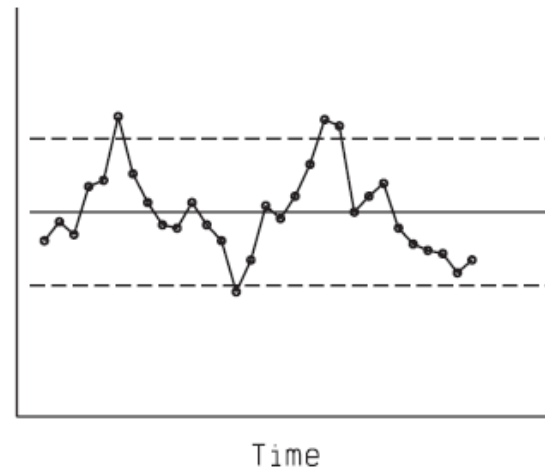
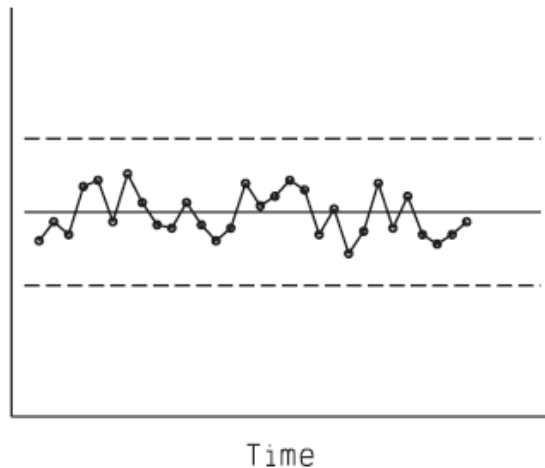
A média do erro percentual absoluto (MAPE), a diferença absoluta média proporcional expressa em percentagem.

Análise de Dados de Medições Dinâmicas

Processo de Controle Estatístico

Um processo tem um bom desempenho se o seu comportamento só muda em direção consciente; sozinho ele deve permanecer estável, e as medições feitas sobre o assunto devem permanecer as mesmas.

Walter Shewhart na Western Electric em 1920, desenvolveu um método estatístico para quantificar e acompanhar a estabilidade de um processo, como exhibe o gráfico *CHART*.



Dúvidas?

