



# 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.



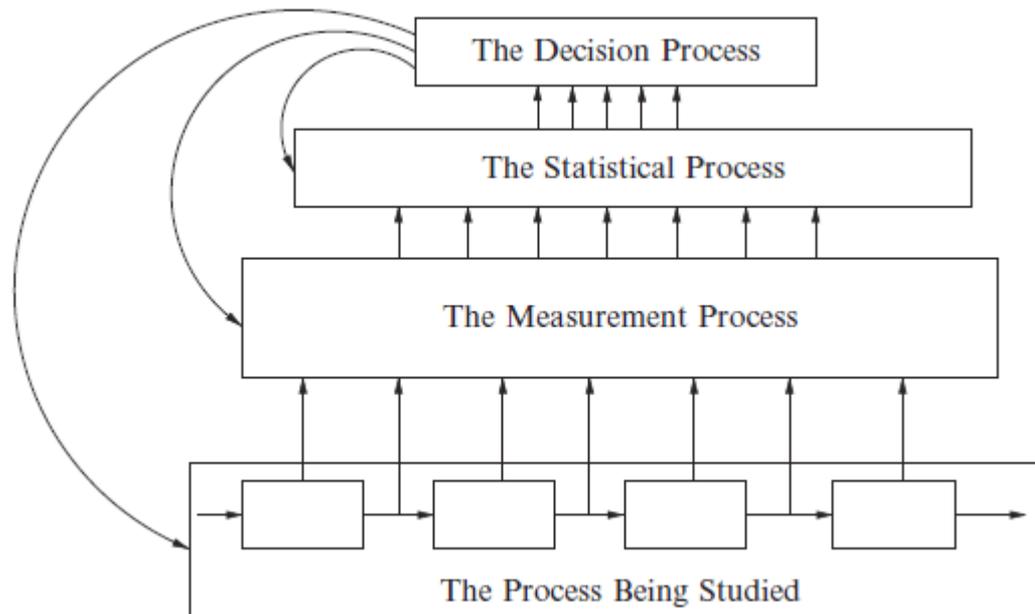
# Estatísticas e Medição

---

- ▶ 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 afetam 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

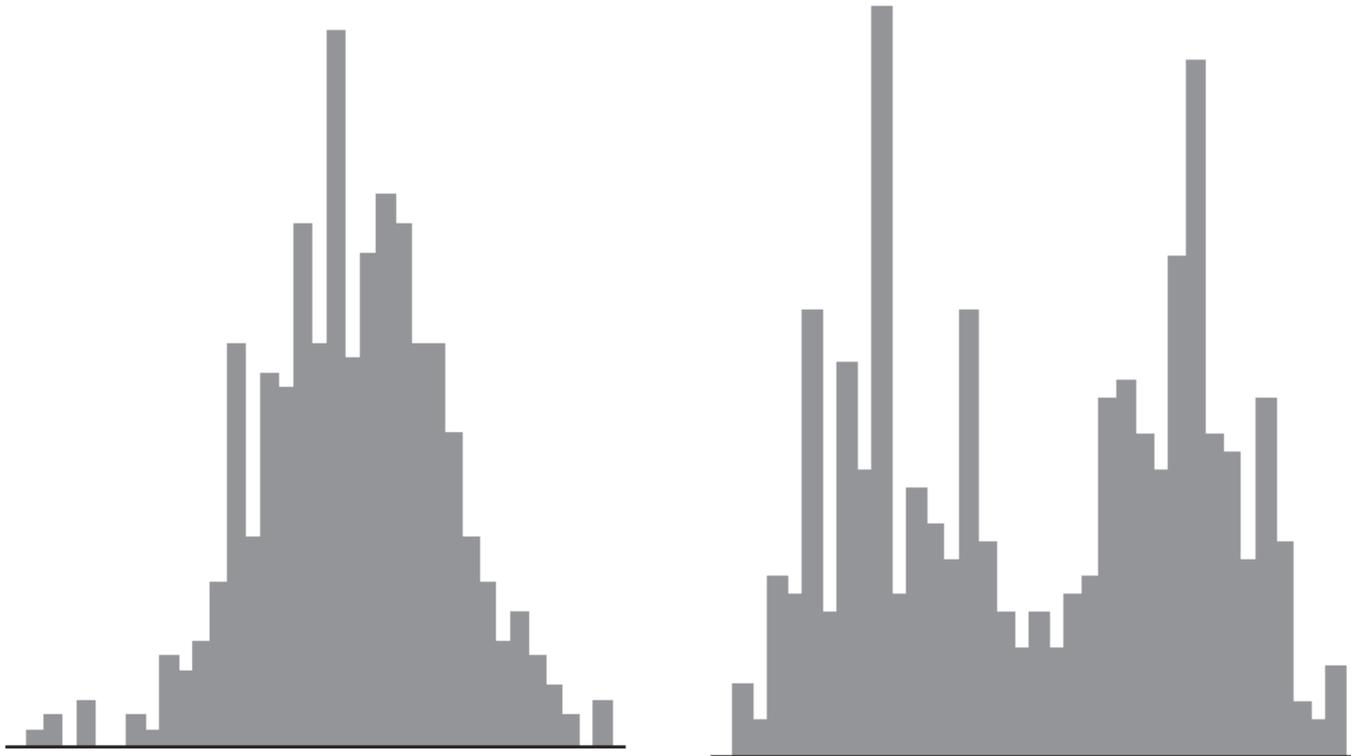
---



# Análise de Dados de Medições Estáticas

---

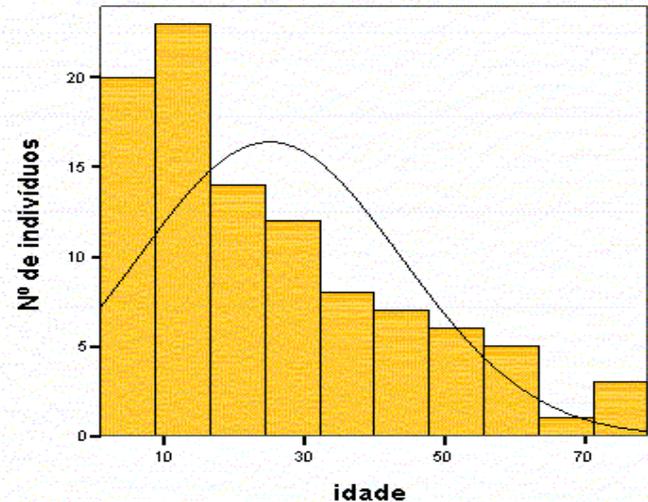
O primeiro passo da análise estatística é a descrição de dados, e o primeiro passo da descrição é a observação dos dados.



# 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.

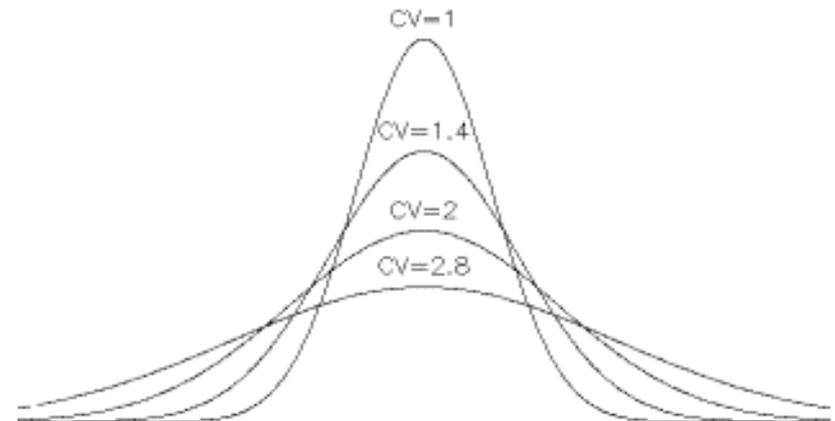
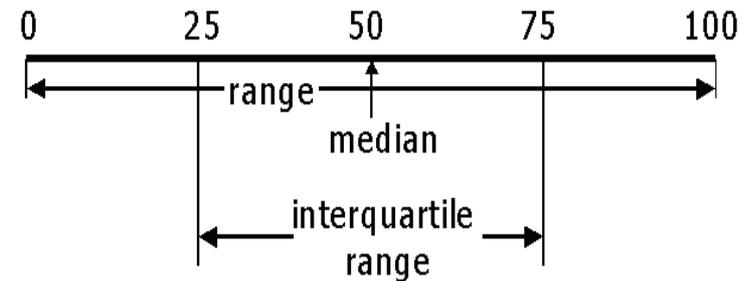
A **mediana** é o valor divisório e simétrico, metade da distribuição da amostra anterior e posterior.



# 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.

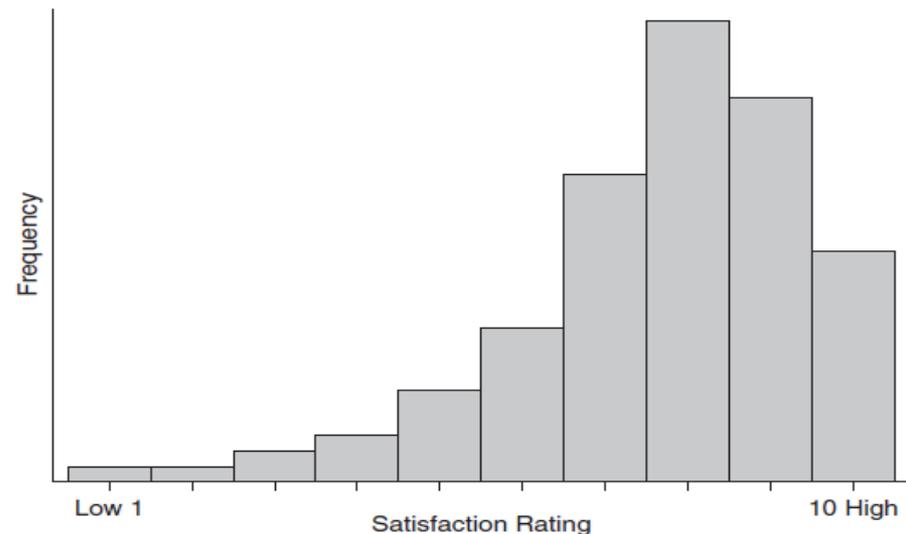
# Análise de Dados de Medições Estáticas

---

## 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  $\alpha$* ) – rejeita incorretamente a hipótese nula, e decide que a diferença é real quando não é.

**Erro do tipo II** (*simbolizado por  $\beta$* ) - 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.

<b>Categoria</b>	<b>Observado</b>	<b>Esperado</b>
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

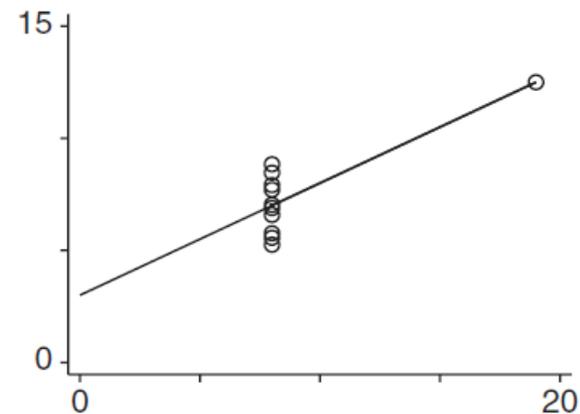
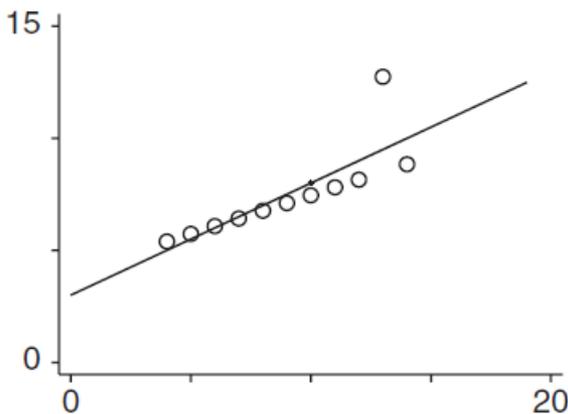
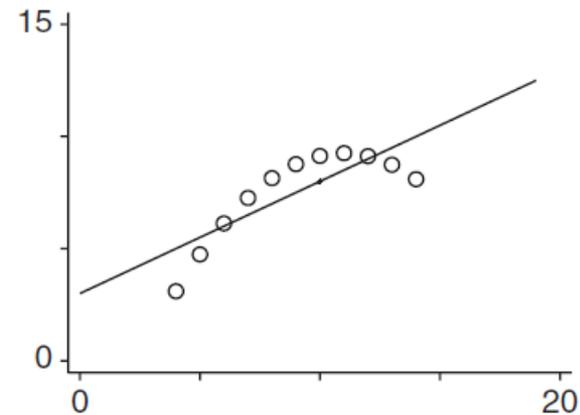
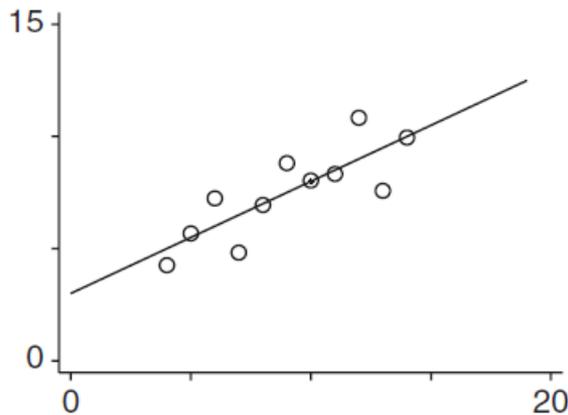
---

## 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.

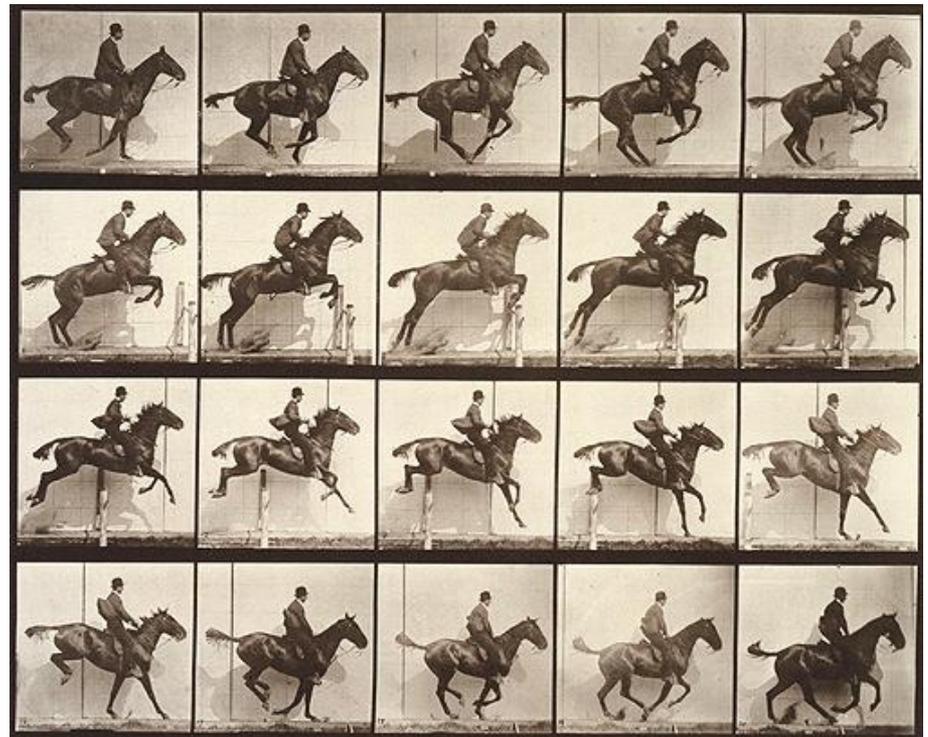
**Table 1.** The structure of a prototypical diagnostic prediction

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

# Análise de Dados de Medições Dinâmicas

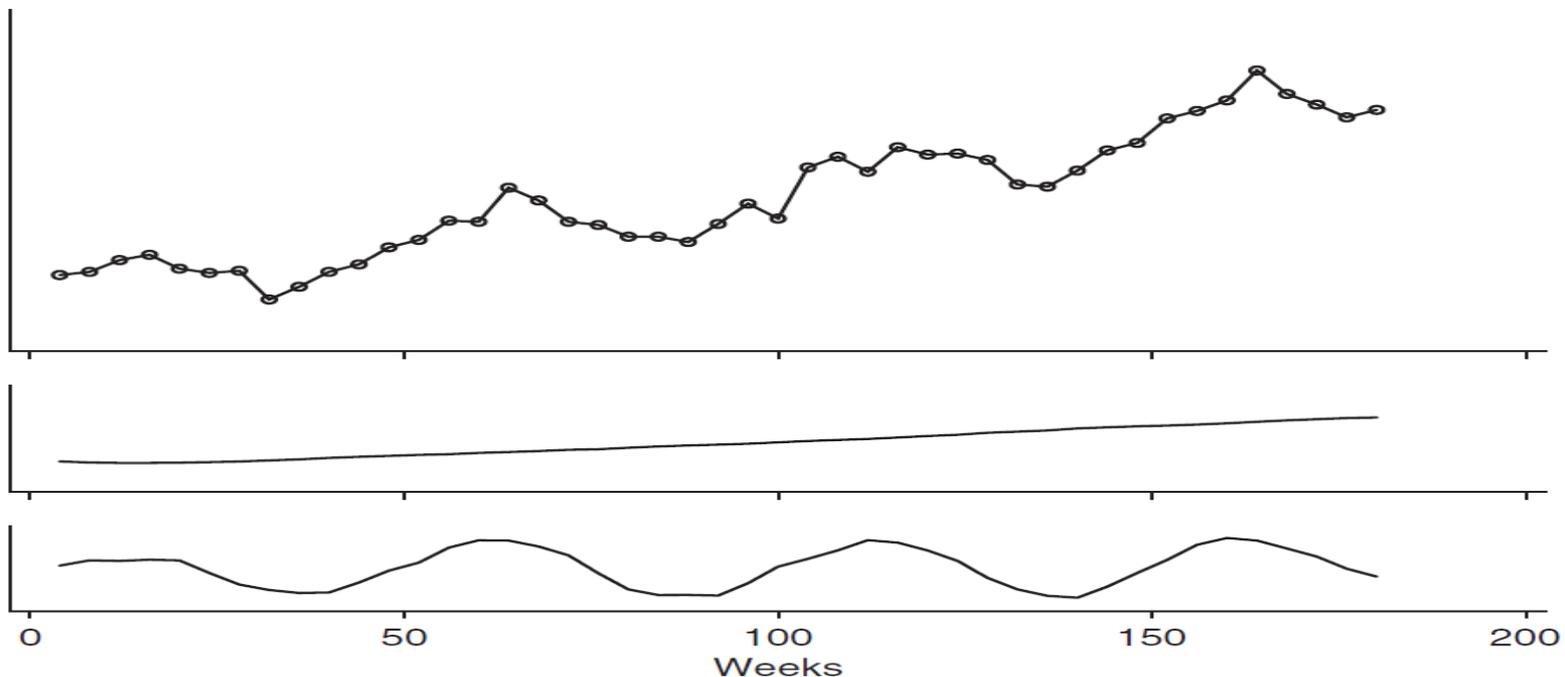
Um dos usos mais frequentes de métricas é o acompanhamento de alguns atributos ao longo do tempo, para detectar ou prever alterações, ou para verificar se o valor é imutável, fora dos casos de mudanças aleatórias inevitáveis.

- ▶ 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;

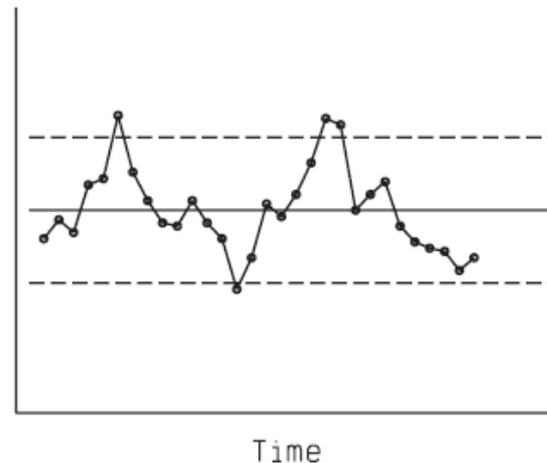
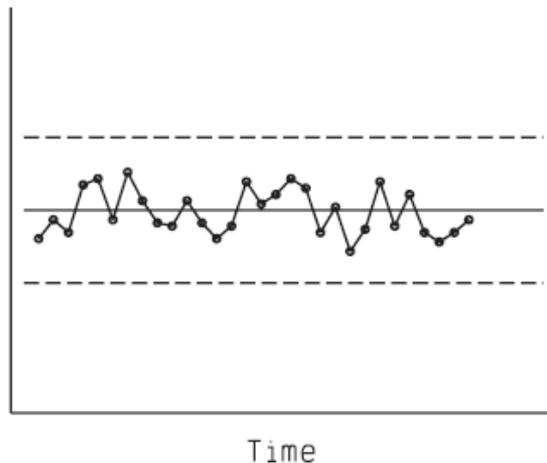
**A média do erro percentual absoluto** (MAPE), a diferença absoluta média proporcional expressa em percentagem.

# 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?

---

