



Previsão de séries temporais

Adaptação dos slides do livro:

**M.L. Berenson, D.M. Levine, D.F. Stephan, T.C. Krehbiel, Statistics for Managers Using
Microsoft Excel, 6ª Edição, Capítulo 16**

Copyright ©2011 Pearson Education, Inc. publishing as Prentice Hall

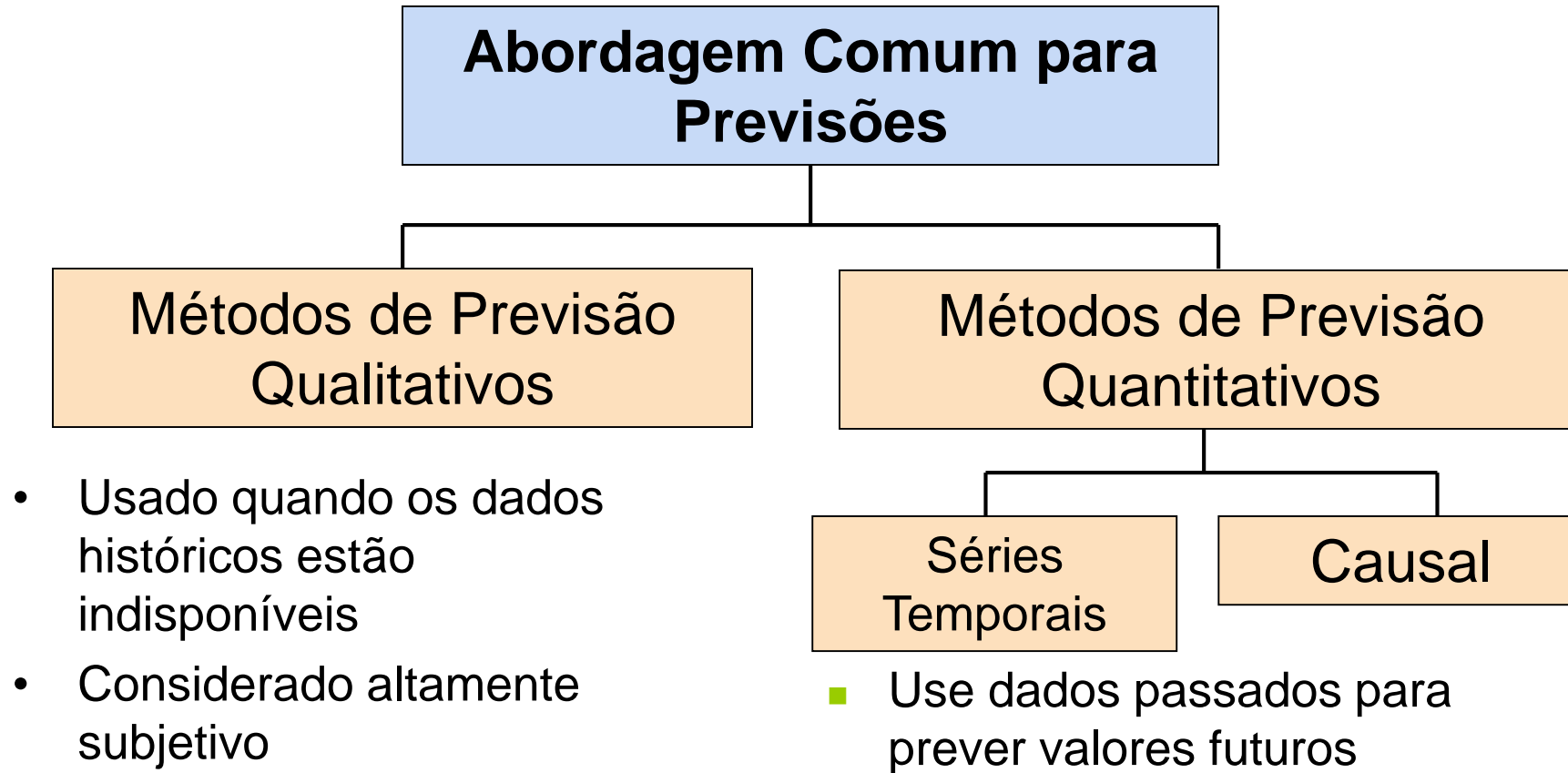
**Prof. Dr. Evandro Marcos Saidel Ribeiro
FEA-RP
Universidade de São Paulo**

Neste capítulo:

- Sobre os diferentes modelos de séries temporais de previsão:
 - médias móveis,
 - suavização exponencial,
 - tendência linear,
 - tendência quadrática,
 - tendência exponencial,
 - modelos auto-regressivos e
 - modelos de mínimos quadrados para os dados sazonais
- Escolher o modelo de previsão de séries temporais mais adequado

- Previsões governamentais sobre taxas de desemprego, taxas de juros e receitas esperadas dos impostos de renda para fins de política
- Previsões de executivos de marketing sobre demanda, vendas e preferências dos consumidores para o planejamento estratégico
- Para administradores de faculdade na previsão matrículas para planejar instalações e para o recrutamento de professores
- Previsão de lojas de varejo para controlar os níveis de estoque, contratar funcionários e fornecer treinamento

Abordagem Comum para Previsões



- Dados numéricos obtidos em intervalos de tempo regulares
- Os intervalos de tempo pode ser, anualmente, trimestral, mensal, semanal, diária, por hora, etc.
- Exemplo:

Ano:

2005	2006	2007	2008	2009
------	------	------	------	------

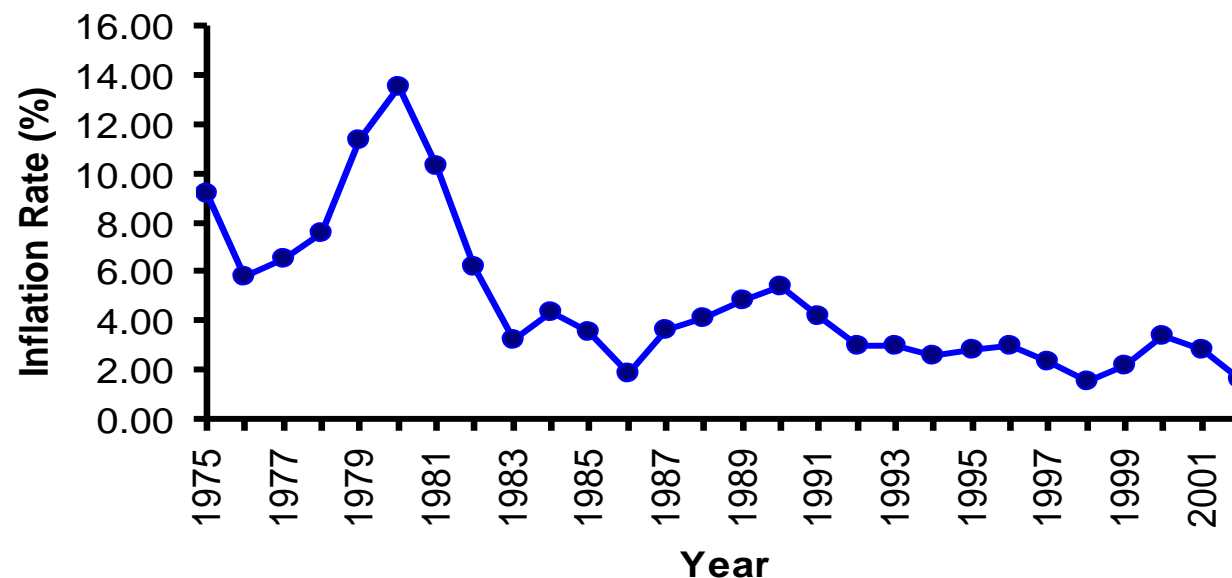
Vendas:

75,3	74,2	78,5	79,7	80,2
------	------	------	------	------

Gráfico de Séries Temporais

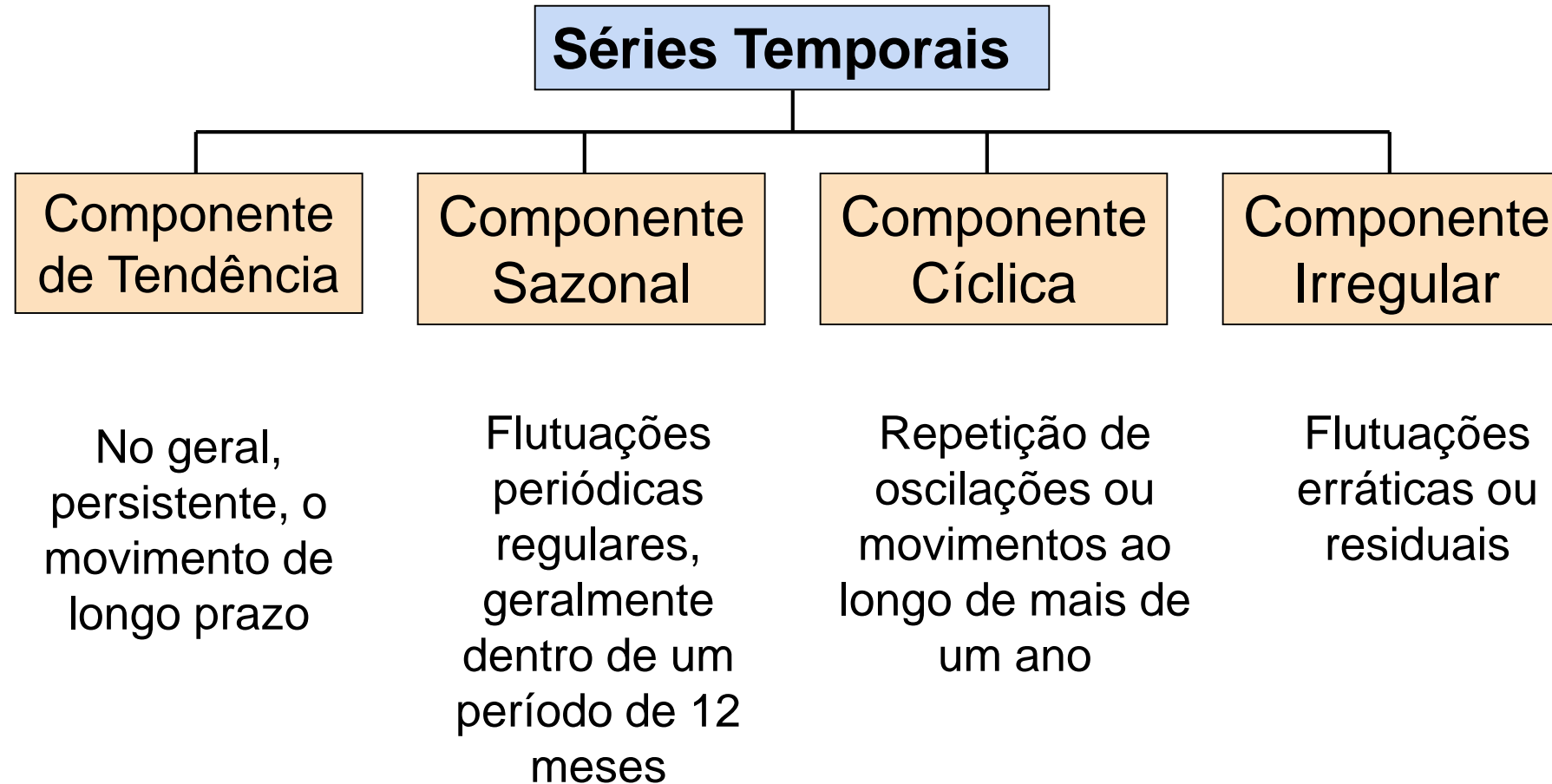
Um **gráfico de série temporal** é um gráfico bidimensional de dados em períodos

U.S. Inflation Rate

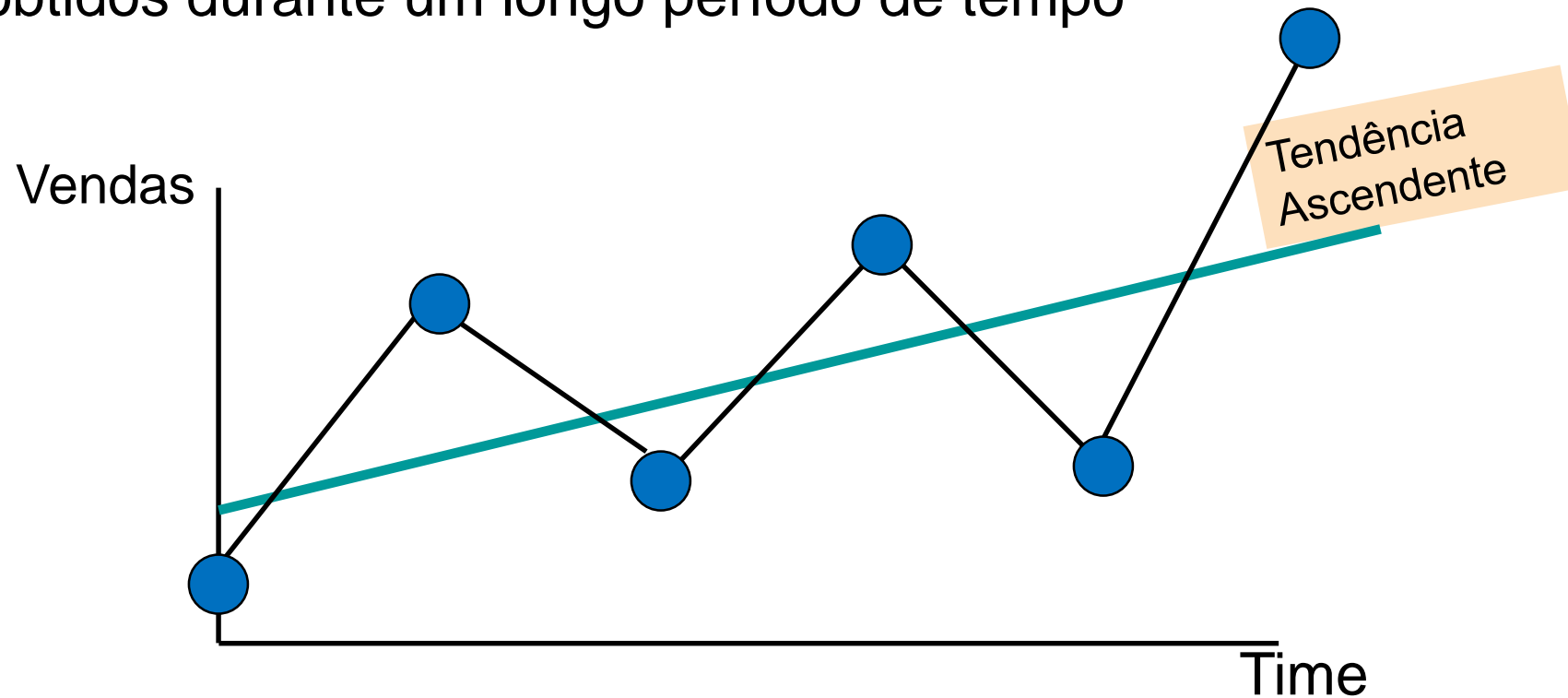


- o eixo vertical mede a variável de interesse

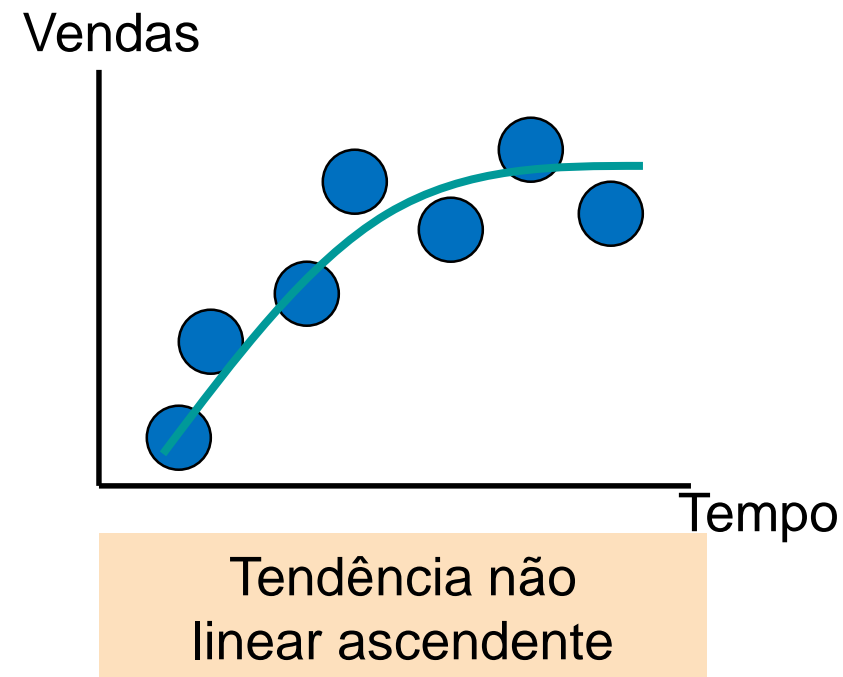
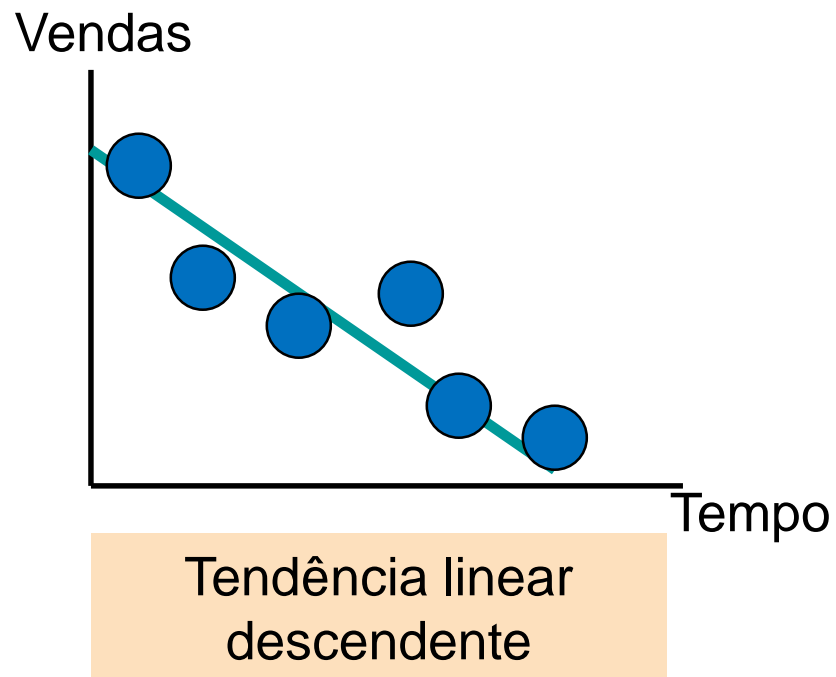
- o eixo horizontal corresponde aos períodos



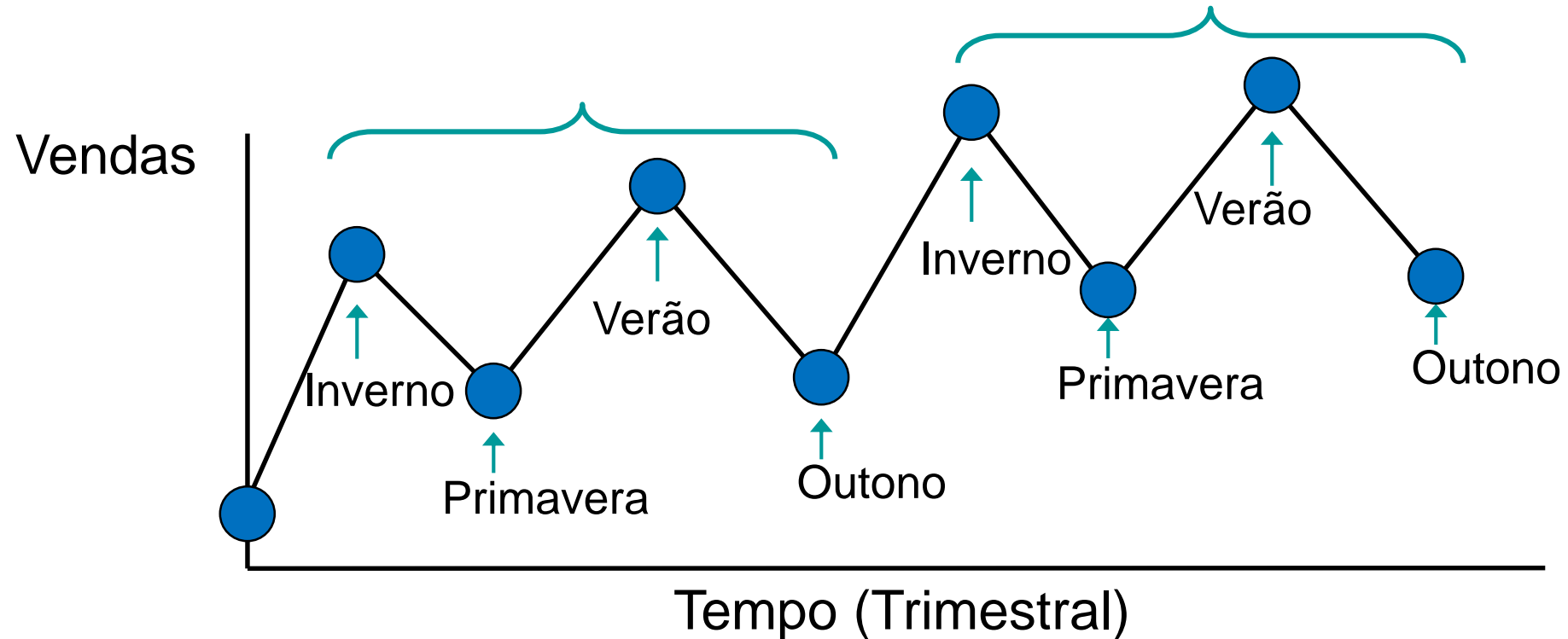
- Aumento ou diminuição ao longo prazo (em geral movimento ascendente ou descendente)
- Dados obtidos durante um longo período de tempo



- Tendência pode ser ascendente ou descendente
- Tendência pode ser linear ou não-linear

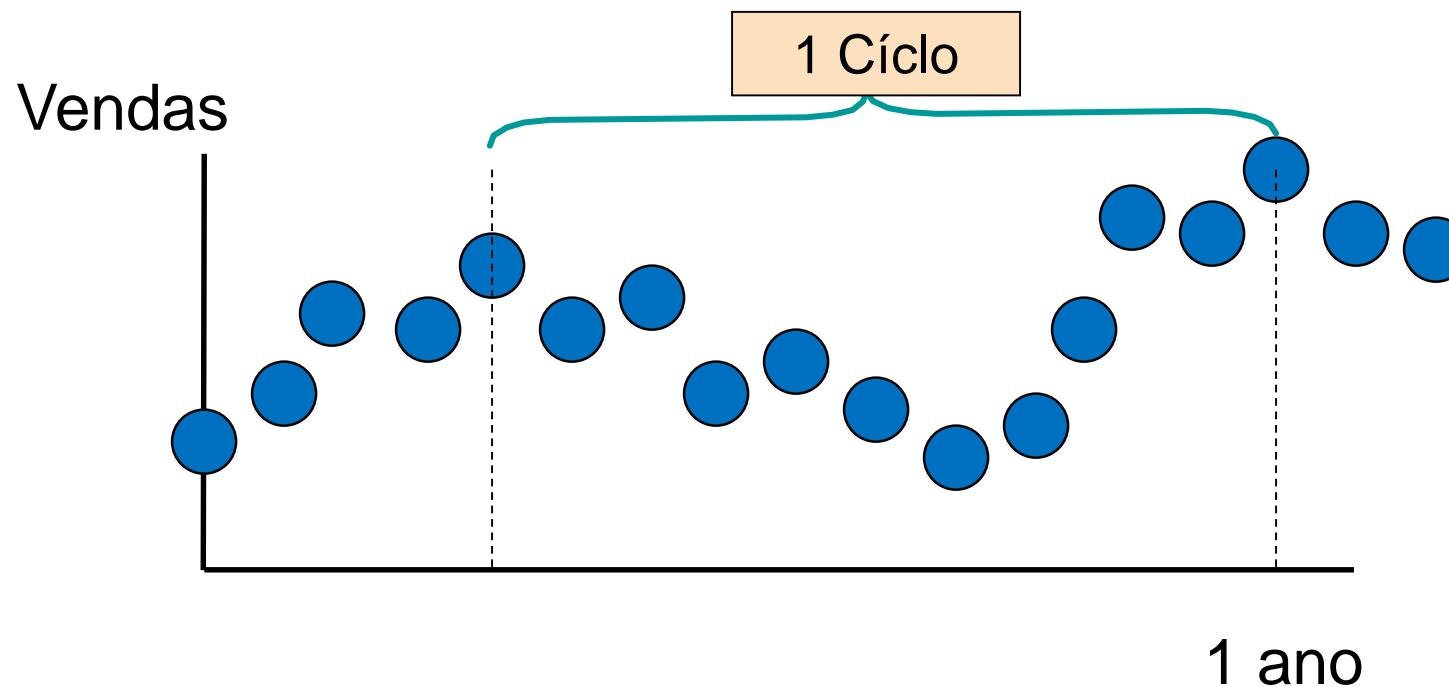


- Padrão oscilatório em períodos pequenos
- Observado dentro de 1 ano
- Muitas vezes, mensal ou trimestral



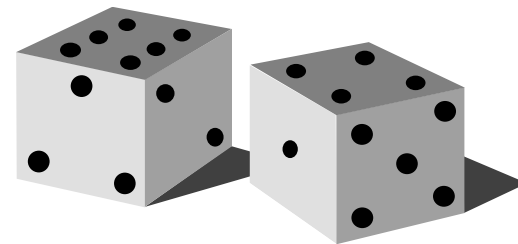
Componente Cíclica

- Padrões de oscilação de **longo prazo**
- Regularmente ocorrer, mas podem variar em comprimento
- Muitas vezes medida de pico a pico ou através de calha



Componente Irregular

- Imprevisíveis, aleatório, flutuações "residuais"
- Devido à variação aleatória:
 - Natureza
 - Acidentes ou eventos incomuns
- “Ruído” da série histórica





- Um gráfico de séries temporais deve ajudá-lo a responder à esta pergunta.
- Muitas vezes fazer a suavização dos dados da série temporal ajuda a responder a pergunta.
- Dois métodos de suavização populares são: médias móveis e suavização exponencial.

- **Médias Móveis – MM(L)**
 - Calcular médias móveis para obter uma impressão geral do padrão de movimento ao longo do tempo
 - Médias de valores de séries temporais consecutivas para um período escolhido de comprimento L
- **Suavização exponencial – SE**
 - A média móvel ponderada

Médias Móveis – MM(L)

- Usado para suavizar
- Uma série de médias aritméticas ao longo do tempo
- O resultado depende da escolha de L (duração do período de meios de computação)
- Última média móvel de comprimento L podem ser extrapolados em um período futuro para uma previsão de curto prazo
- Exemplos:
 - Para uma média móvel de 5 anos, $L = 5$
 - Para uma média móvel de sete anos, $L = 7$
 - etc.

- **Exemplo:** Média móvel de cinco anos

- Primeira Média:

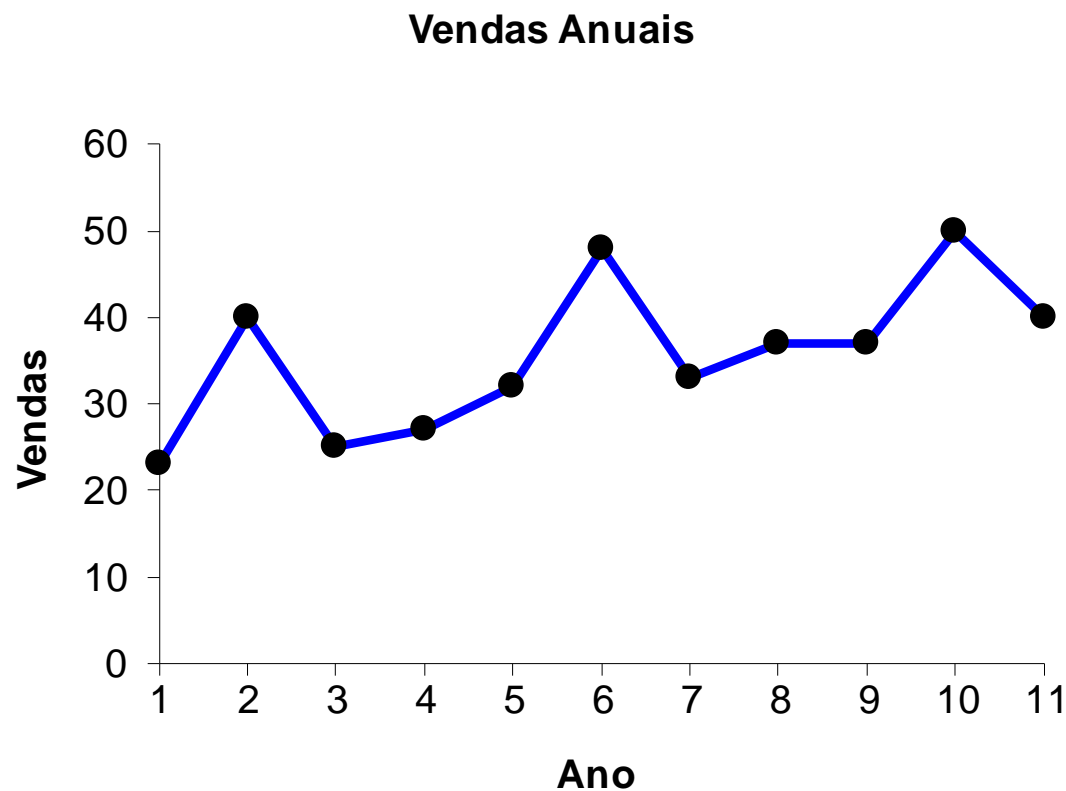
$$MM(5)_1 = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{5}$$

- Segunda Média:

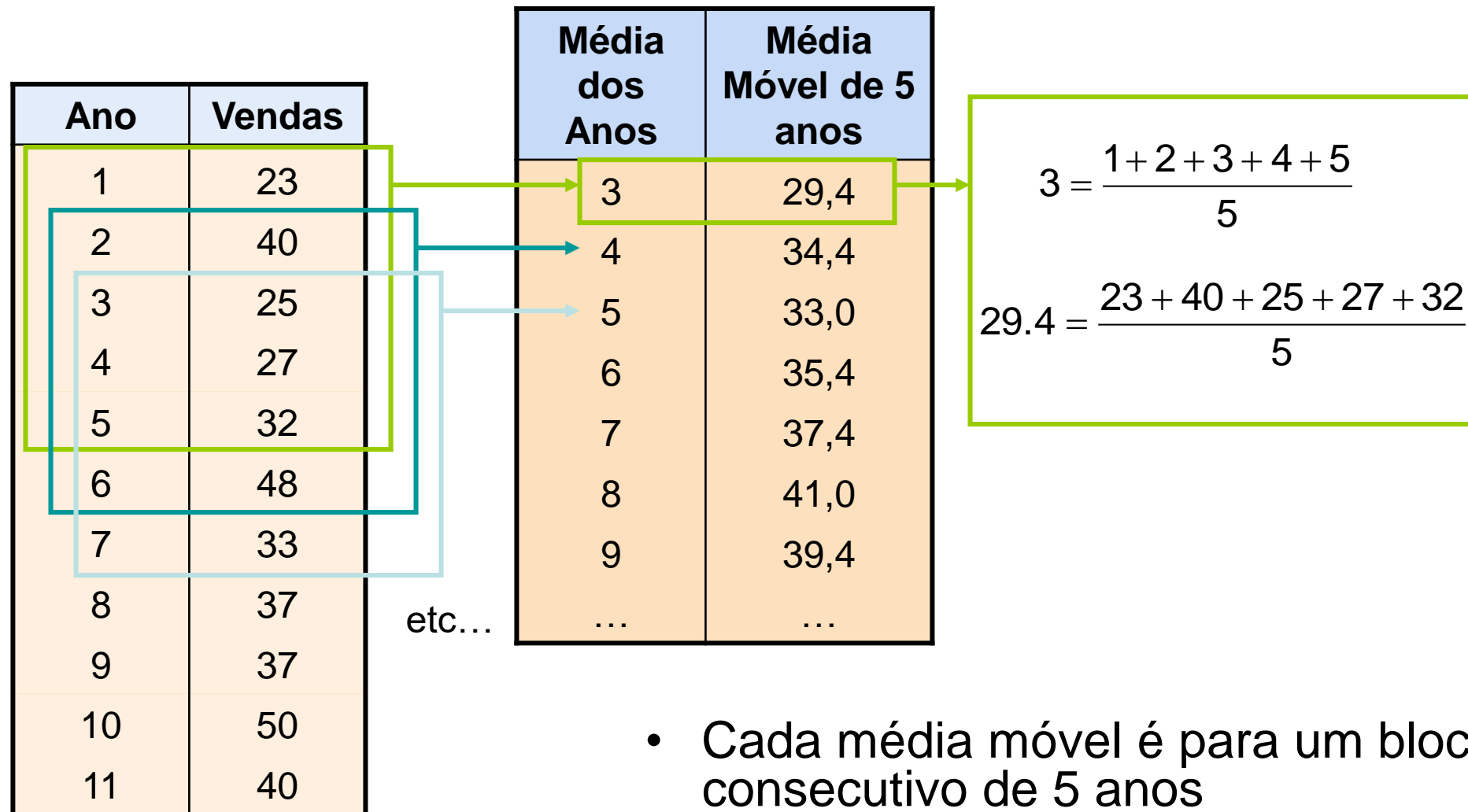
$$MM(5)_2 = \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6}{5}$$

- etc.

Ano	Vendas
1	23
2	40
3	25
4	27
5	32
6	48
7	33
8	37
9	37
10	50
11	40
etc...	etc...

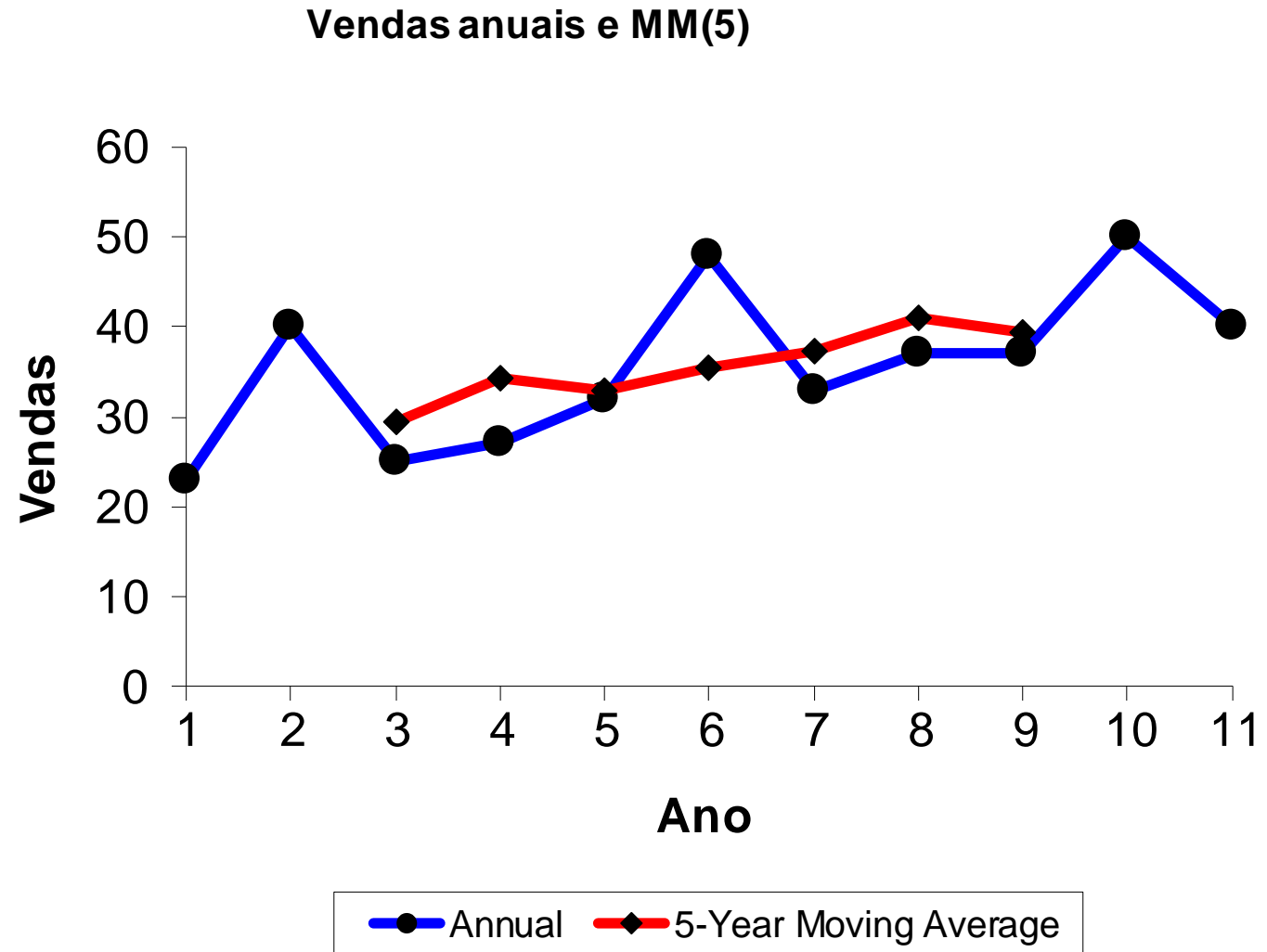


Calcular médias móveis



Anual vs. Média Móvel

A média móvel de 5 anos “suaviza” os dados e torna mais fácil para ver a tendência subjacente



- Previsão de tendência linear
- Previsão de tendência não-linear
- Previsão tendência exponencial

Estimar uma linha de tendência usando análise de regressão

- Use **tempo (X)** como uma variável independente:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X$$

No quadrado linear, não linear, e modelagem exponencial, os períodos de tempo são numeradas começando com 0 e aumentando de 1 para cada período de tempo.

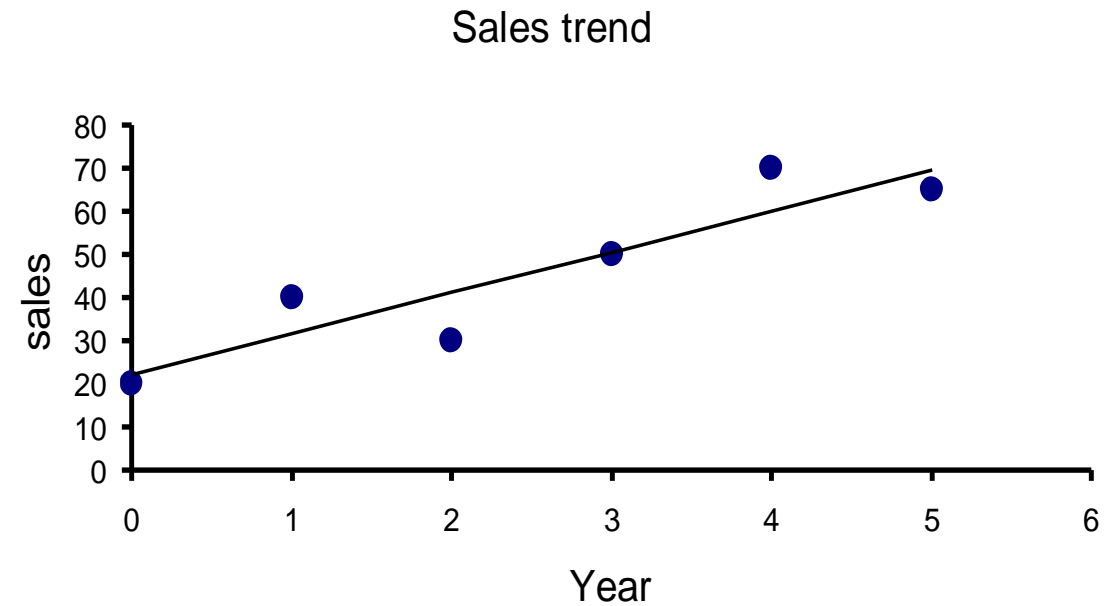
Ano	Período (X)	Vendas (Y)
2004	0	20
2005	1	40
2006	2	30
2007	3	50
2008	4	70
2009	5	65

(continuação)

A equação de previsão de tendência linear é :

$$\hat{Y}_i = 21.905 + 9.5714 X_i$$

Ano	Período (X)	Vendas (Y)
2004	0	20
2005	1	40
2006	2	30
2007	3	50
2008	4	70
2009	5	65

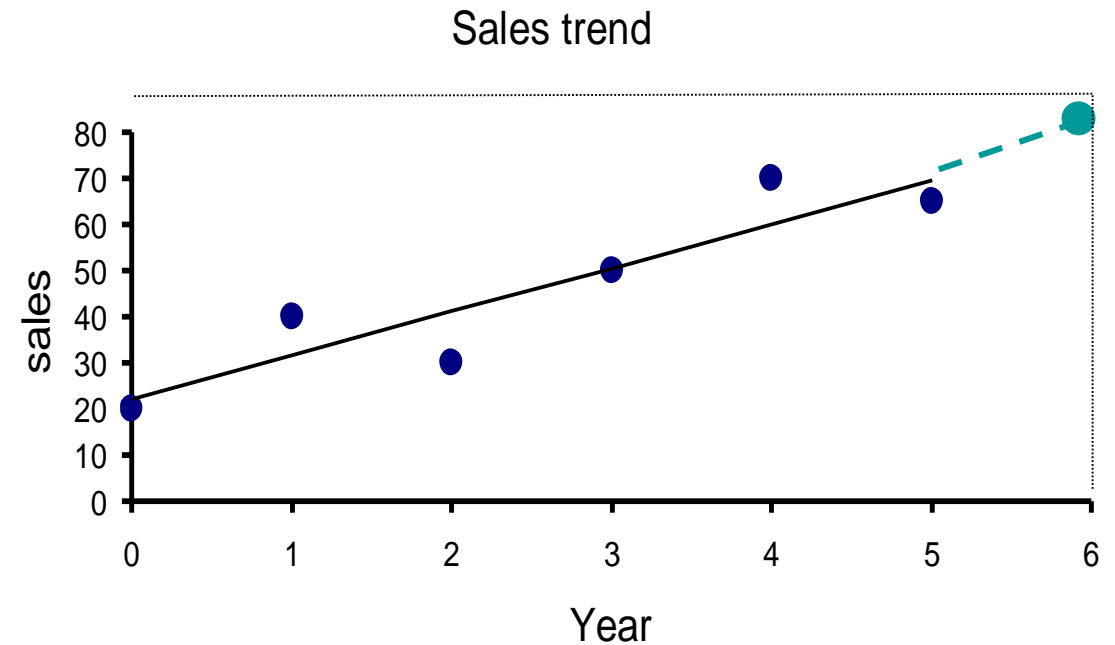


(continuação)

- Previsão para o período de tempo 6 (2010):

$$\hat{Y} = 21.905 + 9.5714(6)$$
$$= 79.33$$

Ano	Período (X)	Vendas (Y)
2004	0	20
2005	1	40
2006	2	30
2007	3	50
2008	4	70
2009	5	65



- Um modelo de regressão não-linear pode ser usado quando a série temporal apresenta uma tendência não linear
- **Fórmula Quadrática** é um tipo de um modelo não-linear:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_i$$

- Compare o ajuste R^2 e o erro padrão ao do modelo linear para ver se esta é uma melhoria
- Pode tentar outras formas funcionais para obter melhor ajuste

- Outro modelo de tendência não linear:

$$Y_i = \beta_0 \beta_1^{X_i} \varepsilon_i$$

- Transformar a forma linear:

$$\log(Y_i) = \log(\beta_0) + X_i \log(\beta_1) + \log(\varepsilon_i)$$

(continuação)

- Equação do Modelo do Tendência Exponencial:

$$\log(\hat{Y}_i) = b_0 + b_1 X_i$$

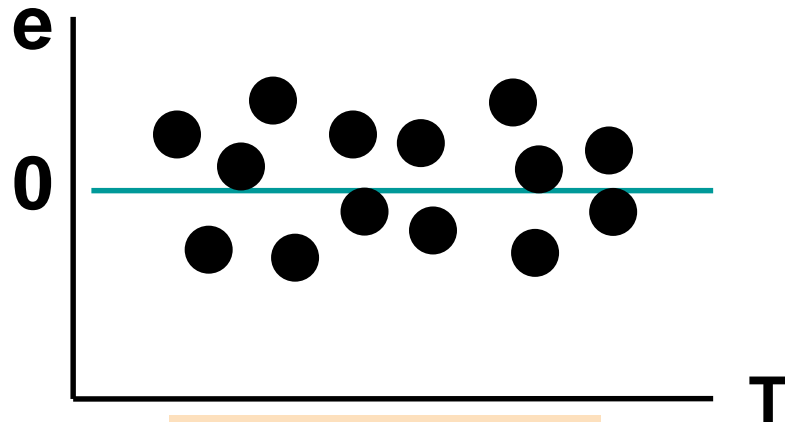
Onde: b_0 = estimativa do $\log(\beta_0)$
 b_1 = estimativa do $\log(\beta_1)$

Interpretação:

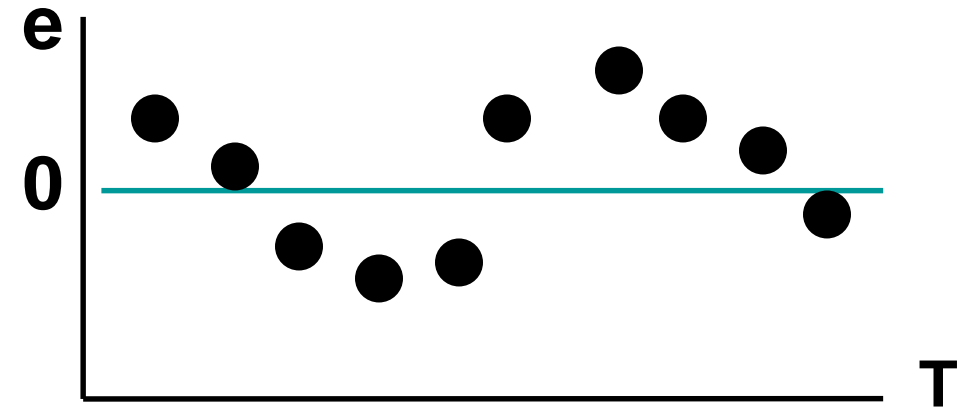
$(b_1 - 1) \times 100\%$ é a taxa composta de crescimento no período (em %)



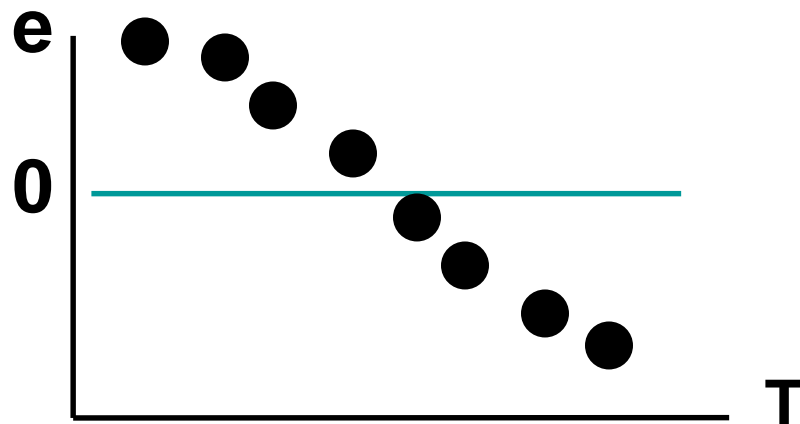
- Realize uma análise de resíduos
 - Elimine um modelo que mostra um padrão ou tendência
- Verifique a magnitude do erro residual usando diferenças ao quadrado e selecione o modelo com o menor valor
- Verifique a magnitude do erro residual usando diferenças absolutas e selecione o modelo com o menor valor
- Use o modelo mais simples
 - Princípio da parcimônia



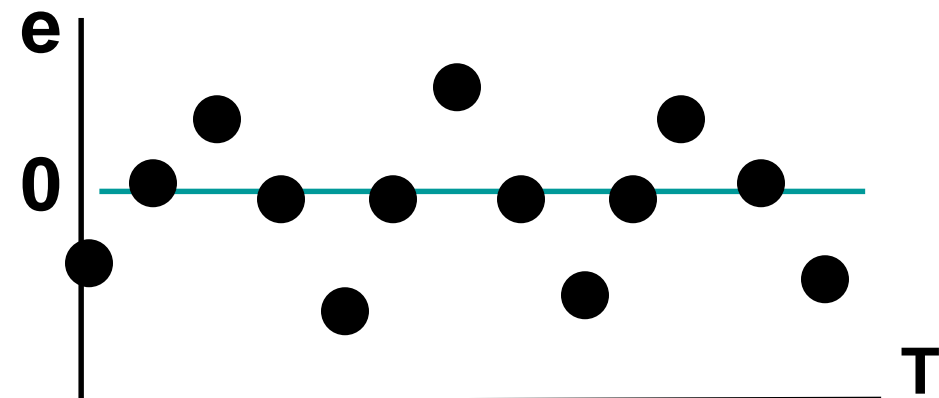
Erros aleatórios



Efeitos cíclicos não representados



Tendência não representada



Efeitos sazonais não representados

- Escolha o modelo que dá os erros de medição menores

- Soma Quadrática dos Erros

$$SQE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

- Sensíveis a discrepâncias

- Desvio Médio Absoluto

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

- Menos sensível às observações extremas



- Suponha que dois ou mais modelos fornecem um bom ajuste para os dados
- Escolha o modelo mais simples
 - Modelos do tipo mais simples:
 - Mínimos quadrados linear
 - Mínimos quadrados quadrática
 - 1º ordem autoregressiva
 - Tipos mais complexos:
 - 2ª e 3ª ordem autoregressiva
 - Mínimos quadrados exponencial

- Séries temporais são frequentemente coletadas mensalmente ou trimestralmente
- Estas séries de tempo, muitas vezes contêm uma componente de tendência, uma componente sazonal, e uma componente irregular
- Suponha que a sazonalidade é trimestral
 - Definir “três novas variáveis” dummy para trimestres:
 - $T_1 = 1$ se primeiro trimestre, 0 caso contrário
 - $T_2 = 1$ se segundo trimestre, 0 caso contrário
 - $T_3 = 1$ se terceiro trimestre, 0 caso contrário
 - Trimestre 4 é o padrão se $T_1 = T_2 = T_3 = 0$)

- Forma Exponencial

$$Y_i = \beta_0 \beta_1^{X_i} \beta_2^{T_1} \beta_3^{T_2} \beta_4^{T_3} \varepsilon_i$$

$(\beta_1 - 1) \times 100\%$ é a taxa composta de crescimento trimestral

β_i fornece o multiplicador para o trimestre $i-1$ em relação ao 4º trimestre ($i = 2, 3, 4$)

- Transformar em forma linear :

$$\log(Y_i) = \log(\beta_0) + X_i \log(\beta_1) + T_1 \log(\beta_2) + T_2 \log(\beta_3) + T_3 \log(\beta_4) + \log(\varepsilon_i)$$

- Equação de previsão exponencial com sazonalidade trimestral:

$$\log(\hat{Y}_i) = b_0 + b_1 X_i + b_2 T_1 + b_3 T_2 + b_4 T_3$$

Onde: b_0 = estimativa do $\log(\beta_0)$, então: $10^{b_0} = \hat{\beta}_0$
 b_1 = estimativa do $\log(\beta_1)$, então: $10^{b_1} = \hat{\beta}_1$
etc...

Interpretação:

$(\hat{\beta}_1 - 1) \times 100\%$ = taxa de crescimento estimada composto trimestral (em%)

$\hat{\beta}_2$ = Multiplicador estimado para o primeiro trimestre em relação ao quarto trimestre

$\hat{\beta}_3$ = Multiplicador estimado para o segundo trimestre em relação ao quarto trimestre

$\hat{\beta}_4$ = Multiplicador estimado para o terceiro trimestre em relação ao quarto trimestre

- Suponha que a equação de previsão é :

$$\log(\hat{Y}_i) = 3,43 + 0,017X_i - 0,082T_1 - 0,073T_2 + 0,022T_3$$

$$b_0 = 3,43, \text{ assim} \quad 10^{b_0} = \hat{\beta}_0 = 2691.53$$

$$b_1 = 0,017, \text{ assim} \quad 10^{b_1} = \hat{\beta}_1 = 1.040$$

$$b_2 = -0,082, \text{ assim} \quad 10^{b_2} = \hat{\beta}_2 = 0.827$$

$$b_3 = -0,073, \text{ assim} \quad 10^{b_3} = \hat{\beta}_3 = 0.845$$

$$b_4 = 0,022, \text{ assim} \quad 10^{b_4} = \hat{\beta}_4 = 1.052$$

(continuação)

Valor:

Interpretação:

$\hat{\beta}_0 = 2691.53$	valor de tendência não ajustado para o primeiro trimestre de primeiro ano
$\hat{\beta}_1 = 1.040$	$\text{Beta}_1 - 1 = 0,04$: taxa composta de crescimento trimestral de 4,0%
$\hat{\beta}_2 = 0.827$	média de vendas em T1 são 82,7% das vendas médias do 4º trimestre, após o ajuste para a taxa de crescimento trimestral de 4%
$\hat{\beta}_3 = 0.845$	média de vendas em T2 são 84,5% das vendas médias do 4º trimestre, após o ajuste para a taxa de crescimento trimestral de 4%
$\hat{\beta}_4 = 1.052$	média de vendas em T3 são 105,2% das vendas médias do 4º trimestre, após o ajuste para a taxa de crescimento trimestral de 4%



- **Assumir** que o mecanismo que governa o comportamento de séries temporais no passado ainda irá governar no futuro.
- Usar **extrapolação automática** da tendência para prever o futuro sem considerar julgamentos pessoais, experiências de negócios, mudanças tecnológicas e hábitos, etc.

- Discussão da importância da previsão
- Abordagem dos fatores componentes do modelo de séries temporais
- Realização de suavização de séries de dados
 - Médias móveis
 - Suavização exponencial
- Descrição dos mínimos quadrados e suas tendências de montagem e previsão
 - Linear, quadrática e modelos exponenciais
- Abordagem de modelos autorregressivos
- Descrição de procedimentos para escolha de modelos adequados
- Abordagem previsão de séries temporais de dados mensais ou trimestrais (uso de variáveis dummy)
- Discussão de armadilhas em matéria de análise de séries temporais

Bibliografia

BERENSON, M.L.; LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.F.; KREHBIEL, T.C.; *Statistics for Managers Using Microsoft Excel*, 6ª ed. Pearson Education: Prentice Hall, 2011,

LEVINE, David M.; STEPHAN, David F.; KREHBIEL, Timothy C.; BERENSON, Mark L. *Estatística: Teoria e aplicações usando Microsoft® Excel em português*, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

