



Escola Livre de Inteligência Artificial

Inteligência Artificial ao alcance de todos

Aula 08/06/2021: Regressão Linear Múltipla
Professor: Eng. Rodolfo Magliari de Paiva



Objetivos da Aula

- Compreender o que é uma Análise de Regressão e seus tipos;
- Aprender a interpretar um Gráfico de Dispersão;
- Saber como efetuar e interpretar uma Correlação Linear;
- Compreender o sentido e o objetivo de se efetuar uma Regressão Linear Múltipla;
- Efetuar uma Regressão Linear Múltipla.





Análise de Regressão

Parte da Estatística que estuda a relação entre duas ou mais variáveis (dependentes e independentes), de modo que seja possível identificar quais variáveis possuem maior ou menor impacto em um fenômeno de estudo, além de também permitir a explicação de um fenômeno e prever o futuro.

Para isso, utilizamos os chamados **Modelos de Regressão**.



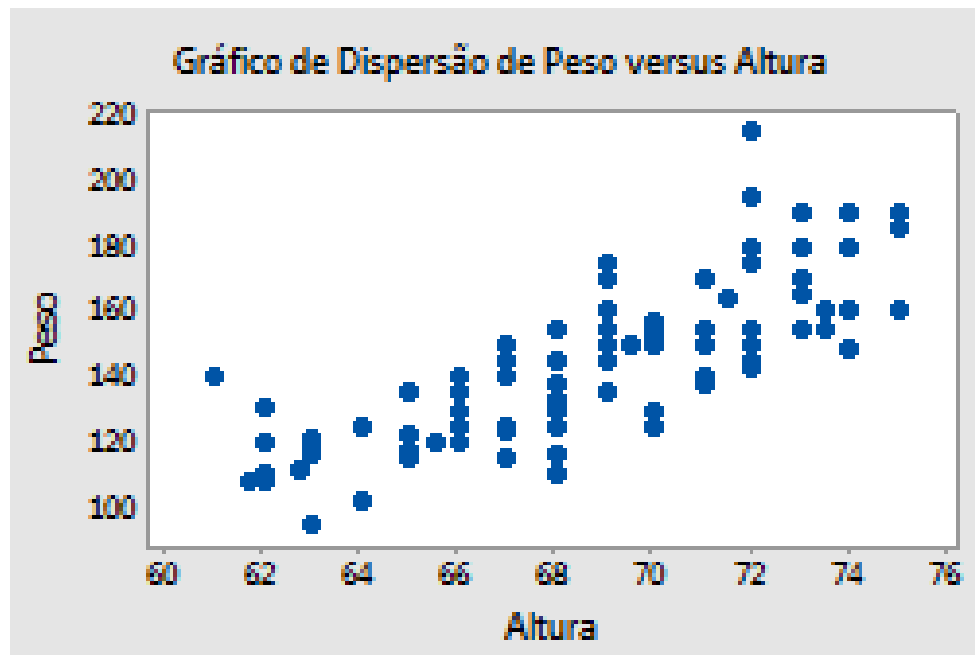
Os Modelos de Regressão podem ser Lineares (ML) ou Não Lineares (MNL):

- **Modelos de Regressão Linear:**
 - Regressão Linear Simples;
 - Regressão Linear Múltipla.
- **Modelos de Regressão Não Linear:**
 - Regressão Exponencial;
 - Regressão Logística Simples;
 - Regressão Logística Múltipla;
 - Regressão Poisson;
 - ...



Gráfico de Dispersão

A utilização deste gráfico é muito importante para descobrir se duas variáveis podem estar **associadas**:





Correlação Linear de Pearson

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}}$$

OBS: Válido apenas para mostrar a **associação** entre variáveis **quantitativas**.



Interpretação:

$$-1 \leq \rho \leq 1$$

Onde:

$\rho = 1$, correlação linear perfeita positiva;

$\rho = -1$, correlação linear perfeita negativa;

$\rho = 0$, não existe correlação.



| Valor de ρ (+ ou -) | Interpretação |
|--------------------------|----------------------------|
| 0.00 a 0.19 | Uma correlação bem fraca |
| 0.20 a 0.39 | Uma correlação fraca |
| 0.40 a 0.69 | Uma correlação moderada |
| 0.70 a 0.89 | Uma correlação forte |
| 0.90 a 1.00 | Uma correlação muito forte |

Fonte: Shimakura, 2006



Exemplos

Vejamos como podem ser os resultados gráficos!

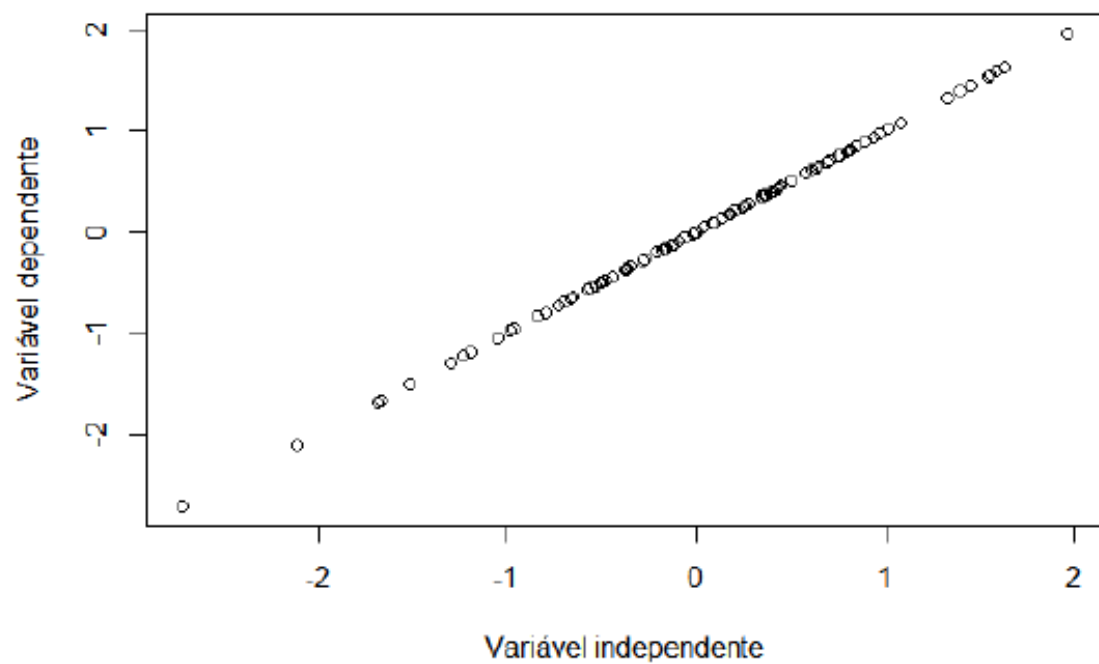


Figura 1: Correlação linear perfeita positiva.

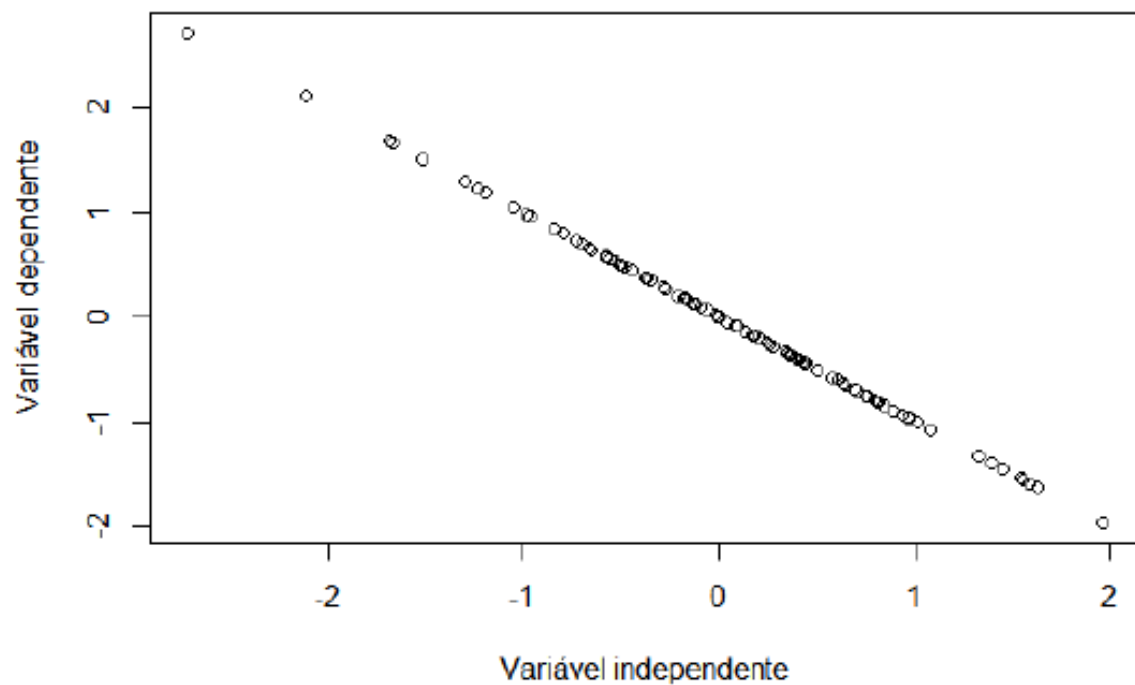


Figura 2: Correlação linear perfeita negativa.

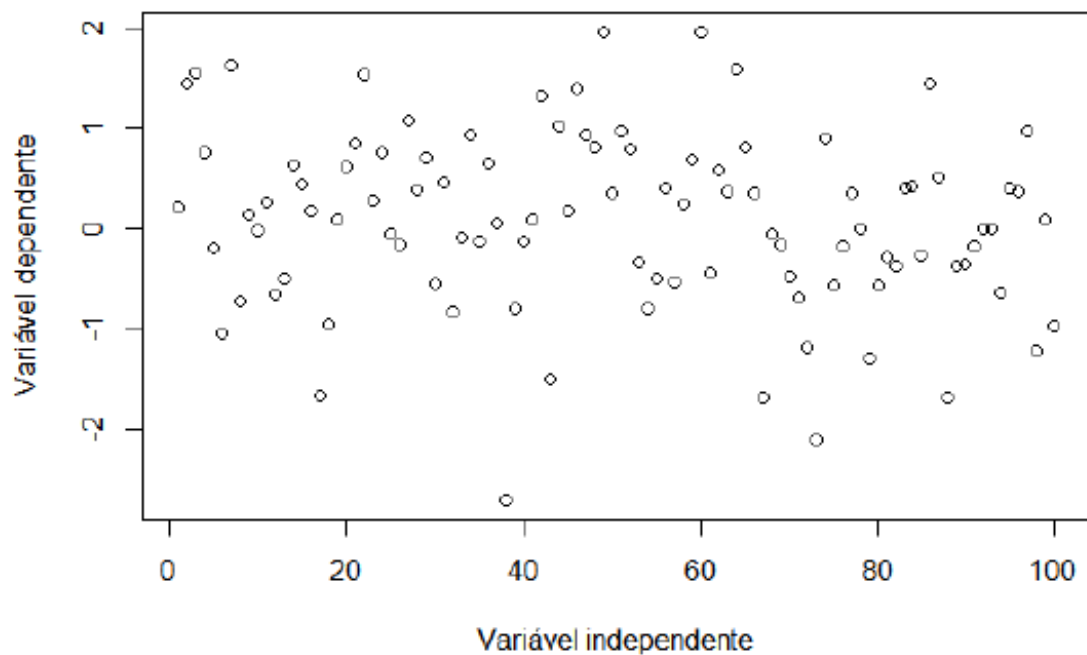


Figura 3: Não existe correlação.

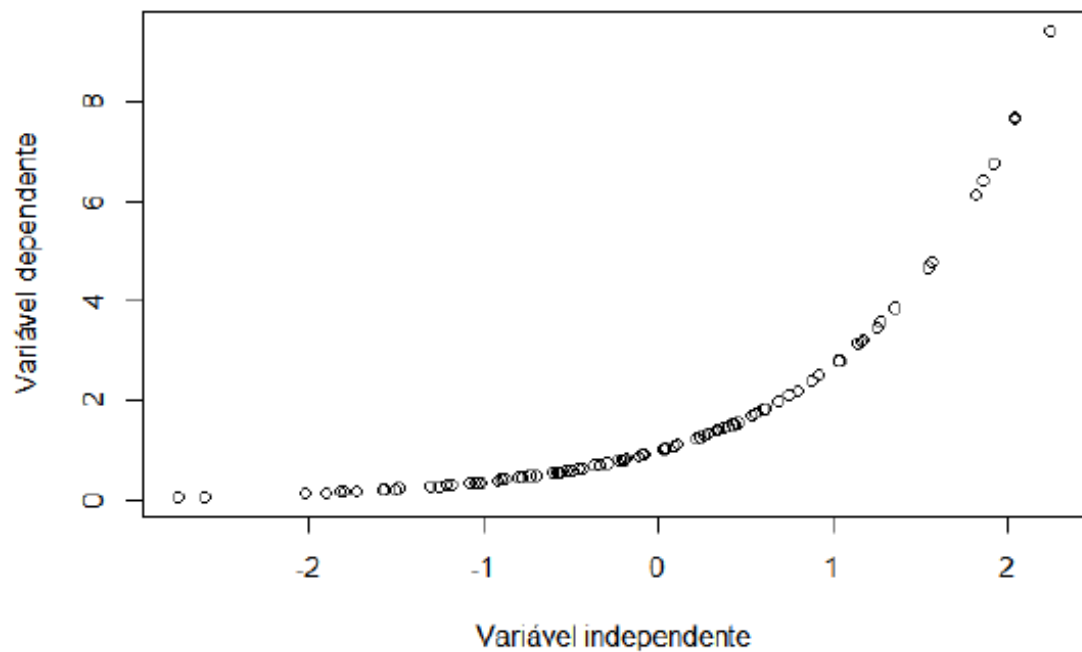


Figura 4: Não existe relação linear.



**Associação não
implica em Causa e
Efeito!**





Regressão Linear Múltipla

É uma generalização da Regressão Linear Simples para um situação em que há mais de uma variável preditiva ou regressora (variável independente)



Para aplicarmos o modelo de Regressão Linear Múltipla, é necessário cumprir alguns pré-requisitos:

- **Linearidade:** A associação entre x e y deve ser linear (reta), verificação por meio do Gráfico de Dispersão;
- **Independência dos valores de y :** Cada valor de y é independente;
- **Distribuição Normal:** A variável y deve ser quantitativa e com Distribuição Normal, verificação por meio do Histograma e/ou por meio de testes de normalidade (como o clássico Teste de Shapiro-Wilk);
- **Homocedasticidade:** Variância de y deve ser a mesma independentemente do valor de x , verificação por meio da análise dos resíduos;
- **Sem correlação entre variáveis preditivas:** Estas não podem estar altamente correlacionadas, verificação por meio da Correlação Linear de Pearson ou por meio do VIF (Fatores de Inflação de Variância).



A equação do modelo de uma Regressão Linear Múltipla é dada por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i$$

(ε = Erro, resultado de flutuações aleatórias)

Onde:

β_0 = Intercepto / Coeficiente Linear

β_1 = Coeficiente Angular

β_2 = Coeficiente Angular

β_p = Coeficiente Angular



O gráfico da Regressão Linear Múltipla é um **hiperplano** no **Espaço k-dimensional**.





Vamos entender o conceito de dimensão:



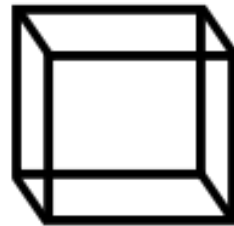
Ponto - 0D



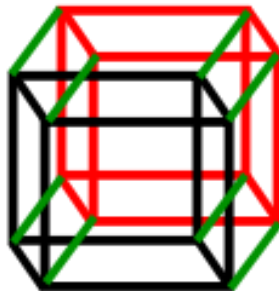
Reta - 1D



Quadrado - 2D



Cubo - 3D



Hipercubo - 4D



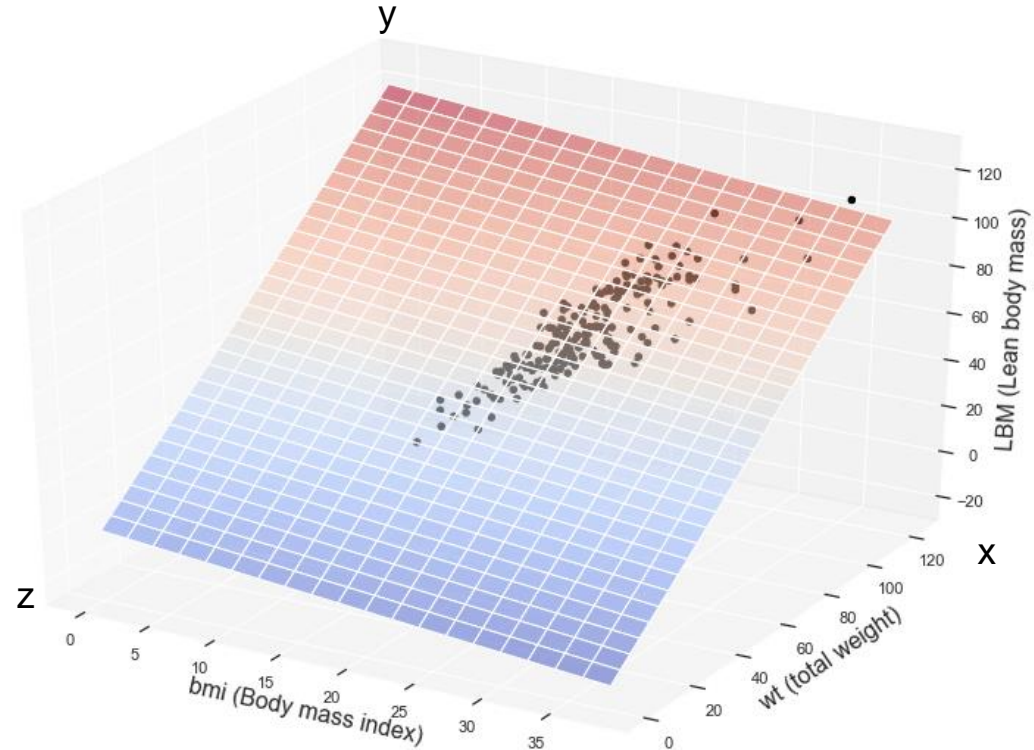
Para duas variáveis preditivas ou regressoras é um **plano** no **Sistema Triortogonal**:

Vale lembrar:

Eixo y = Eixo das Ordenadas

Eixo x = Eixo das Abscissas

Eixo z = Eixo das Cotas





Após aplicar o modelo é interessante analisar o **R^2 (Coeficiente de Determinação Múltipla)**

É um indicador que mede a qualidade do ajuste na Regressão Linear Múltipla, ou seja, quanto que as variáveis preditivas (juntas), explicam Y.

Seu resultado varia de 0 a 1, sendo que:

- Quanto mais próximo de 0, menos a Regressão Linear Múltipla se ajustou;
- Quanto mais próximo de 1, mais a Regressão Linear Múltipla se ajustou.

O calculamos fazendo:

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$



Exemplo

Uma imobiliária possui um modelo de Regressão Linear Múltipla para prever o valor dos apartamentos (R\$), em função do tamanho dos apartamentos (m²), e em função da idade dos prédios (anos).
A equação do modelo é dada por:

$$Y = 440.107 + 6.772,1x_1 - 19.129,7x_2 + \varepsilon$$

Sendo x_1 o tamanho do apartamento e x_2 a idade do prédio, qual o valor estimado para um apartamento que possui 55m² e o prédio tem 25 anos de idade?



Resolução:

$$Y = 440.107 + 6.772,1x_1 - 19.129,7x_2 + \varepsilon$$

$$Y = 440.107 + 6.772,1 \cdot 55 - 19.129,7 \cdot 25 + \varepsilon$$

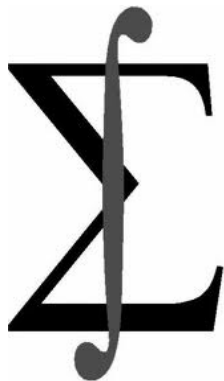
$$Y = 440.107 + 372.465,5 - 478.242,5 + \varepsilon$$

$$Y = 334.330 + \varepsilon$$



Conclusão

Com essas ferramentas da **Análise de Regressão** é possível entender a relação entre duas variáveis e tentar prever o comportamento de uma delas, basta **ter** ou **iniciar** a coleta de dados e na sequência:



APLICAR!





Exercícios

- 1) Em que tipo de situação devemos realizar uma Regressão Linear Múltipla ao invés de uma Regressão Linear Simples?
- 2) Para que seja possível realizar uma Regressão Linear Múltipla, quais pré-requisitos devemos cumprir?
- 3) Explique a Correlação Linear de Pearson.
- 4) Dada a tabela a seguir, calcule o coeficiente de Correlação Linear de Pearson e interprete o resultado.

| Suprimento de Voltagem | Corrente sem Eletrônicos (mA) |
|------------------------|-------------------------------|
| 0,66 | 7,32 |
| 1,32 | 12,22 |
| 1,98 | 16,34 |
| 2,64 | 23,66 |
| 3,3 | 28,06 |



5) Com relação ao VIF responda:

a) O que é?

b) Para que serve?

c) Como o interpretamos?

6) A equação de Regressão Linear Múltipla de um laboratório de Engenharia para prever a resistência à tração de fios é dada por:

$$Y = 2,26379 + 2,4427x_1 + 0,01253x_2 + \varepsilon$$

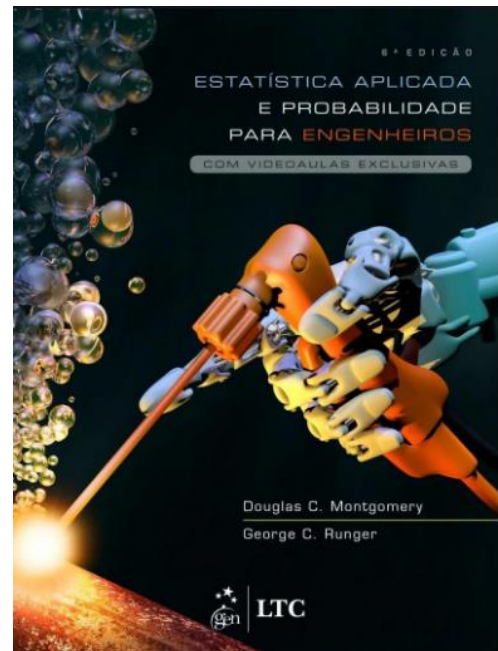
Sendo x_1 o comprimento do fio (m), e x_2 a altura da garra (m), qual a resistência (Pa) esperada se o comprimento do fio for de 2 m e a altura da garra for de 4 m?

7) Um modelo de Regressão Linear Múltipla com 3 variáveis apresentou R^2 de 0,67, o que isso significa?



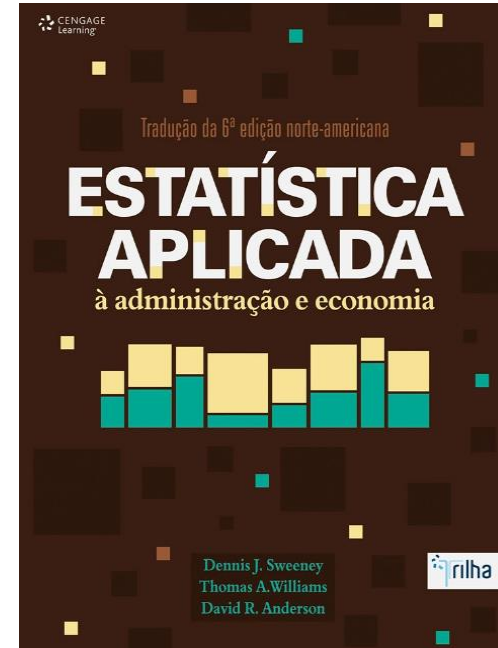
Bibliografia

MONTGOMERY, Douglas C. e RUNGER, George C. ***Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros***. 6ª Edição. Rio de Janeiro: Editora GEN|LTC, 2016





SWEENEY, Dennis J; WILLIAMS, Thomas A. e
ANDERSON, David R. ***Estatística Aplicada à
Administração e Economia.***
6ª Edição. São Paulo: Editora Cengage Learning,
2013.





Contatos

Prof. Eng. Rodolfo Magliari de Paiva



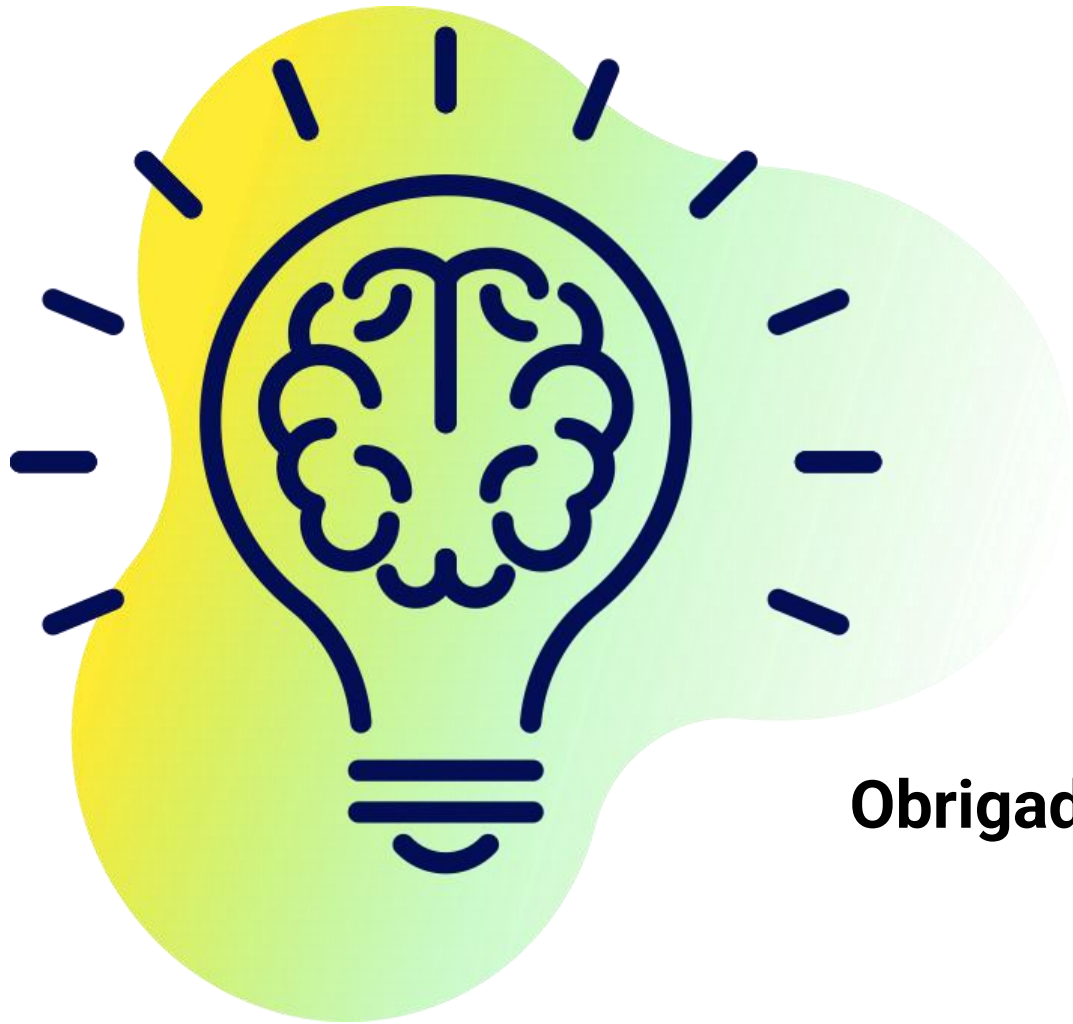
Cel.: (11) 9-6866-5501



E-mail: rodolfomagliari@gmail.com



LinkedIn: Rodolfo Magliari de Paiva



Obrigado!