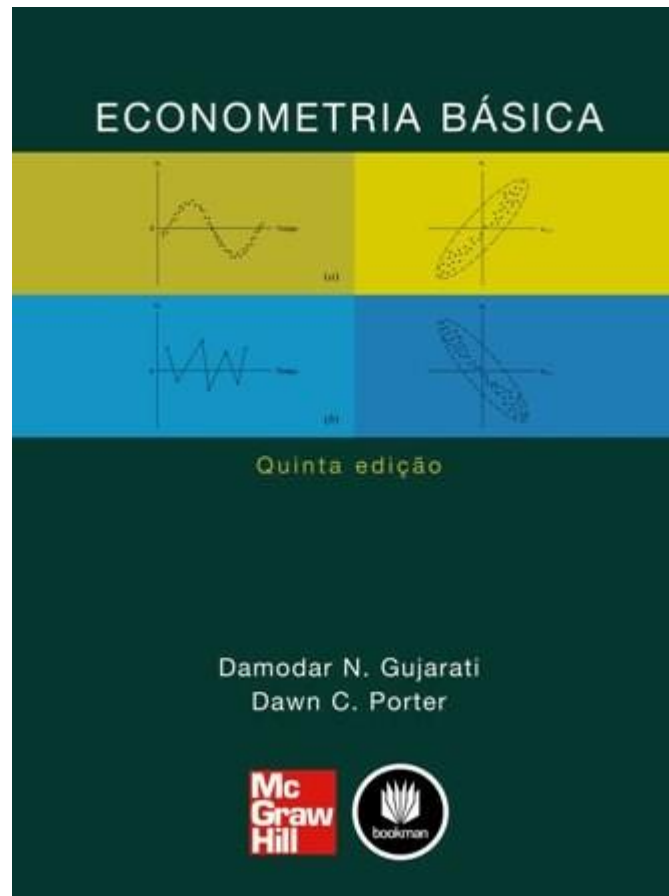


1 - Noções de álgebra matricial

- Apêndice A – Revisão de alguns conceitos estatísticos
- Apêndice B – Rudimentos de álgebra matricial



Representação vetorial de um problema ecológico

	E1	E2
S1	X_{11}	X_{12}
S2	X_{21}	X_{22}
S3	X_{31}	X_{32}

- Seja os resultados obtidos por um pesquisador fazendo um estudo quantitativo de três espécies de organismos em duas estações de coleta. X_{11} representa o número de indivíduos encontrados da primeira espécie na estação 1 (E1); X_{12} o n. de indiv. da primeira sp. na estação 2....
- O primeiro índice indica o número da linha e o segundo o número da coluna.

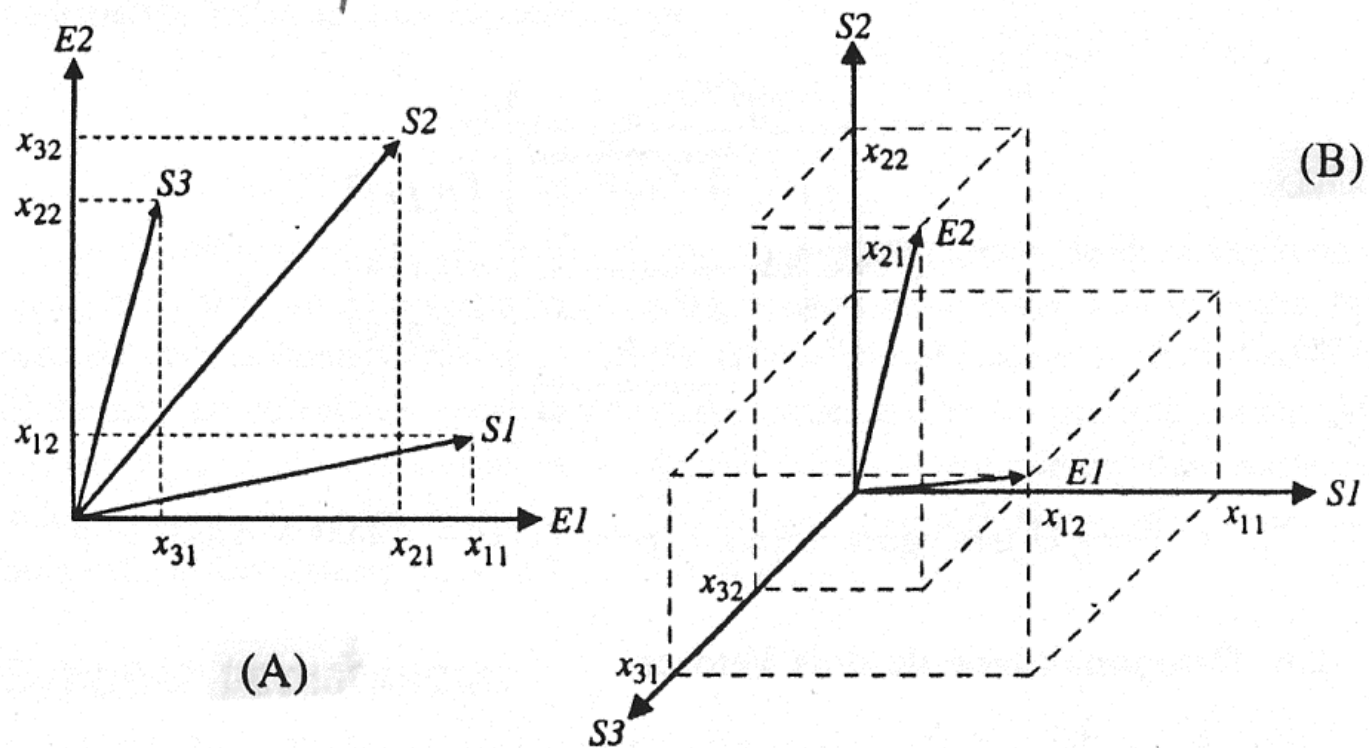


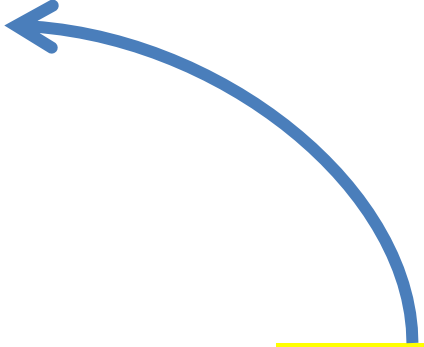
Figura 1 – Representação vetorial das espécies no espaço das estações (A) e das estações no espaço das espécies (B).

- Em cada ponto, no espaço bi ou tridimensional, associa-se um vetor.
- Vetores-espécie: $S1$, $S2$ e $S3$ – abundância das espécies em duas estações;
- Vetores-estação: $E1$ e $E2$ - abundâncias de três espécies.

Representação vetorial de um problema ecológico

	E1	E2
S1	X_{11}	X_{12}
S2	X_{21}	X_{22}
S3	X_{31}	X_{32}

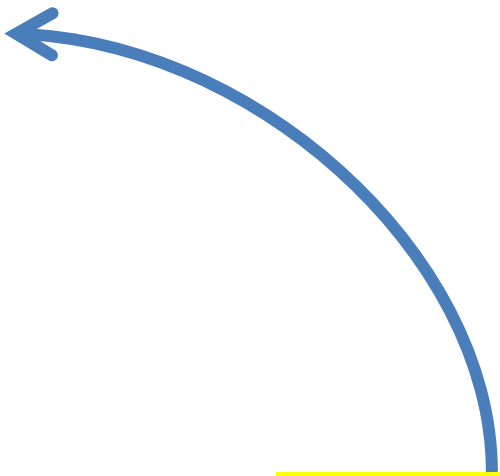
Matriz



Representação vetorial de um problema ecológico

$$\begin{array}{cc} & \text{E1} & \text{E2} \\ \text{S1} & \left| \begin{array}{cc} X_{11} & X_{12} \end{array} \right| \end{array}$$

Vetor linha



Representação vetorial de um problema ecológico

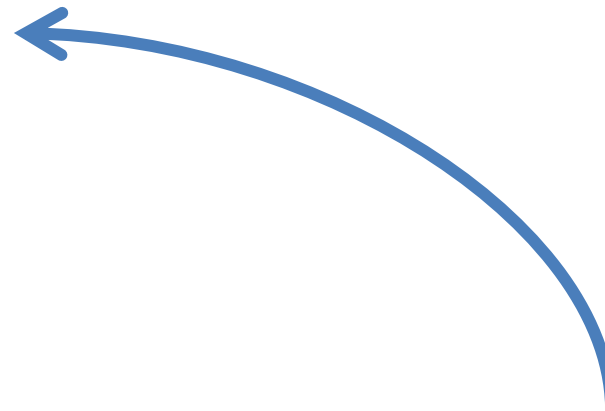
	E1
S1	X_{11}
S2	X_{21}
S3	X_{31}



Vetor coluna

Representação vetorial de um problema ecológico

$$S1 \begin{array}{c} E1 \\ | \\ X_{11} \end{array}$$



Escalar

Matriz – Vetor – Escalar

	E1	E2
S1	X_{11}	X_{12}
S2	X_{21}	X_{22}
S3	X_{31}	X_{32}

Operações com Vetores

Multiplicação de um vetor por um escalar

- $S2_{x_{21},x_{22}}$ multiplicado por 3 = $S2'_{3x_{21},3x_{22}}$
- Representa a multiplicação dos elementos pelo escalar.

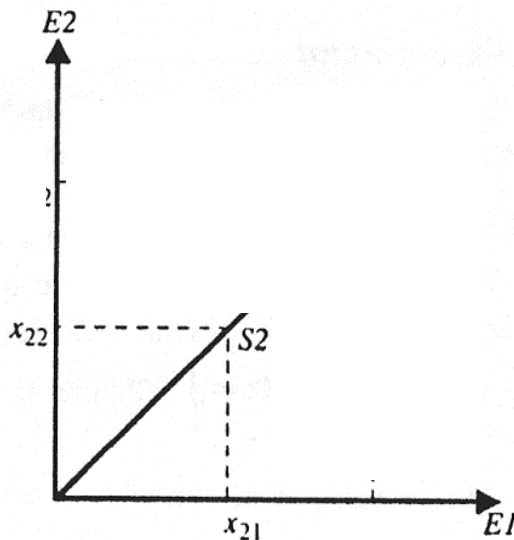


Figura 2 – Multiplicação de um vetor por um escalar.

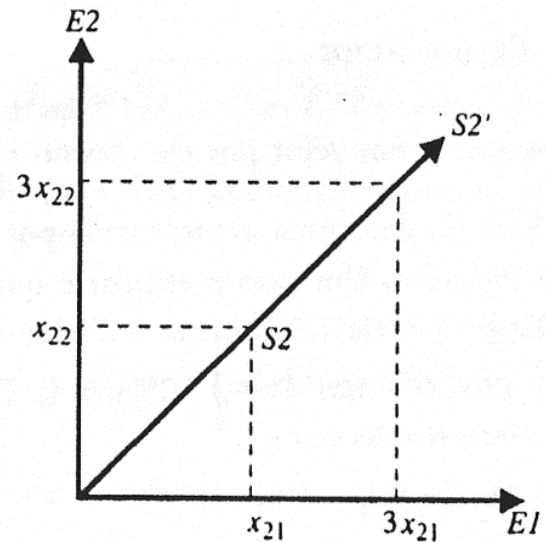


Figura 2 – Multiplicação de um vetor por um escalar.

Adição de dois vetores

Ao adicionar as abundâncias de duas espécies $S1$ e $S2$, representadas pelos vetores $S1_{x11,x12}$ e $S2_{x21,x22}$. O resultado será vetor $S3_{(x11+x21,x12+x22)}$

- $S1 = [x11 \quad x12]$
- $S2 = [x21 \quad x22]$
- $S3 = [x11 + x21 \quad x12 + x22]$

Adição de dois vetores

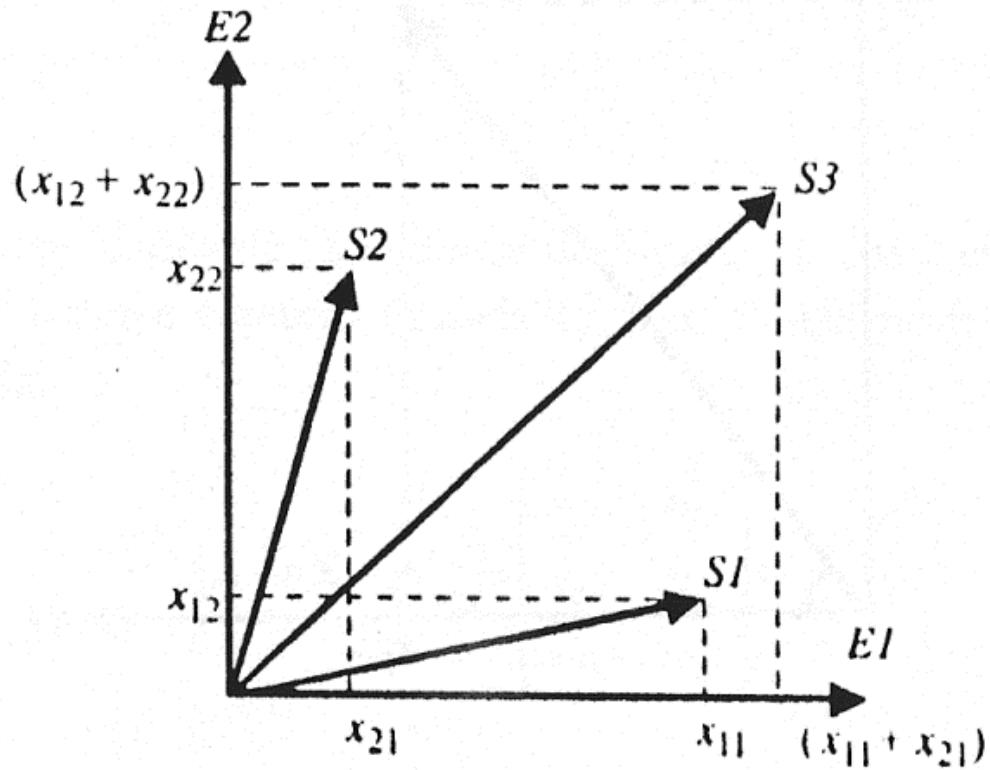


Figura 3 – Adição de dois vetores.

Produto escalar de dois Vetores

Sejam duas espécies representadas pelos vetores: $S1_{x_{11},x_{12}}$ e $S2_{x_{21},x_{22}}$, o produto escalar é obtido fazendo-se a soma dos produtos dos elementos respectivos

$$(x_{11} \cdot x_{21} + x_{12} \cdot x_{22})$$

É o produto dos escalares

Exemplo – produto escalar

	E1	E2
S1	10	24
S2	5	9

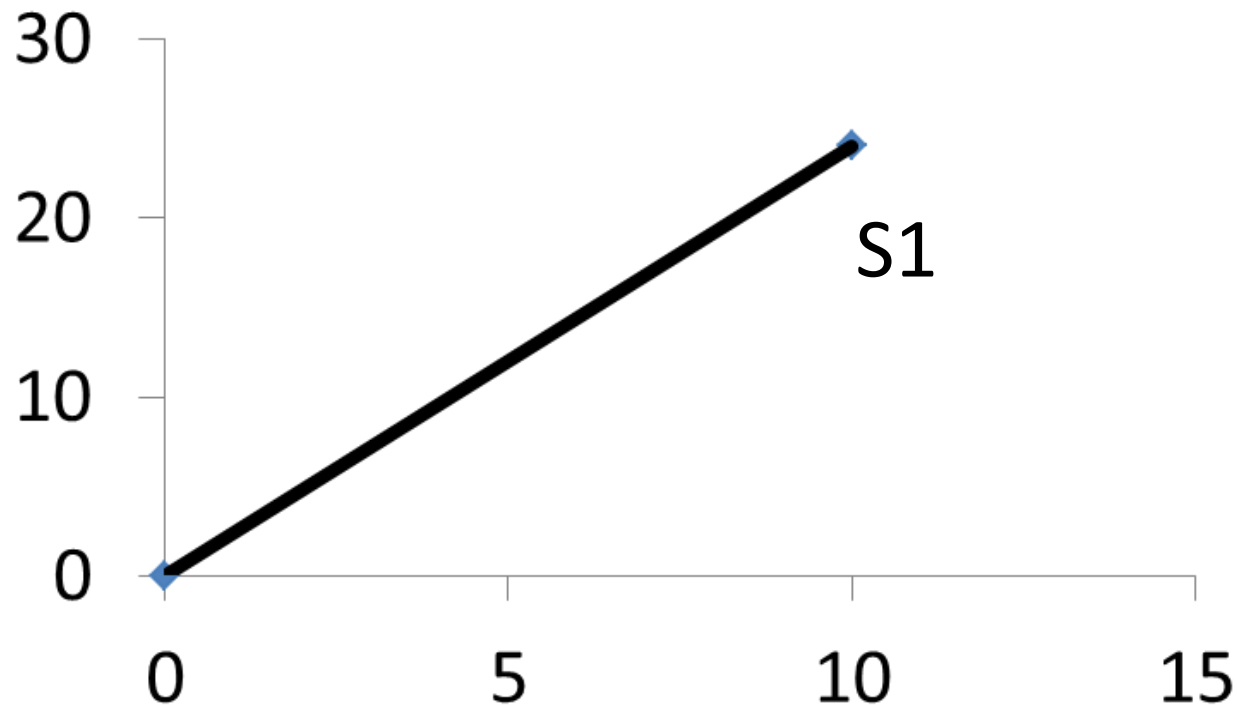
$$(x_{11}x_{21} + x_{12}x_{22})$$

266



Comprimento de um Vetor

- O produto escalar de um vetor por ele mesmo corresponde ao seu comprimento: Norma.



Norma

$$\|S1\| = \sqrt{x_{11}^2 + x_{12}^2}$$

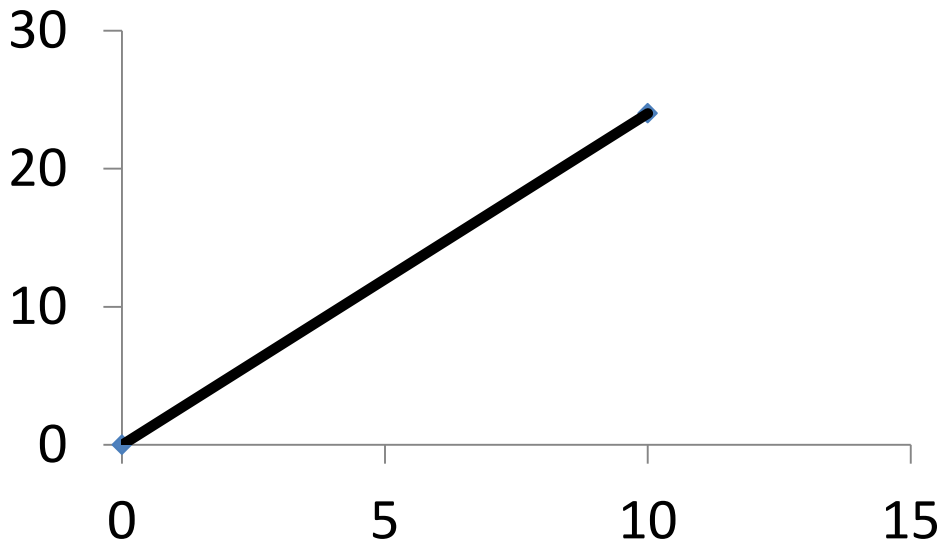
PITÁGORAS

Comprimento de um Vetor

- Qual a norma deste vetor?

$$x_{11} = 10; x_{12} = 24$$

$$S1 = [10 \ 24]$$



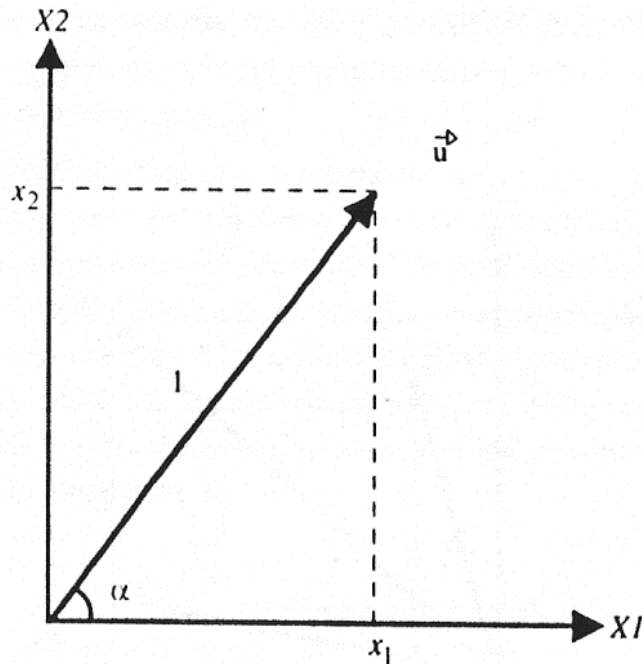
$$\|S1\| = \sqrt{10^2 + 24^2}$$

$$\|S1\| = 26$$

Vetores com Norma 1

- Quando o comprimento do vetor é igual a 1, diz-se que ele tem norma 1.

Norma = 1



$$\|\vec{u}\| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} = 1$$

Figura 4 – Vetor $\vec{u}$ de norma 1.

Normalização de um Vetor



Muito importante

- A representação vetorial simultânea de diversas variáveis exige que todos os vetores representativos dessas variáveis tenham norma 1: normalização.

Normalização de um Vetor

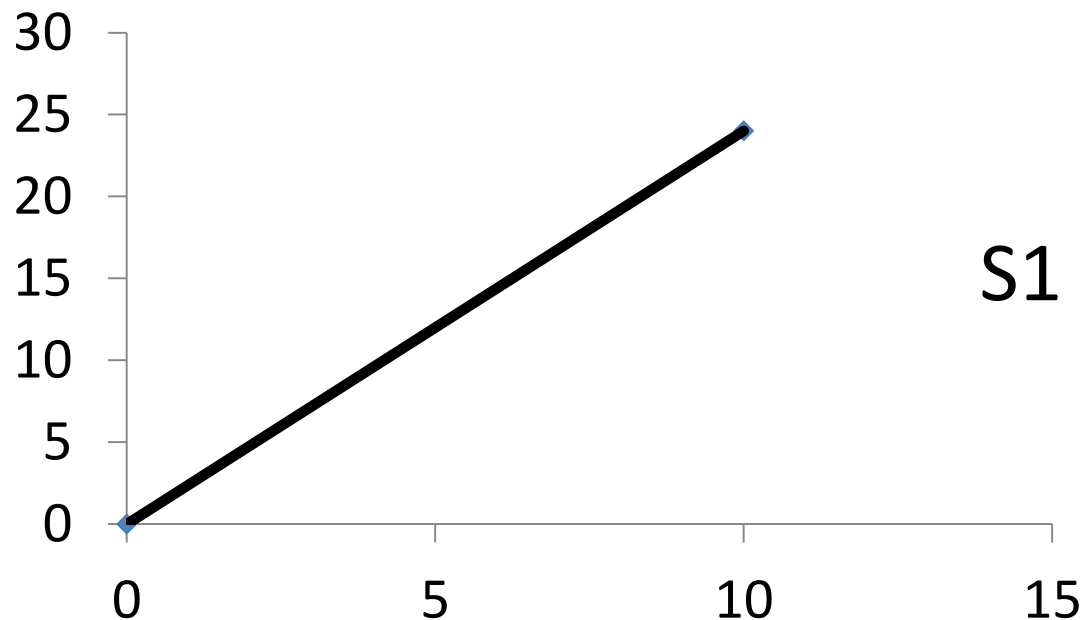
- Divide-se cada elemento do vetor por sua norma.

$$\vec{U} = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 8 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{1^2+4^2+8^2}} \\ \frac{4}{\sqrt{1^2+4^2+8^2}} \\ \frac{8}{\sqrt{1^2+4^2+8^2}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,111 \\ 0,444 \\ 0,888 \end{bmatrix}$$

O vetor U tem agora norma 1, pois $0,111^2 + 0,444^2 + 0,888^2 = 1$

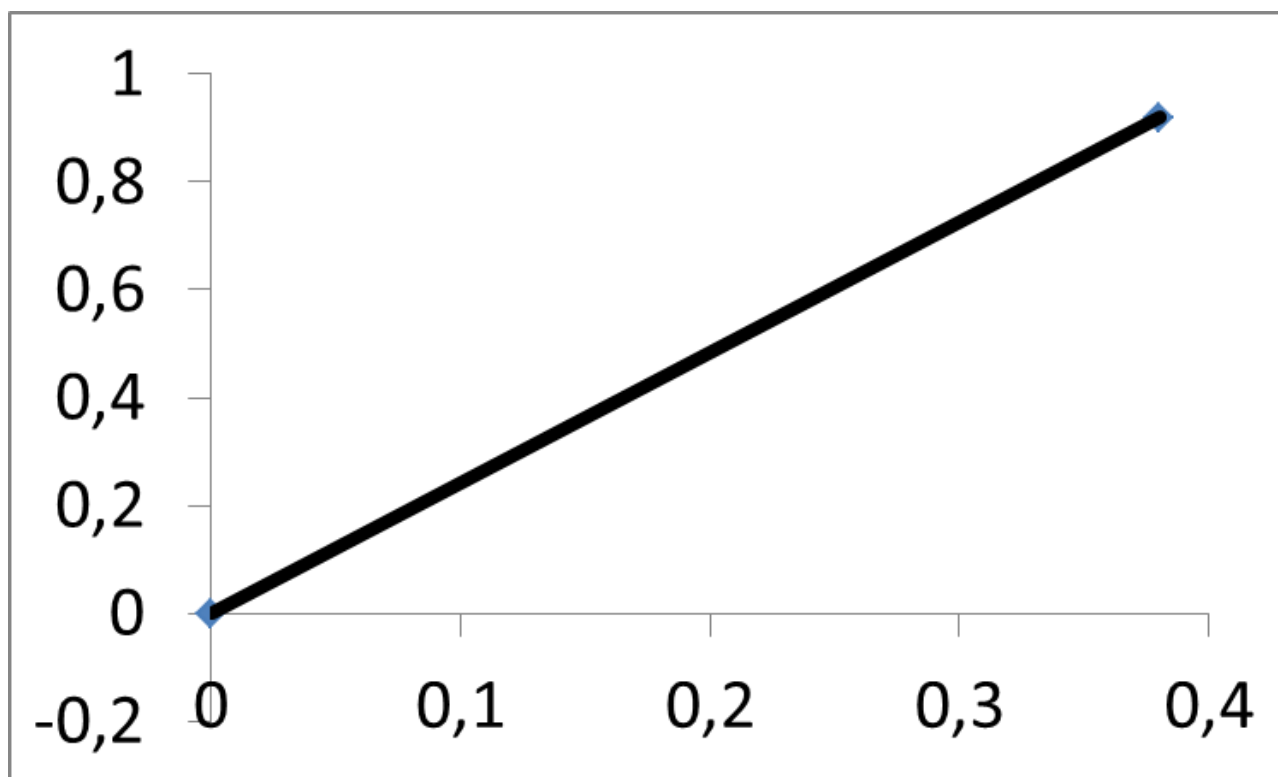
Exercício: normalizar este vetor!

$$\begin{array}{c|cc} & E1 & E2 \\ S1 & 10 & 24 \end{array}$$



Vetor normalizado!

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} \mathbf{E1} & \mathbf{E2} \end{array} \\ \mathbf{S1} & \left| \begin{array}{cc} 0,3846 & 0,9231 \end{array} \right| \end{array}$$



Exercício:

Normalizar os vetores – S1 e S2

	E1	E2
S1	10	24
S2	5	9

Vetores normalizados!!

	E1	E2
S1	10	24
S2	5	9



	E1	E2
S1	0,3846	0,9231
S2	0,4856	0,8742

Ortogonalidade de dois Vetores

- Sejam dois vetores-espécie $S1$ e $S2$ diferentes de zero, fazendo um ângulo α entre eles.
- Existe a seguinte relação:

$$\cos \alpha = \frac{S1 \cdot S2}{\|S1\| \cdot \|S2\|}$$

- O cosseno do ângulo entre dois vetores é igual à razão entre o produto escalar e o produto das suas normas
- Essa relação oferece uma importante aplicação estatística:

Ortogonalidade de dois Vetores

$$\cos \alpha = \frac{S1 \cdot S2}{\|S1\| \cdot \|S2\|}$$

	E1	E2
S1	10	24
S2	5	9

$$S1 \cdot S2 = ?$$

$$\|S1\| = ?$$

$$\|S2\| = ?$$

Ortogonalidade de dois Vetores

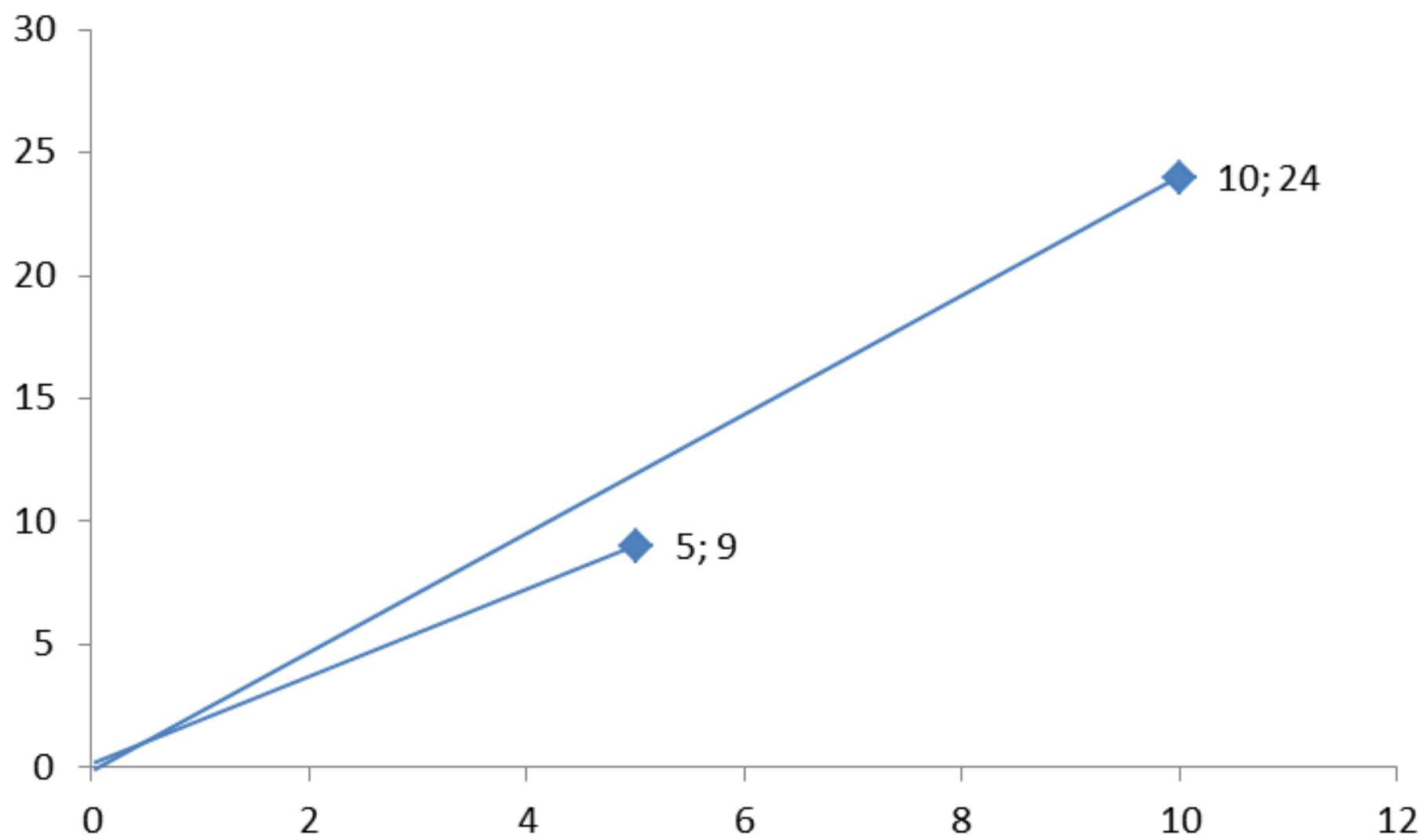
$$\cos \alpha = \frac{S1.S2}{\|S1\| . \|S2\|}$$

$$S1.S2 = 266$$

$$\|S1\| = 26$$

$$\|S2\| = 10,2956$$

$$\cos \alpha = 0,9937; \alpha = 6,43^\circ$$



Vetores com norma 1

No caso de vetores com norma 1, a equação se simplifica:

$$\cos \alpha = S1.S2$$

$$\cos \alpha = \frac{S1.S2}{\|S1\|. \|S2\|}$$

Vetores normalizados!!

	E1	E2
S1	10	24
S2	5	9



	E1	E2
S1	0,3846	0,9231
S2	0,4856	0,8742

Ortogonalidade de dois Vetores normalizados

$$\cos \alpha = \frac{S1.S2}{\|S1\| . \|S2\|}$$

$$S1.S2 = ?$$

$$\|S1\| = 1$$

$$\|S2\| = 1$$

$$S1.S2 = (0,3846.0,4856)+(0,9231.0,8742)$$

$$S1.S2 = 0,9937 \mid \cos \alpha = 0,9937; \alpha = 6,43^\circ$$

Centralização de dados

- Sejam as duas espécies S1 e S2 nas duas estações de coleta/parcelas

	<i>E1</i>	<i>E2</i>
<i>S1</i>	10	24
<i>S2</i>	5	9

Pergunta: O que significa centralização de dados?

Resposta: Significa subtrair de cada elemento do vetor, a média dos elementos deste vetor.

O que isso significa?

É a distância entre cada elemento e a média, i.é. o desvio em relação à média.

Exemplo de centralização

- Centralização: Ex. $X_{11} - \overline{m_1}$

	$E1$	$E2$
$S1$	10	24
$S2$	5	9

Precisamos das médias de $S1$ e $S2$: $\overline{m_1}$ e $\overline{m_2}$

Exemplo de centralização

- Centralização: Ex. $X_{11} - \overline{m_1}$

	<i>E1</i>	<i>E2</i>
<i>S1</i>	10	24
<i>S2</i>	5	9

Médias: $\overline{m_1} = 17$

$\overline{m_2} = 7$

Exemplo

- Centralização:

	$E1$	$E2$
$S1$	$10 - 17$	$24 - 17$
$S2$	$5 - 7$	$9 - 7$

- Vetor centralizado ou centrado

	$E1$	$E2$
$S1$	-7	7
$S2$	-2	2

Dados centralizados: aplicação

- Sejam duas espécies $S1$ e $S2$, contadas em n amostras, e de médias $m1$ e $m2$.
- Suponha-se os valores efetivos de cada amostra centrados. Cada espécie terá a seguinte representação vetorial:

$$S1 = (x_{11} - m1, x_{12} - m1)$$

$$S2 = (x_{21} - m2, x_{22} - m2)$$

Cálculo da norma de cada vetor centralizado

$$\|S1\| = \sqrt{(x_{11}-m1)^2 + (x_{12}-m1)^2}$$

$$\|S2\| = \sqrt{(x_{21}-m2)^2 + (x_{22}-m2)^2}$$

Cálculo da norma de cada vetor centralizado

$$\|S1\| = \sqrt{(x_{11}-m1)^2 + (x_{12}-m1)^2} = \sqrt{SQD1}$$

$$\|S2\| = \sqrt{(x_{21}-m2)^2 + (x_{22}-m2)^2} = \sqrt{SQD2}$$

Para dados centrados, a norma de um vetor expressa a **Soma dos Quadrados dos Desvios (SQD)**; i.e. a dispersão dos dados em relação à média.

Produto escalar de dois vetores centralizados

$$[(x_{11} - m1). (x_{21} - m2)] + [(x_{12} - m1). (x_{22} - m2)]$$

$$=\sum_{i=1}^n (x_{1i} - m1). (x_{2i} - m2) = SPD_{1,2}$$

O produto escalar de dois vetores centralizados é igual à **Soma dos Produtos dos Desvios (SPD)**.

Ortogonalidade de dois Vetores centralizados

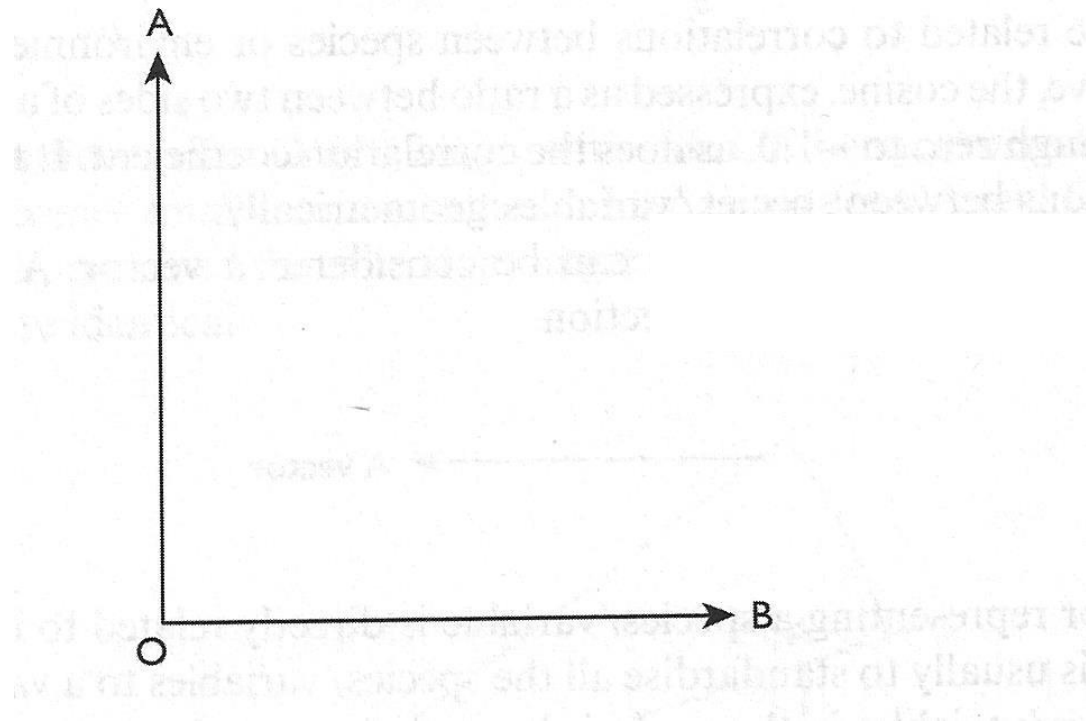
$$\cos \alpha = \frac{SPD_{1,2}}{\sqrt{SQD_1 \cdot SQD_2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Coeficiente de correlação linear de Pearson (r)

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}}$$



1. Qual o ângulo entre A e B?

R. 90° ?

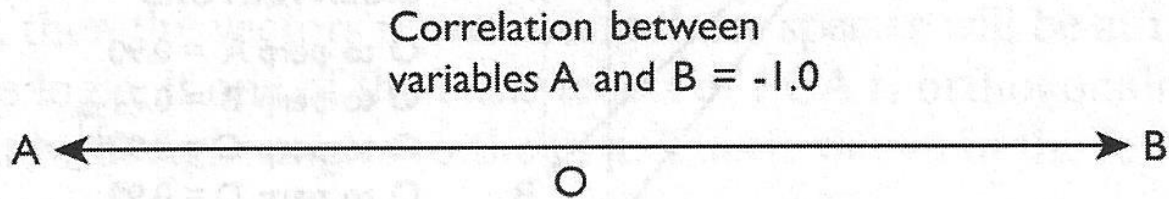
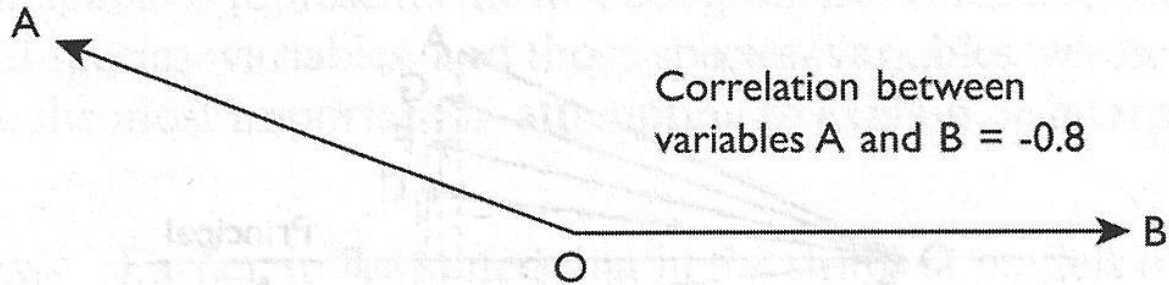
2. Qual o cosseno de 90° ?

O



AB

Correlation between
variables A and B = 1.0



Estudo Dirigido I

1. Defina Matriz e apresente as matrizes:

- a) Quadrada
- b) Diagonal
- c) Escalar
- d) Identidade
- e) Simétrica
- f) Nula
- g) Transposta

Estudo Dirigido I

2. Defina as quatro principais categorias escalares em que as variáveis podem ser enquadradas:
 - a) Escala de razão
 - b) Escala de intervalo
 - c) Escala ordinal
 - d) Escala nominal

Estudo Dirigido I

3. Quais são as propriedades da distribuição normal?
4. O que é uma variável normal padronizada?
5. Com se lê a seguinte notação? O que significa?
$$X \sim N(0,1)$$
6. Suponha que $X \sim N(8,4)$. Qual a probabilidade de que X assumirá um valor entre $X_1 = 4$ e $X_2 = 12$?
7. Apresente o Teorema Central do Limite

1.1 - Dados multidimensionais

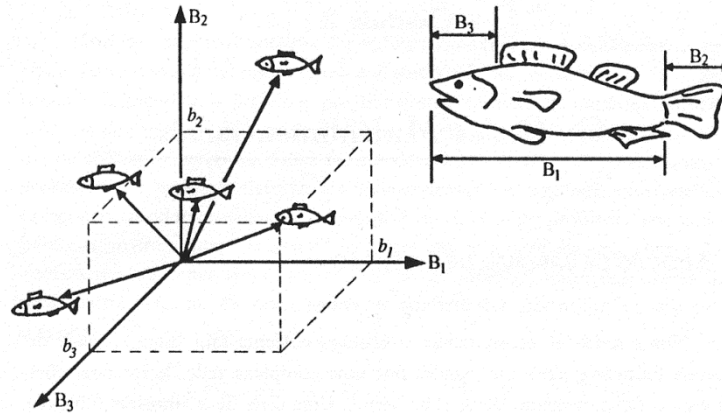


Figura 6 – Representação vetorial de uma variável multidimensional.
Cada peixe posiciona-se no espaço a três dimensões, de acordo com seus valores em B_1 , B_2 e B_3 .

Tabela 2. Exemplo de uma Variável com Três Dimensões

Biometrias Peixes	B_1	B_2	B_3
X1	x_{11}	x_{12}	x_{13}
X2	x_{21}	x_{22}	x_{23}
X3	x_{31}	x_{32}	x_{33}
X4	x_{41}	x_{42}	x_{43}
X5	x_{51}	x_{52}	x_{53}

Amostras *versus* variáveis

2 - Os dados multidimensionais

- Análises multivariadas
 - Agrupamento e ordenação: **distribuição dos pontos-objetos no espaço de m descritores.**
- Utiliza-se cálculo matricial: **matriz com os coeficientes de semelhança**
- Entre as amostras
 - Análise em modo Q
- Entre descritores
 - Análise em modo R

Os diversos tipos de dados

- Quantitativos
 - Variável aleatória discreta: contagem
 - Variável aleatória contínua: medidas de variáveis químicas e físicas
- Semiquantitativos
 - Dados oriundos de variáveis quantitativas codificadas através de valores inteiros crescentes.
 - É útil quando, por motivo metodológico, há impossibilidade de medir com precisão a variável quantitativa.

Exemplos de Dados Semiquantitativos

Exemplo 1: número de células de fitoplâncton

Células/ml		Códigos
0-10	→	1
11-100	→	2
101-1000	→	3
1001-10000	→	4

Exemplo 2: recobrimento do substrato por vegetação, estimado visualmente

Recobrimento (%)		Códigos
< 10	→	1
10-25	→	2
26-50	→	3
51-75	→	4
76-100	→	5

Exemplo 3: batimento das ondas no litoral marinho

Modo		Códigos
Calmo	→	1
Agitado	→	2
Batido	→	3

Dados Qualitativos

- Qualitativos
 - Para cada objeto só há uma alternativa:
 - sim/não; tudo/nada; 1/0.
 - Presença ou ausência de uma espécie na amostra:
 - 1 - presença; 0 - ausência

Exemplo – Dados Qualitativos

- Definir tipos de substrato em estações de coleta

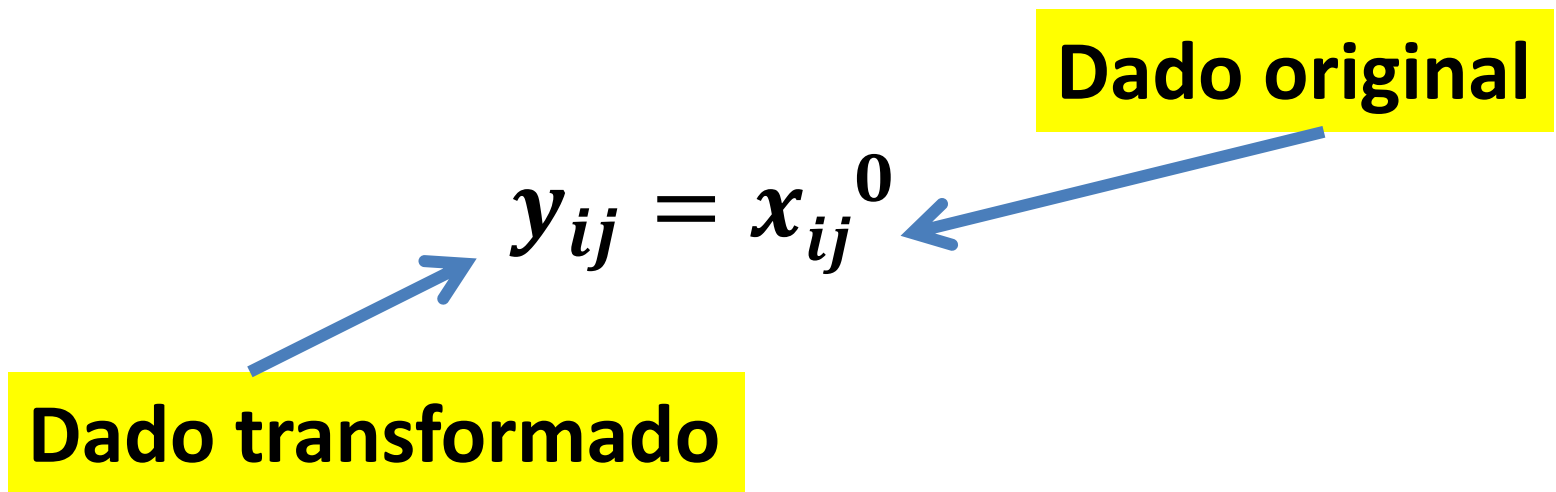
Estações	Tipos de substratos			
	Calcário	Cascalho	Areia	Lama
A	0	1	0	0
B	0	0	1	0
C	1	0	0	0
D	0	0	0	1
E	0	1	0	0

Transformação de dados

- Motivos para a transformação ou codificação de dados originais:
 - Ajustar os dados a uma distribuição normal
 - Homogeneizar variâncias
 - Eliminar o efeito de diferentes unidades de medida
 - Diminuir o efeito de valores discrepantes
 - Equilibrar a importância relativa de espécies comuns e raras
- É essencial saber sobre as consequências de uma determinada transformação antes de prosseguir com a análise.

Transformação em códigos binários

A codificação em dados binários pode ser útil quando deseja-se, por exemplo, analisar uma tabela que contenha dados quantitativos e qualitativos



Exemplo

- Estudando a ecologia da alga macroscópica *Pterocladia* foram consideradas as seguintes variáveis:
 - Quatro estações de coleta
 - Porcentagem de recobrimento de *Pterocladia*
 - Ocorrência de uma alga parasita: *Gelidiocolax*
 - Hidrodinamismo
 - Temperatura média da água

Exemplo – dados originais

Tabela 4. *Dados Brutos de um Exemplo de Estudo Ecológico*

Estações	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Pterocladia</i> (%)	25	60	75	10
<i>Gelidiocolax</i>	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Hidrodinamismo	Fraco	Médio	Forte	Fraco
Temperatura (°C)	21,0	17,5	15,0	24,0

Exemplo – dados transformados

Tabela 5. *Codificação Binária da Tabela 4*

Estações	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Pterocladia</i> (<50%)	1	0	0	1
<i>Pterocladia</i> (>50%)	0	1	1	0
<i>Gelidiocolax</i> presente	0	1	1	0
<i>Gelidiocolax</i> ausente	1	0	0	1
Hidrodinamismo fraco	1	0	0	1
Hidrodinamismo médio	0	1	0	0
Hidrodinamismo forte	0	0	1	0
Temperatura < 18°C	0	1	1	0
Temperatura > 18°C	1	0	0	1

Padronização de Dados Quantitativos

- A análise comparativa de descritores quantitativos exige que eles sejam expressos na mesma escala de valores:
 - Temperatura: °C
 - Teores em nitrato: μmol
 - Clorofila: $\mu\text{g.L}^{-1}$
 - Densidade de Fluxo de Fótons: $\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$
 - DAP: cm
 - DAC: mm
 - Altura: m
 - Volume: m^3
 - ...

Como padronizar?

1º passo: centralizar

- Consiste em subtrair a média $\bar{x}_i$ da variável i de cada valor x_{ij} .
- O resultado é uma variável com média zero.

$$y_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_i$$

2º passo: reduzir

- Além de retirar a média (centrar), divide-se cada valor pelo desvio-padrão da variável.

$$y_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_i) / s_{x_i}$$

Variável normal padronizada

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

1. Quais são as propriedades de uma distribuição normal padrão?

Normalização de Dados Quantitativos

- Transforma a distribuição de frequências em distribuição normal: **simétrica em relação à média**.
- Permite reduzir a heterogeneidade de variâncias (heterocedasticidade) – exigido em testes de comparação de médias e ANOVA, p.ex.
- Diminui a assimetria de uma distribuição de frequência, provocada pela ocorrência de alguns valores discrepantes: *outliers*.
 - *Outliers* prejudicam a interpretação de análises (ordenação) por serem responsáveis pela maior parte da variância, mascarando a estrutura dos demais dados.

Relativizar

- Consiste em subtrair de cada dado o valor mínimo da variável e dividir pela amplitude de variação dessa variável.
- Os dados passam a variar de entre 0 e 1.

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{máx} - x_{min}}$$

Transformação logarítmica

$$y_{ij} = \log(x_{ij} + c)$$

- Base logarítmica provoca mudança linear na escala.
- A constante c é somada a valores negativos ou nulos.
- Recomendada para distribuições fortemente assimétricas
 - Ex. grande número de amostras com poucos indivíduos e poucas amostras com muitos indivíduos.
- A presença de numerosos valores zero (ausência de indivíduos na amostra) dificulta e até impossibilita a normalização dos dados.
 - Não há solução satisfatória, mas pode-se aumentar a amostra para tentar aumentar as ocorrências ou eliminar espécies raras.

Transformação logarítmica

Tabela 6. *Densidades de Fitoplâncton*
(Valores brutos e após a transformação logarítmica)

Cel./litro	100.log (cel./litro)
300	248
10500	402
1200000	608
520000	572
1500	318

Transformação raiz quadrada

$$y_{ij} = \sqrt{x_{ij}}$$

- Menos drástica do que a logarítmica

Exercício

1. Faça a transformação raiz quadrada dos dados da Tabela e compare as diferenças.

Cel/litro	100.Log (cel/litro)	Raiz (cel/litro)
300	248	
10.500	402	
1.200.000	608	
520.000	572	
1.500	318	

Exercício

2. Padronize e calcule a média e a variância.

	Cel/litro	100.Log (cel/litro)	Raiz (cel/litro)
	300	248	
	10.500	402	
	1.200.000	608	
	520.000	572	
	1.500	318	
Média			
Variância			

Dica para decidir sobre uma transformação

- Calcular a equação de regressão entre os desvios-padrão (s_x) e o logaritmo das médias ($\bar{x}$):

$$s_x = a \cdot \log(\bar{x}) + b + \varepsilon$$

1. Se “a” for igual a zero, não há necessidade de transformação;
2. Se for igual a 1, recomenda-se: $\log(x)$
3. Se for igual a 5, recomenda-se raiz de x

Testes de normalidade

- Distribuição de frequências
 - Plurimodal: nenhuma transformação normalizante é possível – várias populações.
 - Unimodal: verificar assimetria (*Skewness*) e achatamento (curtose).

$$\text{Assimetria: } \alpha_3 = \frac{\sum (x - \bar{x})^3}{s^3_x (n-1)}$$

$$\text{Curtose: } \alpha_4 = \frac{\sum (x - \bar{x})^4}{s^4_x (n-1)} - 3$$

Assimetria

- Se $\alpha_3 = 0$, a distribuição é normal;
- Se $\alpha_3 > 0$, assimétrica à direita (positiva);
- Se $\alpha_3 < 0$, assimétrica à esquerda (negativa)

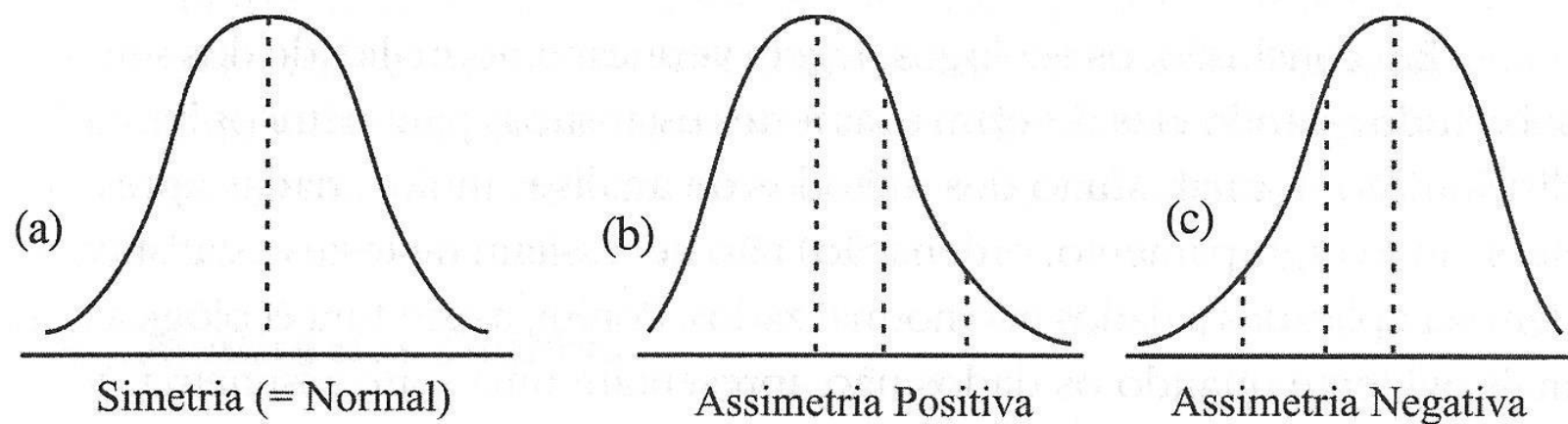


Figura 7 Forma de distribuição de frequência de uma variável, de acordo com seu grau de assimetria.

Curtose

- Se $\alpha_4 = 0$, a distribuição é normal
 - **Mesocúrtica**;
- Se $\alpha_4 > 0$, pico relativamente alto
 - **Leptocúrtica**;
- Se $\alpha_4 < 0$, achatada
 - **Platicúrtica**

Curtose

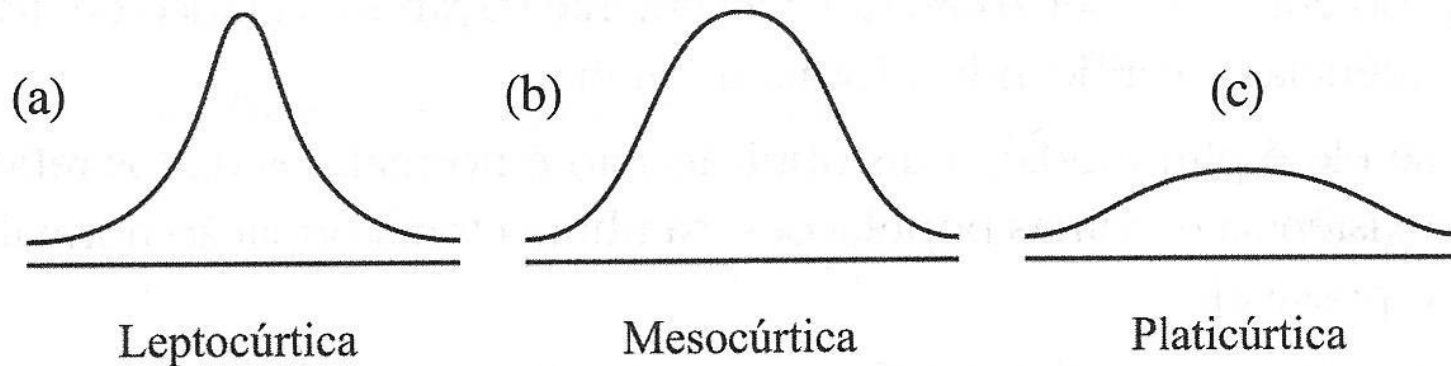


Figura 8 Forma de distribuição de frequência de uma variável, de acordo com a medida de curtose.

Testes para checar a normalidade dos dados

- Kolmogorov-Smirnov
- Shapiro & Wilk

Distribuição Normal

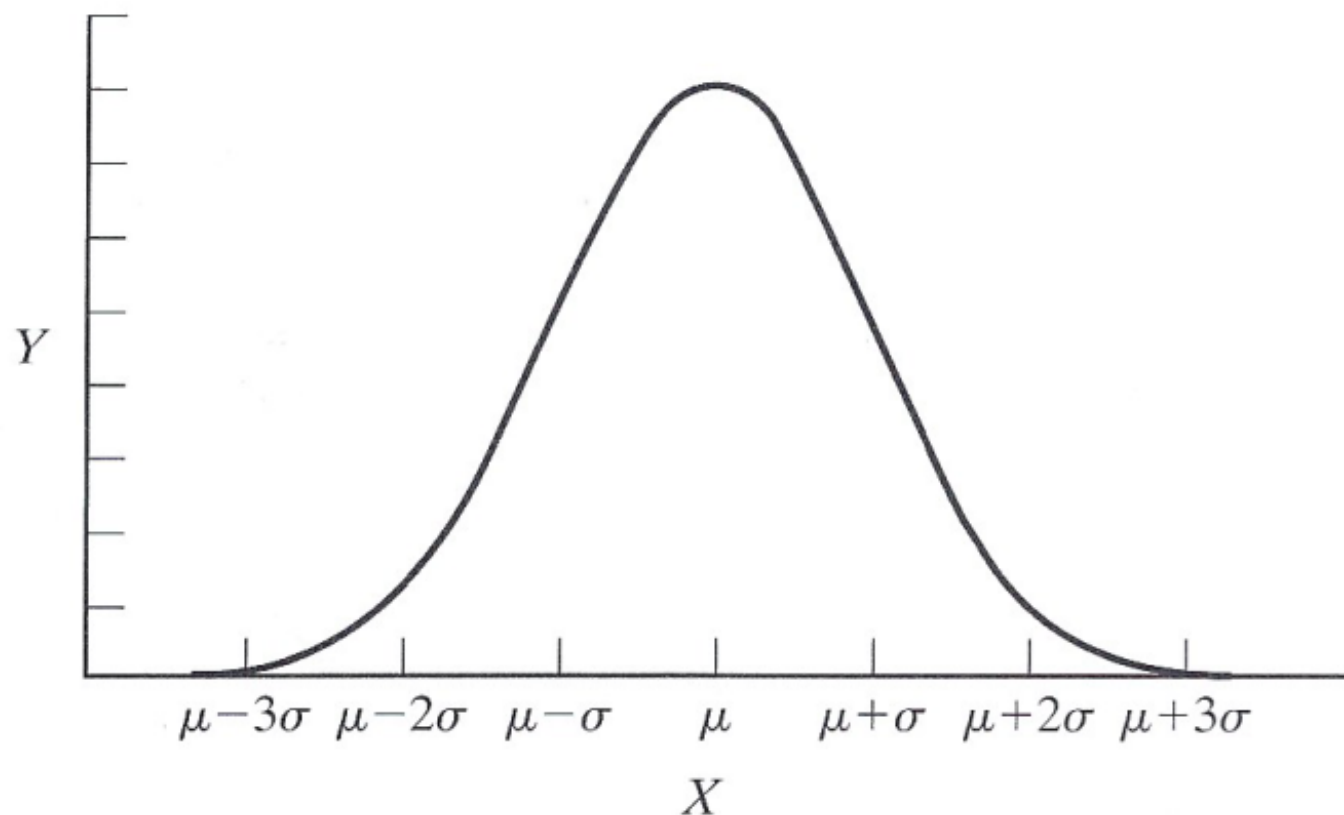


FIGURE 6.1: A normal distribution.

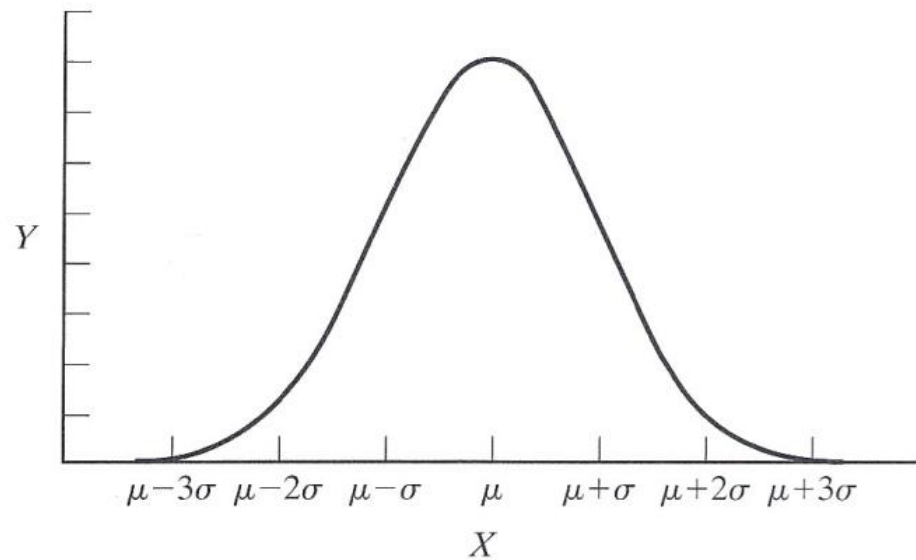


FIGURE 6.1: A normal distribution.

π (lowercase Greek pi),^{*} which equals 3.14159...; and e (the base of Naperian, or natural, logarithms),[†] which equals 2.71828.... There are also two parameters (μ and σ^2) in the equation. Thus, for any given standard deviation, σ , there are an infinite number of normal curves possible, depending on μ . Figure 6.2a shows normal curves for $\sigma = 1$ and $\mu = 0, 1$, and 2. Likewise, for any given mean, μ , an infinity of normal curves is possible, each with a different value of σ . Figure 6.2b shows normal curves for $\mu = 0$ and $\sigma = 1, 1.5$, and 2.

A normal curve with $\mu = 0$ and $\sigma = 1$ is said to be a *standardized normal curve*. Thus, for a standardized normal distribution,

$$Y_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-X_i^2/2}. \quad (6.2)$$

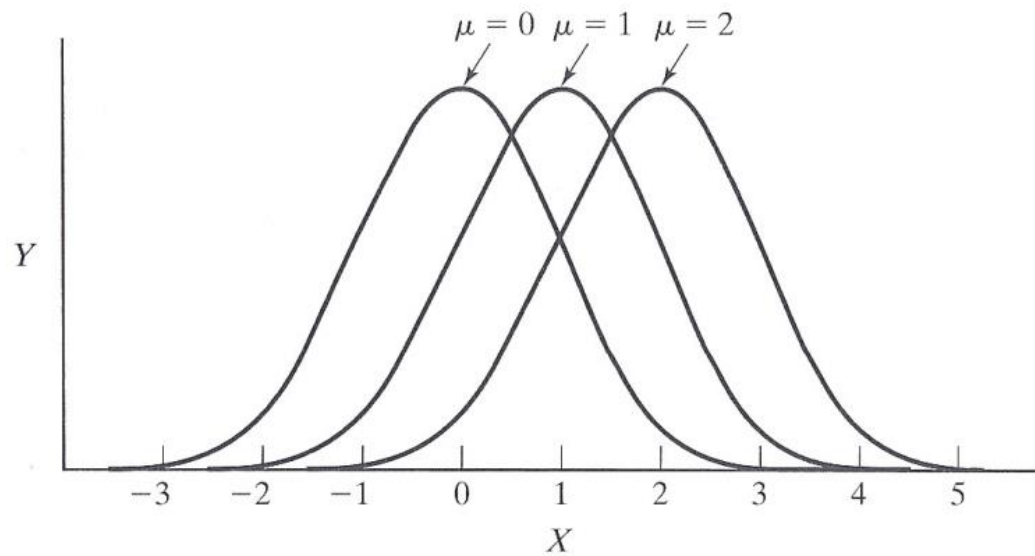


FIGURE 6.2a: Normal distribution with $\sigma = 1$, varying in location with different means (μ).

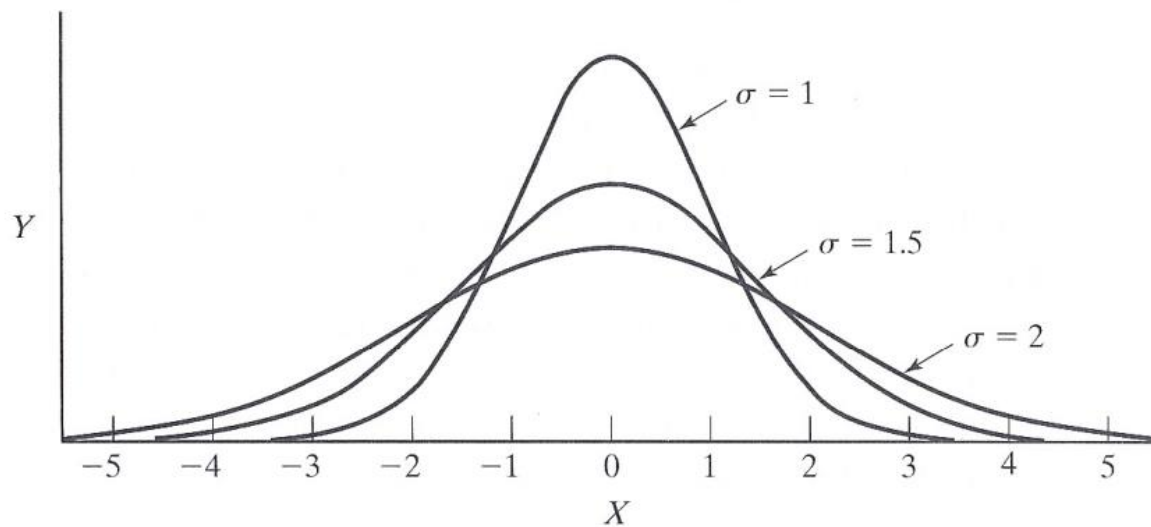


FIGURE 6.2b: Normal distributions with $\mu = 0$, varying in spread with different standard deviations (σ).

Distribuição Normal

Using the preceding considerations of the table of normal deviates (Table B.2), we can obtain the following information for measurements in a normal population:

The interval of $\mu \pm \sigma$ will contain 68.27% of the measurements.*

The interval of $\mu \pm 2\sigma$ will contain 95.44% of the measurements.

The interval of $\mu \pm 2.5\sigma$ will contain 98.76% of the measurements.

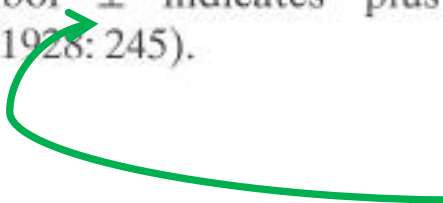
The interval of $\mu \pm 3\sigma$ will contain 99.73% of the measurements.

50% of the measurements lie within $\mu \pm 0.67\sigma$.

95% of the measurements lie within $\mu \pm 1.96\sigma$.

97.5% of the measurements lie within $\mu \pm 2.24\sigma$.

*The symbol “ $\pm$ ” indicates “plus or minus” and was first published by William Oughtred in 1631 (Cajori, 1928: 245).



Curiosidade

Homocedasticidade

- Trata da dispersão dos dados em torno da média.
- Homogeneidade dessas dispersões entre amostras de dados que queremos comparar.
 - Se estamos comparando duas médias, avaliamos se a variabilidade dos dados entre elas é similar.

Homocedasticidade - Exemplo

1. Os dados usados para o cálculo de uma média 1 têm alta variabilidade
2. Os dados usados para o cálculo de uma média 2 têm variabilidade reduzida
 - Essas amostras não têm o mesmo perfil de dispersão (variabilidade) dos dados.
 - São heterocedásticas (heterogêneas).
 - Se as variâncias fossem iguais ou próximas entre si, então seriam homocedásticas (homogêneas).

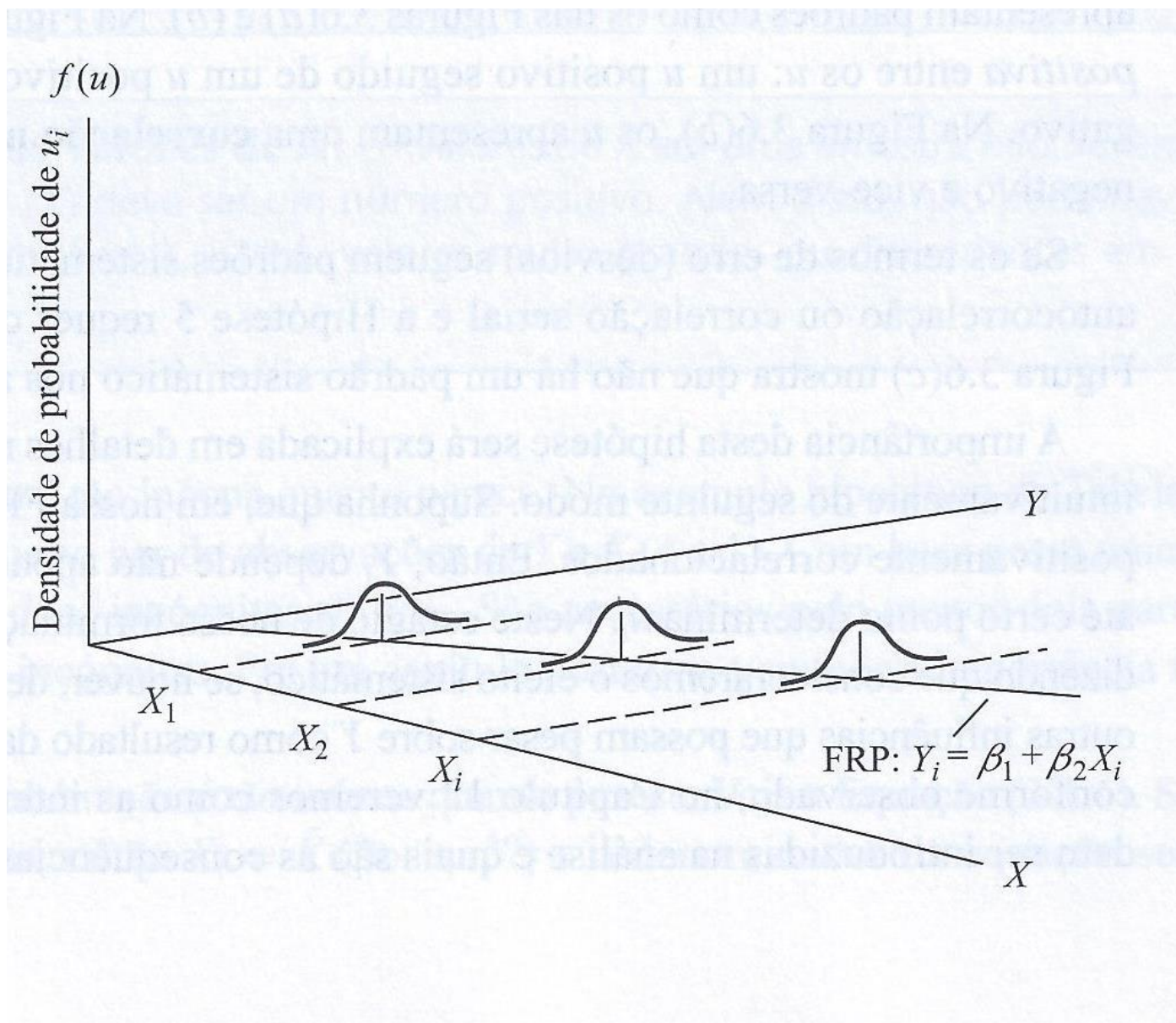
Cálculo da Homocedasticidade

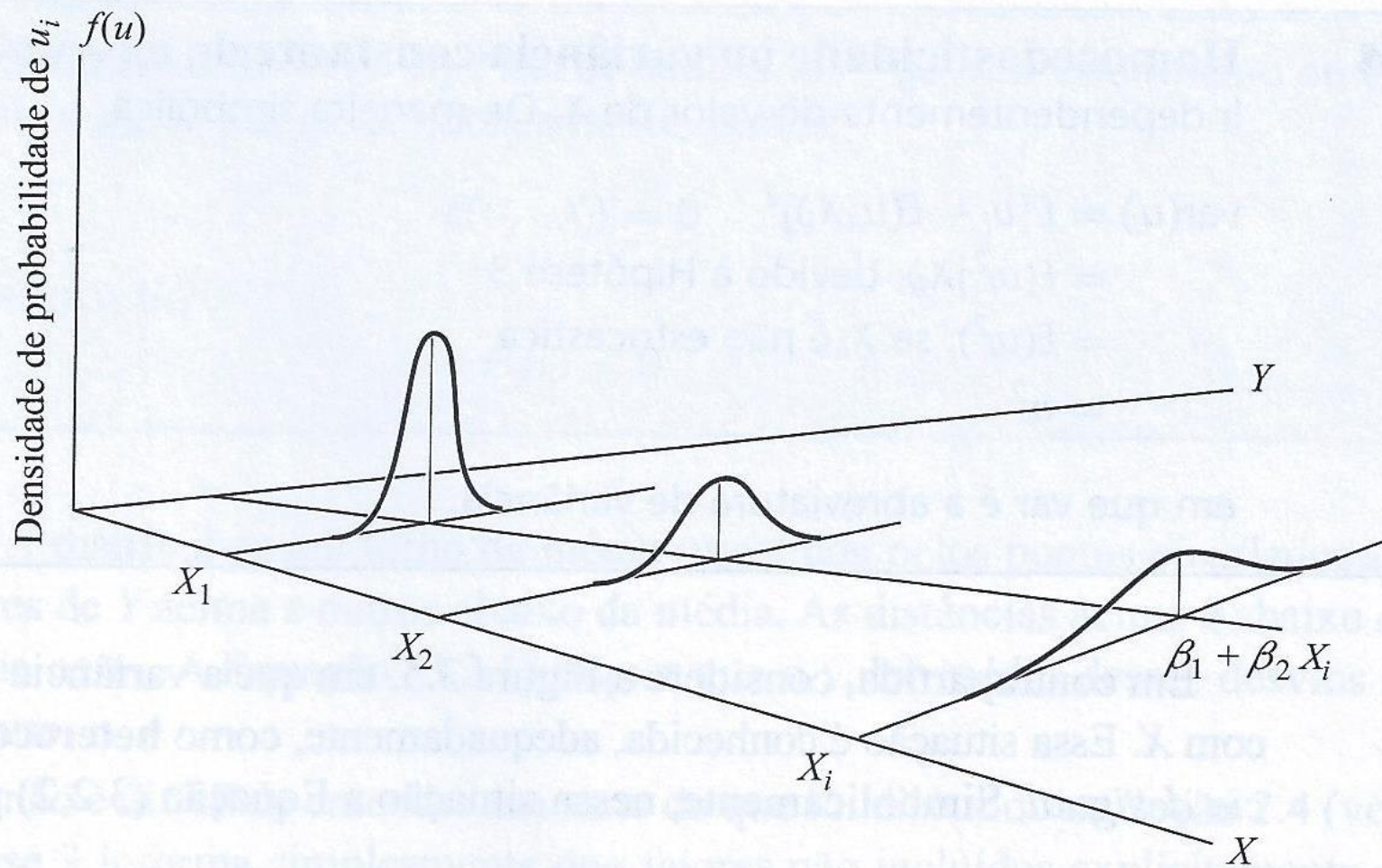
- Ao dividir a variância de um grupo (a maior) pela variância de um outro grupo (a menor), a relação entre elas indicará o quanto uma variância é maior do que a outra.
- Exemplo:
 - Amostra 1: DP = 1,5; variância = $(1,5)^2 = 2,25$
 - Amostra 2: DP = 2,5; variância = $(2,5)^2 = 6,25$

$$\text{Homocedasticidade} = 6,25/2,25 = 2,778.$$

Cálculo da Homocedasticidade

- Regra prática:
 - Se a relação entre as variâncias for menor do que 4, as amostras são homocedásticas;
 - Se > 4 , heterocedásticas.
- Testes apropriados:
 - Teste de Cochran;
 - Teste de Levene





Procedimentos para a realização dos exercícios da disciplina

- Programa PAST (Google)
- Manual do programa PAST
- Planilha no site do ProFloresta

Estudo Dirigido II

1. Na planilha de variáveis ambientais selecionar e copiar as variáveis
 - sombra_seca e sombra-chuva
2. Fazer análise exploratória dos dados: estatística descritiva
3. Testar a normalidade dos dados
4. Fazer o histograma
5. Testar a homocedasticidade (ANOVA)
6. Abrir o manual do programa e checar os princípios do teste de Levene.