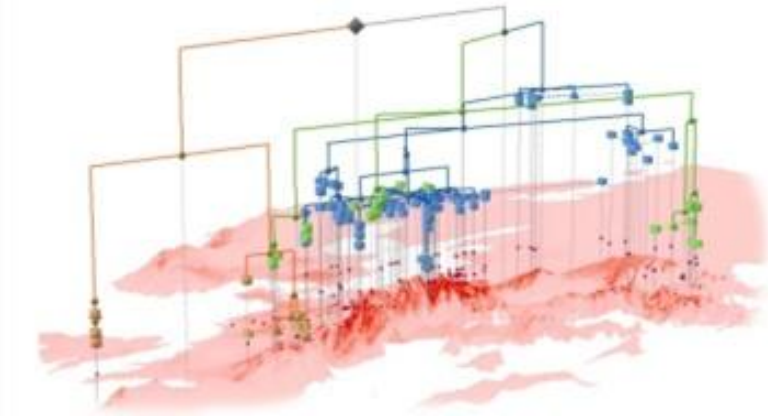


Princípios de Sistemática & Biogeografia

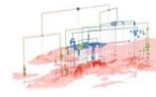


Página da disciplina:
<https://www.ib.usp.br/psb/>



Elen Arroyo Peres
Fernando Portella de Luna Marques
Renato Mello Silva
Instituto de Biociências – USP





Conceitos fundamentais da aula passada:

Essencialismo, Tipologismo e Fixismo

Homologia vs. Homoplasia

Seleção Natural: variabilidade, pressão seletiva e herança

Nova síntese e Sistemática Evolutiva (Gradismo)

Grupos monofiléticos, Zonas adaptativas e Grados

Desenvolvimento epistemológico da Sistemática:

Aristóteles – 384-322



Darwin – 1809-1882



Período essencialista

384 a.C.

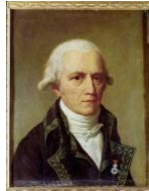
Carolus Linnaeus
1707-1778



Buffon
1707-1788



Lamarck
1744 -1829



St-Hilair
1772 -1844



Cuvier
1769 -1832



Mundo dinâmico

Resistência e Nova Síntese

Sistemática Evolutiva

1859

1936 - 1947

1960's

Ernest Mayr
1904 - 2005



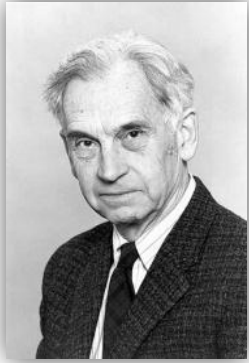
G.G. Simpson
1902 - 1984



Theodosius Dobzhansky
1900 -1975



Sistemática Evolutiva ou Taxonomia Evolutiva ou ainda Gradismo



Ernest Mayr
1904 - 2005



G.G. Simpson
1902 - 1984



Theodosius Dobzhansky
1900 - 1975

- Simpson (1961) e Mayr (1969): aproximação dos estudos em Evolução, Genética e Paleontologia.
- Genealogia por si só não era suficiente para criar classificações (sistema de referência).
- Sistemática deve incluir informações sobre: **ancestrais, processos e graus de mudanças evolutivas** além de genealogias.

Grado → nível evolutivo: requer o julgamento sobre a importância de determinados caracteres

Ponderação de informação → narrativa histórica proposta: subjetiva e autoritária

Filogenias → um dos elementos da classificação: uma filogenia pode gerar várias classificações

“Even if we had perfect understanding of phylogeny, it would be possible to convert it into many different classifications.” (Mayr, 1969)

Métodos empíricos e dedutivos

Prevalência de métodos indutivos de classificação: princípios pré-estabelecidos
→ ausência de replicação de resultados

Alguns caracteres são considerados “taxonomicamente mais importantes” e essenciais para a classificação



Arthur J. Cain (1921-1999)

Cain (1956:146): *“nós podemos apenas proceder empiricamente, simplesmente encontrando os sub-conjuntos existentes e quais são seus atributos, e não deduzi-los de princípios conhecidos e axiomas”.*

“La Física verdadera de las plantas es por lo tanto aquella que considera las relaciones de todas sus partes y cualidades, sin excepción de alguna; ella junta las plantas en familias naturales invariables, basadas en todas las relaciones posibles; facilita el estudio de la botánica al presentar el conocimiento desde el punto de vista más geral, sin limitarlo. Esta es la idea que debe tenerse del método natural; no hay otra y no puede haver otra, porque este método toma en consideración todos los aspectos en los cuales se puede poner atención.”

(Adanson, 1763:clv-clviii – Familles de Plantes; em Papavero e Llorente-Bousquets [1994, vol. IV])



Michael Adanson (1727-1806)

Métodos empíricos e dedutivos

Caminalculidae: Integral 2020

Grupo	Gênero	Espécies
Gabriel, Maria Fernanda	1	[1,16][24]
Gabriel, Maria Fernanda	2	[19][20]
Gabriel, Maria Fernanda	3	[2,3,4,12,22][9,13,14,28]
Pedro, Mario	1	[13,14][28]
Pedro, Mario	2	[1,16][24][9]
Pedro, Mario	3	[19][20]
Pedro, Mario	4	[3][4][2,12,22]
Nayara	1	[1,16][24]
Nayara	2	[19][20]
Nayara	3	[13,14][28]
Nayara	4	[2,22][9][12]
Nayara	5	[3][4]
Rafael	1	[1,16][24]
Rafael	2	[19][20]
Rafael	3	[2,12,22][3,4]
Rafael	4	[9][13,14,28]
Caroline, Lucas, Rhaissa	1	[19][20]
Caroline, Lucas, Rhaissa	2	[13,14][28]
Caroline, Lucas, Rhaissa	3	[2,12][22]
Caroline, Lucas, Rhaissa	4	[1,16][24]
Caroline, Lucas, Rhaissa	5	[3][4]
Caroline, Lucas, Rhaissa	6	[9]
Iris, Nicoly, Sabrina	1	[19][20]
Iris, Nicoly, Sabrina	2	[1,16][24]
Iris, Nicoly, Sabrina	3	[9][13,14][28]
Iris, Nicoly, Sabrina	4	[2,12,22][3,4]
Rachel, Luis Felipe, Sofia	1	[13,14][28]
Rachel, Luis Felipe, Sofia	2	[19][20]
Rachel, Luis Felipe, Sofia	3	[2,4][3,12][22]
Rachel, Luis Felipe, Sofia	4	[1][9][16,24]
Isaias, Lior, Marcos	1	[1,16][24]
Isaias, Lior, Marcos	2	[2][12][22]
Isaias, Lior, Marcos	3	[3][4]
Isaias, Lior, Marcos	4	[9]
Isaias, Lior, Marcos	5	[13,14][28]
Isaias, Lior, Marcos	6	[19][20]
Luize, Mauricio	1	[2,3,4,12,22][9]
Luize, Mauricio	2	[1,16,24][13,14]
Luize, Mauricio	3	[19,20][28]

Caminalculidae: Noturno 2020

Grupo	Gênero	Espécies
Luiza, Sarah	1	[19][20]
Luiza, Sarah	2	[1][16][24]
Luiza, Sarah	3	[13,14][28]
Luiza, Sarah	4	[2][3][4][9][12][22]
Lara, Nathalia, Rafael	1	[13,14][28]
Lara, Nathalia, Rafael	2	[1][16,24]
Lara, Nathalia, Rafael	3	[2,12][22]
Lara, Nathalia, Rafael	4	[19,20]
Lara, Nathalia, Rafael	5	[3,4][9]
Arthur, Bruna, Giovanna, M. Fernanda	1	[1,9,16,24][2,4,22][13,14,28]
Arthur, Bruna, Giovanna, M. Fernanda	2	[19][20]
Letícia, Laura, Carolina	1	[1][16,24]
Letícia, Laura, Carolina	2	[2,4,22][3,12]
Letícia, Laura, Carolina	3	[9][13,14,28]
Letícia, Laura, Carolina	4	[19][20]
Miranda, Heitor, Jorge	1	[19][20]
Miranda, Heitor, Jorge	2	[13,14][28]
Miranda, Heitor, Jorge	3	[2,12,22][3,4]
Miranda, Heitor, Jorge	4	[1,16][24]
Miranda, Heitor, Jorge	5	[9]
Gabriel, Lucas, Matheus	1	[1][16,24]
Gabriel, Lucas, Matheus	2	[19][20]
Gabriel, Lucas, Matheus	3	[2,4][3,12][22]
Gabriel, Lucas, Matheus	4	[9][13,14][28]
Cilana, Claudio	1	[13,14][28]
Cilana, Claudio	2	[2,4,22][3,12][9]
Cilana, Claudio	3	[1][16,24]
Cilana, Claudio	4	[19][20]
Amanda, Luana	1	[1,16,24][13,14][28]
Amanda, Luana	2	[2,4,22][3,12][9]
Amanda, Luana	3	[19][20]
Gustavo	1	[9][13,14][28]
Gustavo	2	[19][20]
Gustavo	3	[1,16][24]
Gustavo	4	[2,12,22][3,4]
Giovanna, Demétrio	1	[1][16][24]
Giovanna, Demétrio	2	[19][20]
Giovanna, Demétrio	3	[13,14][28]
Giovanna, Demétrio	4	[9]
Giovanna, Demétrio	5	[2,12][22]
Giovanna, Demétrio	6	[3,4]
Julie, Vinicius, Thiago	1	[1,16][24]
Julie, Vinicius, Thiago	2	[19][20]
Julie, Vinicius, Thiago	3	[9]
Julie, Vinicius, Thiago	4	[13,14][28]
Julie, Vinicius, Thiago	5	[2,12,22][3,4]
Vitória, Karina	1	[1,16][24]
Vitória, Karina	2	[19][20]
Vitória, Karina	3	[3][4]
Vitória, Karina	4	[2][12][22]
Vitória, Karina	5	[13,14][28]
Vitória, Karina	6	[9]

Métodos empíricos e dedutivos

Dendrogramacea: Integral 2020

Grupo	Gênero	Espécies
Gabriella, Danielle	1	[13][14]
Gabriella, Danielle	2	[5][6,12]
Gabriella, Danielle	3	[3,4][15,17][18]
Gabriella, Danielle	4	[7,11][16][18]
Gabriella, Danielle	5	[1][2,9,10]
Túlio, Isadora, Thammy	1	[1][2,3,4,9,10][15,17,18]
Túlio, Isadora, Thammy	2	[5,7,8,11,16][6,12,13][14]
Marcelo, Lucas	1	[1,2,9][4,10][13,14]
Marcelo, Lucas	2	[3][15,17,18]
Marcelo, Lucas	3	[5,12][6]
Marcelo, Lucas	4	[7,11,16][8]
João, Daniel, Michelle	1	[5,12][6][7,11][8][13,14][16]
João, Daniel, Michelle	2	[1][2,9,10][3,15][4][18]
João, Daniel, Michelle	3	[13][17]
Augusto, Marcos	1	[13][14]
Augusto, Marcos	2	[5,12][6]
Augusto, Marcos	3	[8]
Augusto, Marcos	4	[3][15][17][18]
Augusto, Marcos	5	[4]
Augusto, Marcos	6	[1][2][9][10][11][16]
Beatriz, Marcella, Ana Flávia	1	[1][2,9,10][3,4]
Beatriz, Marcella, Ana Flávia	2	[5,6,12][7,11,16][8][13,14]
Beatriz, Marcella, Ana Flávia	3	[15][17,18]
Jade, Tales	1	[1,2,9,10][3,4]
Jade, Tales	2	[5,6,12][7,8,11,13,14,16]
Jade, Tales	3	[15][17,18]
Agnes, Camila, Valentina	1	[1,2,7,8,9,10,11][5,6,12][13,14]
Agnes, Camila, Valentina	2	[3,4,15][17,18]
Naira, Cecília, Paloma	1	[1][2,9][3,4,10]
Naira, Cecília, Paloma	2	[15][17][18]
Naira, Cecília, Paloma	3	[5,6,12][7,11][8,16][13,14]
Diego, Luara	1	[13][14]
Diego, Luara	2	[5][6][12]
Diego, Luara	3	[8]
Diego, Luara	4	[1,2][9,10]
Diego, Luara	5	[7][11][16]
Diego, Luara	6	[4]
Diego, Luara	7	[3][15][17,18]
Daniel, Vitor, Matheus	1	[13,14][5,6,12]
Daniel, Vitor, Matheus	2	[3,15,17,18][4][8]
Daniel, Vitor, Matheus	3	[1][2,9,10][7,11,16]
Caroline, Gabriel, Washington, J. Gabriel	1	[5,7,8,11,16][6,12,13,14]
Caroline, Gabriel, Washington, J. Gabriel	2	[1,2,9][3,4][10]
Caroline, Gabriel, Washington, J. Gabriel	3	[15][17,18]

Dendrogramacea: Noturno 2020

Grupo	Gênero	Espécies
Arthur, Nicholas	1	[1][2][9][10]
Arthur, Nicholas	2	[3][4][15][17][18]
Arthur, Nicholas	3	[5][6][7][8][11][12][13][14][16]
Nathalia, Thiago, Guilherme	1	[5,12][6]
Nathalia, Thiago, Guilherme	2	[13][14]
Nathalia, Thiago, Guilherme	3	[7,11][8][16]
Nathalia, Thiago, Guilherme	4	[3][15][17][18]
Nathalia, Thiago, Guilherme	5	[1][2,9,10][4]
Isabella, Augusto, Bruno	1	[1][2,9,10][3,4]
Isabella, Augusto, Bruno	2	[5,12][6]
Isabella, Augusto, Bruno	3	[15][17,18]
Isabella, Augusto, Bruno	4	[7,11,16][8][13,14]
Isabelle, Matheus	1	[3][15,17][18]
Isabelle, Matheus	2	[1][2,9,10][4]
Isabelle, Matheus	3	[7,11][8][16]
Isabelle, Matheus	4	[13][14]
Isabelle, Matheus	5	[5,12][6]
Mariana, Leon, Jady	1	[3][15,17][18]
Mariana, Leon, Jady	2	[1][2,9,10][4]
Mariana, Leon, Jady	3	[7,11][8][16]
Mariana, Leon, Jady	4	[13][14]
Mariana, Leon, Jady	5	[5,12][6]
Estela, Vinicius	1	[1][2][9][10][13][14]
Estela, Vinicius	2	[3,4][8][15][17][18]
Estela, Vinicius	3	[7][11][16]
Estela, Vinicius	4	[5][6,12]
Ana Luisa, Willian	1	[1][2][9][10][13][14]
Ana Luisa, Willian	2	[3,4][8][15][17][18]
Ana Luisa, Willian	3	[7][11][16]
Ana Luisa, Willian	4	[5][6,12]
Ana Clara, Luisa, Vitor	1	[3,4][15,17,18]
Ana Clara, Luisa, Vitor	2	[5,6,12][7,11,16][8][13,14]
Ana Clara, Luisa, Vitor	3	[1][2,9,10]
Giovanni, Kenya, Leonardo	1	[1,2,9][3,4][10]
Giovanni, Kenya, Leonardo	2	[5,6,12][7,11,16][8][13,14]
Giovanni, Kenya, Leonardo	3	[15][17,18]
Gilberto, Adriana	1	[15][17][18]
Gilberto, Adriana	2	[1][2,9,10][3][4]
Gilberto, Adriana	3	[5,12][6]
Gilberto, Adriana	4	[7,11][8][13,14][16]

Métodos empíricos e dedutivos

→ Variação no número de espécies e gêneros por grupo:

Caminalculidae: Integral 2020

Grupo (N = 9)	Gênero	Espécies
Isaias, Lior, Marcos	6	12
Caroline, Lucas, Rhaissa	6	11
Nayara	5	11
Pedro, Mario	4	10
Rachel, Luis Felipe, Sofia	4	10
Iris, Nicolý, Sabrina	4	9
Rafael	4	8
Gabriel, Maria Fernanda	3	6
Luize, Mauricio	3	6

Caminalculidae: Noturno 2020

Grupo (N = 12)	Gênero	Espécies
Vitória, Karina	6	12
Giovanna, Demétrio	6	11
Lara, Nathalia, Rafael	5	9
Miranda, Heitor, Jorge	5	9
Julie, Vinicius, Thiago	5	9
Luiza, Sarah	4	13
Gabriel, Lucas, Matheus	4	10
Cilana, Claudio	4	9
Gustavo	4	9
Letícia, Laura, Carolina	4	8
Amanda, Luana	3	8
Arthur, Bruna, Giovanna, Maria Fernanda	2	5

Métodos empíricos e dedutivos

→ Variação no número de espécies e gêneros por grupo:

Dendrogramacea: Integral 2020

Grupo (N = 12)	Gênero	Espécies
Diego, Luara	7	15
Augusto, Marcos	6	16
Gabriella, Danielle	5	12
Marcelo, Lucas	4	9
João, Daniel, Michelle	3	13
Naira, Cecília, Paloma	3	10
Beatriz, Marcella, Ana Flávia	3	9
Daniel, Vitor, Matheus	3	8
Caroline, Gabriel, Washington, João Gabriel	3	7
Jade, Tales	3	6
Túlio, Isadora, Thammy	2	6
Agnes, Camila, Valentina	2	5

Dendrogramacea: Noturno 2020

Grupo (N = 10)	Gênero	Espécies
Nathalia, Thiago, Guilherme	5	14
Isabelle, Matheus	5	13
Mariana, Leon, Jady	5	13
Estela, Vinicius	4	16
Ana Luisa, Willian	4	16
Gilberto, Adriana	4	13
Isabella, Augusto, Bruno	4	10
Arthur, Nicholas	3	18
Giovanni, Kenya, Leonardo	3	9
Ana Clara, Luisa, Vitor	3	8

Métodos empíricos e dedutivos

→ Variação nas propostas de gêneros por grupos:

Caminalculidae: Integral 2020

Gênero (N = 39)	No de grupos (N = 9)
[19][20]	8
[1,16][24]	6
[13,14][28]	5
[3][4]	3
[2,12,22][3,4]	2
[9]	2
[1,16,24][13,14]	1
[1,16][24][9]	1
[1][9][16,24]	1
[19,20][28]	1
[2,12][22]	1
[2,22][9][12]	1
[2,3,4,12,22][9,13,14,28]	1
[2,3,4,12,22][9]	1
[2,4][3,12][22]	1
[2][12][22]	1
[3][4][2,12,22]	1
[9][13,14,28]	1
[9][13,14][28]	1

Caminalculidae: Noturno 2020

Gênero (N = 52)	No de grupos (N = 12)
[19][20]	11
[13,14][28]	7
[1,16][24]	4
[1][16,24]	4
[9]	4
[2,12,22][3,4]	3
[1][16][24]	2
[2,12][22]	2
[2,4,22][3,12][9]	2
[9][13,14][28]	2
[1,16,24][13,14][28]	1
[1,9,16,24][2,4,22][13,14,28]	1
[19,20]	1
[2,4,22][3,12]	1
[2,4][3,12][22]	1
[2][12][22]	1
[2][3][4][9][12][22]	1
[3,4]	1
[3,4][9]	1
[3][4]	1
[9][13,14,28]	1

Métodos empíricos e dedutivos

→ Variação nas propostas de gêneros por grupos:

Gênero (N = 44)	No de grupos (N = 12)
[13][14]	3
[15][17,18]	3
[4]	2
[5,12][6]	2
[8]	2
[1,2,7,8,9,10,11][5,6,12][13,14]	1
[1,2,9,10][3,4]	1
[1,2,9][3,4][10]	1
[1,2,9][4,10][13,14]	1
[1,2][9,10]	1
[1][2,3,4,9,10][15,17,18]	1
[1][2,9,10]	1
[1][2,9,10][3,15][4][18]	1
[1][2,9,10][3,4]	1
[1][2,9,10][7,11,16]	1
[1][2,9][3,4,10]	1
[1][2][9][10][11][16]	1
[13,14][5,6,12]	1
[13][17]	1
[15][17][18]	1
[3,15,17,18][4][8]	1
[3,4,15][17,18]	1
[3,4][15,17][18]	1
[3][15,17,18]	1
[3][15][17,18]	1
[3][15][17][18]	1
[5,12][6][7,11][8][13,14][16]	1
[5,6,12][7,11,16][8][13,14]	1
[5,6,12][7,11][8,16][13,14]	1
[5,6,12][7,8,11,13,14,16]	1
[5,7,8,11,16][6,12,13,14]	1
[5,7,8,11,16][6,12,13][14]	1
[5][6,12]	1
[5][6][12]	1
[7,11,16][8]	1
[7,11][16][18]	1
[7][11][16]	1

Dendrogramacea:
Noturno 2020

Gênero (N = 40)	No de grupos (N = 10)
[5,12][6]	5
[1][2,9,10][4]	3
[13][14]	3
[7,11][8][16]	3
[1][2][9][10][13][14]	2
[15][17,18]	2
[3,4][8][15][17][18]	2
[3][15,17][18]	2
[5,6,12][7,11,16][8][13,14]	2
[5][6,12]	2
[7][11][16]	2
[1,2,9][3,4][10]	1
[1][2,9,10]	1
[1][2,9,10][3,4]	1
[1][2,9,10][3][4]	1
[1][2][9][10]	1
[15][17][18]	1
[3,4][15,17,18]	1
[3][15][17][18]	1
[3][4][15][17][18]	1
[5][6][7][8][11][12][13][14][16]	1
[7,11,16][8][13,14]	1
[7,11][8][13,14][16]	1

Dendrogramacea:
Integral 2020

Métodos empíricos e dedutivos

→ Variação nas propostas de espécies por grupos:

Caminalculidae: Integral 2020

Conceitos de espécie (N = 25)	No de grupos (N = 9)
[19]	8
[20]	8
[9]	8
[1,16]	7
[13,14]	7
[24]	7
[28]	7
[3]	4
[4]	4
[2,12,22]	3
[22]	3
[12]	2
[2,3,4,12,22]	2
[3,4]	2
[1,16,24]	1
[1]	1
[13,14,28]	1
[16,24]	1
[19,20]	1
[2,12]	1
[2,22]	1
[2,4]	1
[2]	1
[3,12]	1
[9,13,14,28]	1

Caminalculidae: Noturno 2020

Conceitos de espécie (N = 25)	No de grupos (N = 12)
[19]	11
[20]	11
[9]	11
[13,14]	10
[28]	10
[1]	6
[24]	6
[22]	5
[3,4]	5
[1,16]	4
[16,24]	4
[2,4,22]	4
[3,12]	4
[2,12,22]	3
[12]	2
[13,14,28]	2
[16]	2
[2,12]	2
[2]	2
[3]	2
[4]	2
[1,16,24]	1
[1,9,16,24]	1
[19,20]	1
[2,4]	1

Métodos empíricos e dedutivos

→ Variação nas propostas de espécies por grupos:

Conceitos de espécie (N = 46)	No de grupos (N = 9)
[1]	7
[13,14]	6
[15]	6
[8]	6
[17,18]	5
[18]	5
[5,6,12]	5
[13]	4
[14]	4
[16]	4
[2,9,10]	4
[3,4]	4
[4]	4
[6]	4
[17]	3
[3]	3
[5,12]	3
[7,11,16]	3
[7,11]	3
[1,2,9]	2
[10]	2
[11]	2
[15,17,18]	2
[5,7,8,11,16]	2
[5]	2
[1,2,7,8,9,10,11]	1
[1,2,9,10]	1
[1,2]	1
[12]	1
[15,17]	1
[2,3,4,9,10]	1
[2,9]	1
[2]	1
[3,15,17,18]	1
[3,15]	1
[3,4,10]	1
[3,4,15]	1
[4,10]	1
[6,12,13,14]	1
[6,12,13]	1
[6,12]	1
[7,8,11,13,14,16]	1
[7]	1
[8,16]	1
[9,10]	1
[9]	1

Dendrogramacea: Noturno 2020

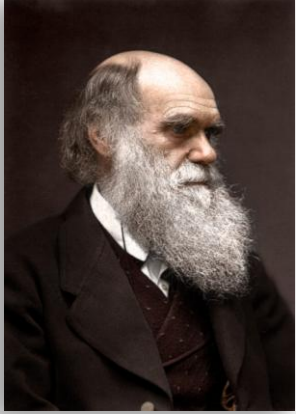
Conceitos de espécie (N = 30)	No de grupos (N = 10)
[8]	10
[1]	9
[15]	7
[16]	7
[18]	7
[13]	6
[14]	6
[2,9,10]	6
[6]	6
[17]	5
[3,4]	5
[3]	5
[4]	5
[5,12]	5
[13,14]	4
[7,11]	4
[10]	3
[11]	3
[2]	3
[5]	3
[7,11,16]	3
[7]	3
[9]	3
[15,17]	2
[17,18]	2
[5,6,12]	2
[6,12]	2
[1,2,9]	1
[12]	1
[15,17,18]	1

Dendrogramacea: Integral 2020

Problemas associados à ausência de métodos:

- 1. Inabilidade de avaliar objetivamente hipóteses;**
- 2. Prevalência de autoritarismo científico;**
- 3. Ausência de reprodutibilidade.**

Recapitulando: homologias vs. não homologias



Posterior a Darwin (1859): similaridades que indicam **ancestral comum (homologias)** tornaram-se mais importantes em classificação do que aquelas que não decorrem de ancestrais comuns

Sir Edwin Ray Lankester
1847 -1929



Lankester (1870a,b): conceito inicial de homologia

'**Homogenia**': similaridade decorrente de ancestrais comuns.

'**Homoplasia**': similaridade decorrente de função similar e causalidade.

Nixon & Carpenter (2012): conceito mais recente de homologia

'**Homologia**': similaridade decorrente de ancestrais comuns.

'**Homoplasia**': similaridade não-homóloga.

Lankester, E.R., 1870a. On the use of the term homology in modern zoology, and the distinction between homogenetic and homoplastic agreements. *Ann. Mag. Nat. Hist. ser. 4.* 6, 34–43.

Lankester, E.R., 1870b. On the use of the term "homology". *Ann. Mag. Nat. Hist. ser. 4.* 6, 342.

Nixon & Carpenter 2012. On homology. *Cladistics* 28(2)160–169.

Recapitulando: homologias vs. não homologias

Como fazer a distinção entre esses dois tipos de similaridades?

Cain sugere que:

1. A questão não pode ser respondida com confiança.
2. Semelhanças gerais deveriam ser consideradas (como Adanson havia proposto inicialmente).

Cain & Harrison (1958:86, 96):

1. Estimativas da verdadeira afinidade no sentido filogenético são logicamente posteriores à afinidade por semelhança geral:
Similaridade → relações ancestrais
2. A inclusão ou exclusão de caracteres uma vez que um padrão geral é observado ou na presença de dados auxiliares (e.g., idade geológica e distribuição geográfica, função ecológicas, genética e variações intra-específicas).

A profecia:

Cain (1959:241):

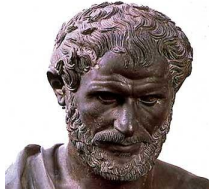
"Eu acho que nós estamos para ver uma considerável revisão em toda a teoria taxonômica, especialmente em relação à filogenia a classificações naturais, a clara separação do peso filogenético do reconhecimento da covariação de caracteres, e o desenvolvimento de métodos para fazer comparações, seja filogenético ou natural, mais precisos."



Arthur J. Cain (1921-1999)

O nascimento da Fenética (Taxonomia Numérica)

Aristóteles – 384-322 a.C.



Darwin – 1809-1882



**Snow Museum of Natural History,
Lawrence, Kansas – Década de 50.**

Período essencialista

Mundo dinâmico

Resistência e Nova Síntese

Sistemática Evolutiva

Carolus Linnaeus
1707-1778



Buffon
1707-1788



Lamarck
1744 -1829



St-Hilair
1772 -1844

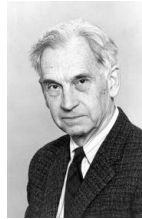


Cuvier
1769 -1832



1859

Ernest Mayr
1904 - 2005



G.G. Simpson
1902 - 1984



Theodosius Dobzhansky
1900 -1975

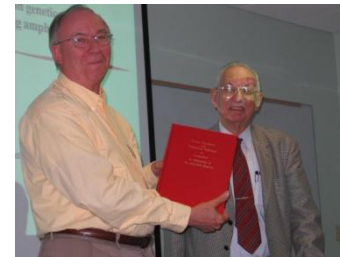


1936 - 1947

Paul Erlich



James Rohlf

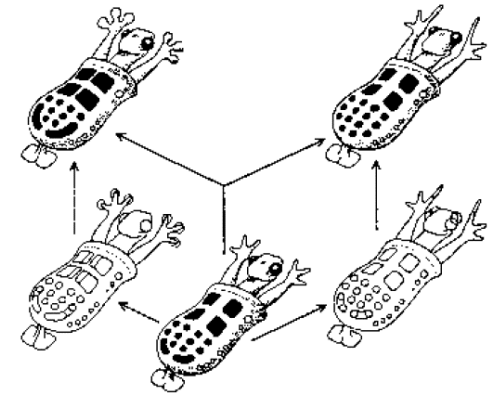


R. Sokal
1926 -2012

1960's

Fenética

1970's



Joseph Camin



O nascimento da Fenética

Robert Sokal – junta-se a Michener [entomologista] no SMNH em 1951.

Clyde Stroud, em Chicago, teria influenciado Sokal em aplicar técnicas quantitativas em fenômenos biológicos.

Sokal rejeita os métodos intuitivos em classificações taxonômicas. Para ele classificações deveriam ser elaboradas por métodos estatísticos explícitos.



Michener em 1956



Sokal em 1964

A QUANTITATIVE APPROACH TO A PROBLEM IN CLASSIFICATION¹

CHARLES D. MICHENER AND ROBERT R. SOKAL²

Department of Entomology, University of Kansas, Lawrence

Received October 10, 1956

INTRODUCTION

The purpose of the study reported in this paper was to determine whether certain statistical procedures might aid persons interested in the relationships among organisms. The objectives of our study were to investigate numerous characters simultaneously in a considerable group of species; to quantify the relations shown among the species, using objective methods; and to indicate these relationships. The organisms selected as an example for use in this study are solitary bees in the family Megachilidae. This choice was made because one of us (C. D. M.) has made recent systematic studies of these insects, so that conclusions as to the relationships obtained by usual systematic procedures could be compared

¹ Contribution number 936 from the Department of Entomology, University of Kansas, Lawrence. Some of the work by one of the authors (C. D. M.) was done at the Universidade do Paraná, Curitiba, Brazil.

² We wish to acknowledge the constructive criticism received from the following individuals who kindly gave their time to read and comment upon our manuscript: Paul R. Ehrlich, University of Kansas; A. E. Emerson, University of Chicago; Warwick E. Kerr, Universidade de São Paulo; Ernst Mayr, Harvard University; G. G. Simpson, American Museum of Natural History; Peter C. Silvester-Bradley, University of Kansas and University of Sheffield; and Paulo E. Vanzolini, Departamento de Zoologia, Secretaria de Agricultura, São Paulo. These persons, however, are not responsible for the opinions which we have expressed.

The ideas presented herein were first tried out on informal groups, the "Biosystematists" and "Evolutionists," at the University of Kansas; we received worthwhile suggestions from various members of each group.

We wish also to acknowledge contributions from the University of Kansas General Research Fund for assistance.

with the results of the methods described below.

A major concern of the systematist, when he devises a classification, is to make one in accordance with probable phylogeny, but first he must assess the characters and determine relationships in a static or nonhistorical sense. Later he may decide on the most likely lines of descent. The greater part of this paper concerns the first step, determination of static relationships, although ideas as to phylogeny are, of course, included.

In the absence of data from fossils, and sometimes even when these are available, systematists often differ widely as to relationships among organisms. This is true even if problems raised by convergence and varying rates of evolution can be settled or temporarily ignored. It is easier to appreciate differences than similarities. Therefore, in most groups, the species are differentiated long before serious studies of relationships begin. A systematist who is interested in phylogeny, but lacks paleontological data, utilizes character correlations observed in the course of his study in determining relationships and delimiting the levels (genera, families, etc.) in the hierarchy of classification.

Weighting of Characters

Each species has an enormous number of characters. The systematist normally tries to use as many as he can find, but is hampered in his study of character correlations by the limitations of the human mind. Also, he is necessarily subjective in his choice and weighting of characters.

If he notes that certain characters vary erratically with respect to one another

Sokal e Michener notam que a mesma classificação não poderia mostrar ordem de ramificações encontradas em uma árvore filogenética e grau de similaridade ao mesmo tempo: estabelecem a ruptura entre padrões e processos em sistemática.

O nascimento da Fenética

A comunidade científica rejeita suas ideias pelos seguintes aspectos:

- Uso de técnicas computacionais em taxonomia
- Inexistência de pesos para caracteres “mais importantes”

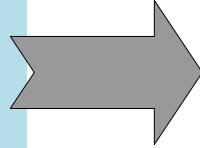
Paul Ehrlich (1961) faz as seguintes previsões:

- Computadores seriam ferramentas fundamentais para taxonomistas
- Pouca ênfase seria dada à nomenclatura
- Monografias taxonômicas seriam substituídas por matrizes de dados

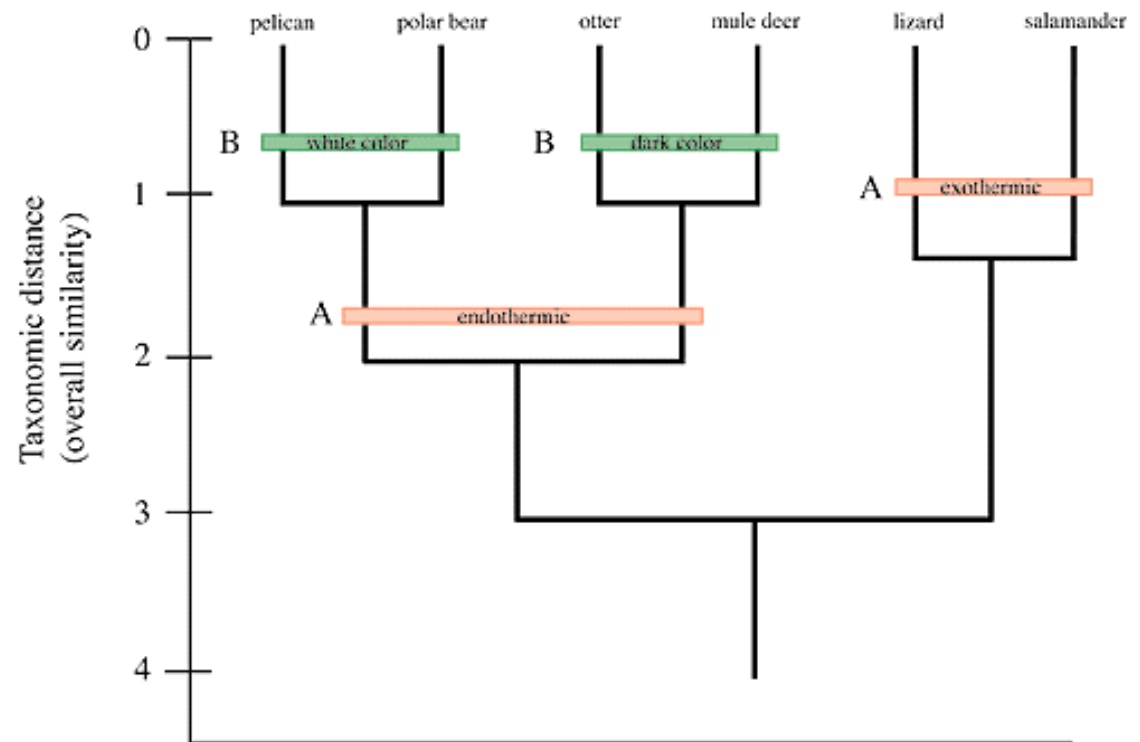
Princípios da fenética: similaridade e parentesco

Estimativas da “verdadeira” afinidade no sentido filogenético são “logicamente e historicamente posteriores às estimativas de similaridade global” (Cain & Harrison, 1958:86, 96). Conseqüentemente, **similaridade global deve ser atribuída primeiro**, antes de qualquer tentativa de inferir relações de ancestral/descendente.

Relações entre OTUs são expressas por fenogramas



(OTU – Operational Taxonomic Units)



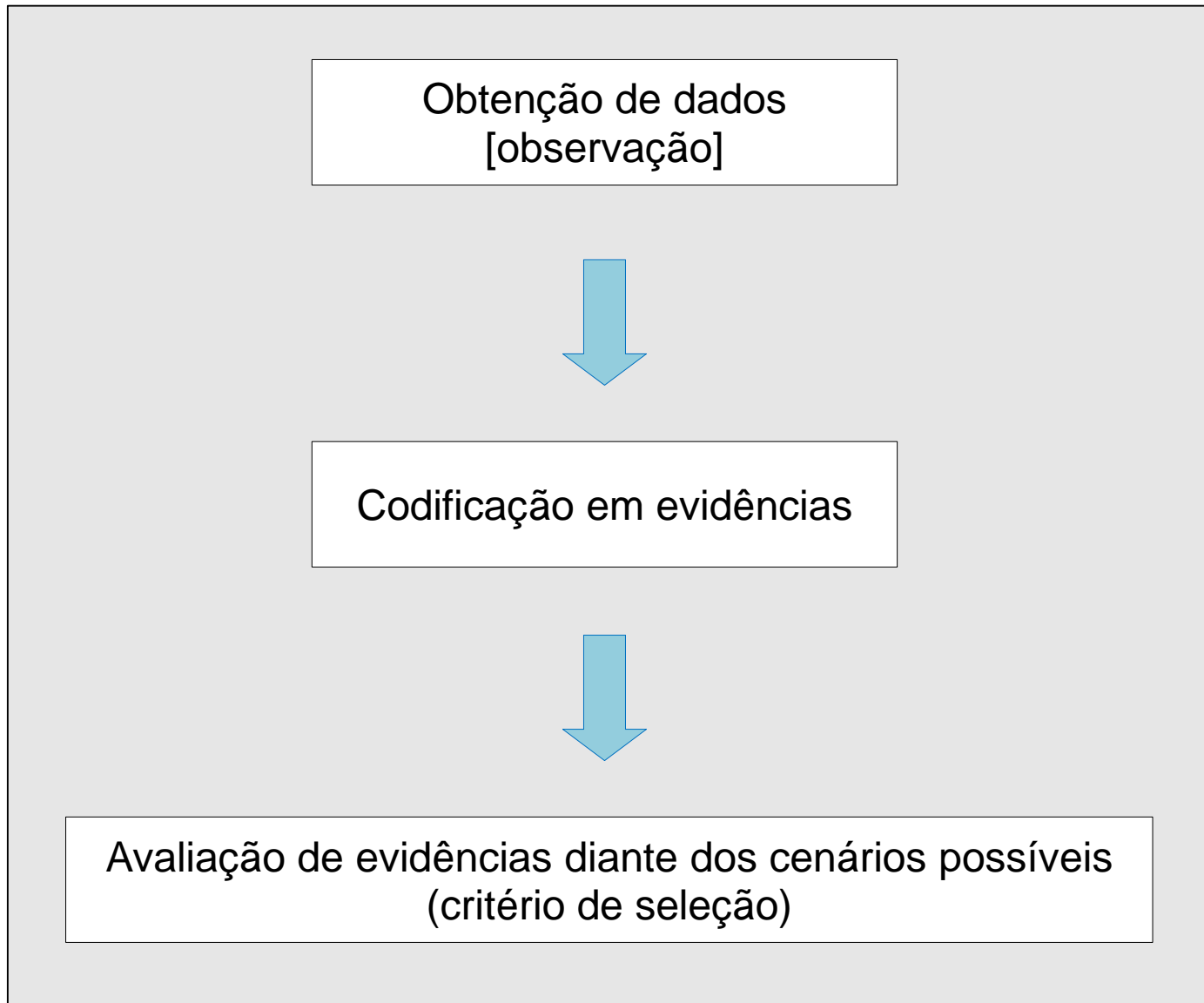
"It should be remembered that while diagrams such as figure 1 may suggest phylogenies, in reality they only indicate static relationships."

(Sokal & Michener, 1958:1437)

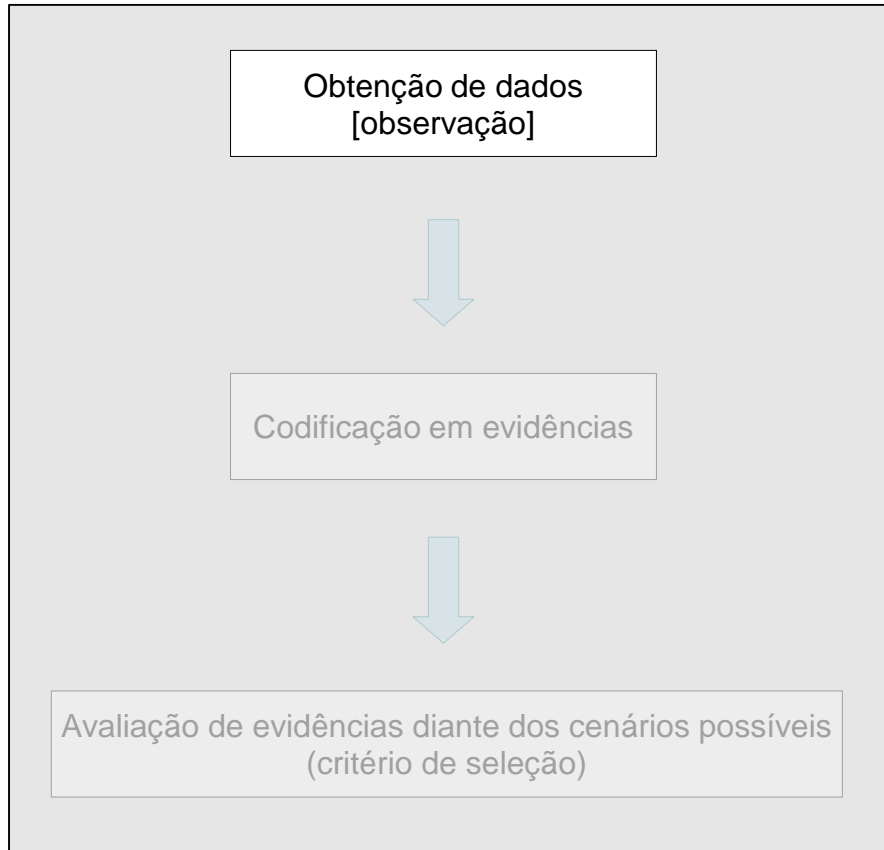
Lógica da inferência filogenética

“Operationally, systematics proceeds by gathering data (observations) from organisms and coding them into evidence to test competing phylogenetic scenarios”

(Wheeler et al., 2006:7)



Lógica da inferência filogenética



*“Em princípio, qualquer observação de atributos de organismos possuem o potencial de fornecer evidências de relação de parentesco. No entanto, as evidências mais objetivas são derivadas daqueles atributos que são **hereditários e intrínsecos** dos organismos porque eles refletem a continuidade biológica entre ancestral e descendente (Hennig, 1966)”* (Wheeler et al., 2006:7)

Lógica da inferência filogenética

Condições necessárias e suficientes de atributos

Dados devem ser obtidos dentro de um contexto teórico

Popper (1934, 1959):

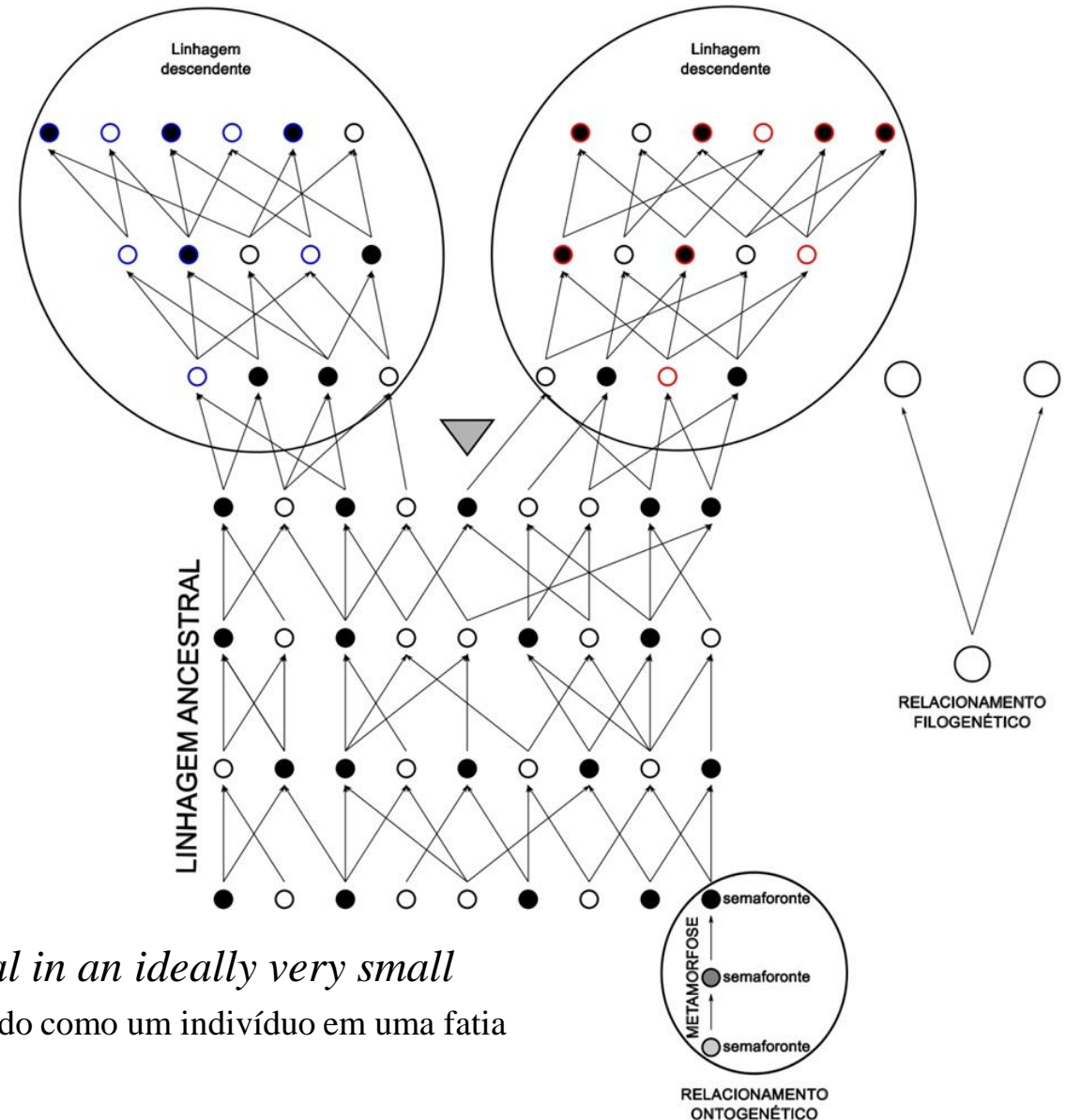
“characters are theory-laden objects”.

Observações organizadas e contextualizadas:

- relevância
- comparabilidade
- correspondência

Atributos intrínsecos:

- genotípicos
- fenotípicos



"The semaphoront is defined as an individual in an ideally very small 'time-slice' or duration." [O semeforonte é definido como um indivíduo em uma fatia temporal idealizada ou duração muito curta.]

(Hennig, 1950: 9, 1966: 6)

Lógica da inferência filogenética

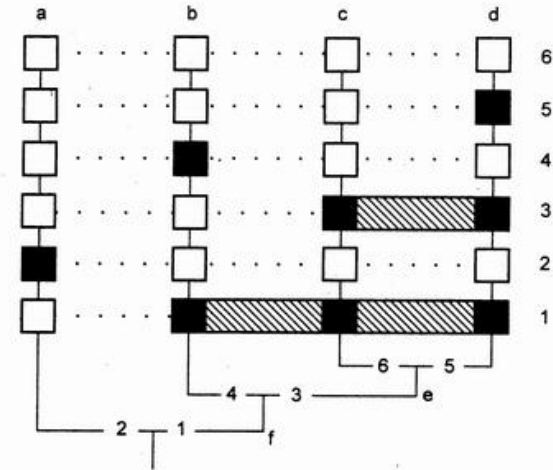
Condições necessárias e suficientes de atributos

Primate mtDNA

Project of "Primate mtDNA" Character Matrix "Character Matrix"

Taxon \ Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1 Homo sapiens	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2 Pan	A	A	G	C	T	T	C	A	C	C	G	G	C	G	C	A	G	T	C	A	T	T	C	T	C	A	T	A	A	T	C	G	C	C
3 Gorilla	A	A	G	C	T	T	C	A	C	C	G	G	C	G	C	A	G	T	C	A	T	T	C	T	C	A	T	A	A	T	C	G	C	C
4 Pongo	A	A	G	C	T	T	C	A	C	C	G	G	C	G	C	A	G	T	C	A	T	T	C	T	C	A	T	A	A	T	C	G	C	C
5 Hylobates	A	A	G	C	T	T	C	A	C	A	G	T	G	C	A	A	C	C	G	T	G	C	A	T	C	C	A	T	A	T	C	G	C	C
6 Macaca fuscata	A	A	G	C	T	T	T	C	T	C	G	G	C	G	C	A	A	C	C	A	T	C	C	T	T	A	T	A	A	T	C	G	C	T
7 M. mulatta	A	A	G	C	T	T	T	T	C	T	G	G	C	G	C	A	A	C	C	A	T	C	C	T	C	A	T	A	A	T	C	G	C	T
8 M. fascicularis	A	A	G	C	T	T	C	T	C	G	G	C	G	C	A	A	C	C	A	T	C	C	T	T	A	T	A	A	T	C	G	C	C	
9 M. sylvanus	A	A	G	C	T	T	C	T	C	C	G	T	G	C	A	A	C	C	A	T	C	C	T	T	A	T	A	A	T	C	G	C	C	
10 Saimiri sciureus	A	A	G	C	T	T	C	A	C	C	G	G	C	G	C	A	A	T	G	A	T	C	C	T	A	T	A	A	T	C	G	C	C	
11 Tarsius syrichta	A	A	G	T	T	C	A	T	T	G	A	G	C	A	C	C	A	C	T	C	T	T	A	T	A	A	T	A	T	C	G	C	C	
12 Lemur catta	A	A	G	C	T	T	C	A	T	A	G	A	G	C	A	C	A	C	A	T	T	C	T	A	T	A	T	A	T	C	G	C	A	

Tool: Move Blocks
(This tool moves blocks of sequences for manual alignment.)



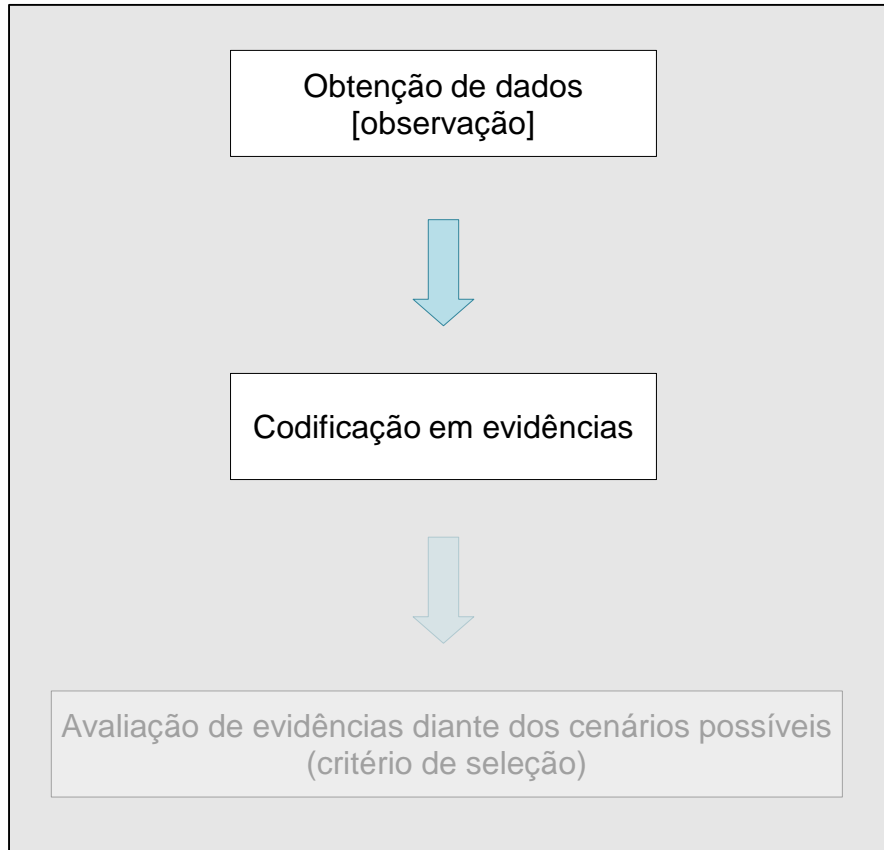
Bembidion.nex

Project of "Bembidion.nex" Character Matrix "Bembidion"

Taxon \ Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1 balli	1	1	1	1	0	-	0	0	1&2	1	0	0	0	1	1	1	0
2 foveum	1	1	1	0	-	0	0	1&2	1	0	0&1	1	1	1	1	0	0
3 argenteolum	1	3	2&3	0&1	-	0	0	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0
4 alaskense	1	3	2&3	0	-	0&1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0
5 *semenovi	1	2	2	0	-	0	0	2	0	0	0	3	1	1	0	0	0
6 stenoderum	1	3	3	0&2	0	0	0	1&2	0	0	0	0	2	1	1	0	0
7 carinula	1	3	0&1&2	0	-	0	0	2	1	0	0	0&1	1	1	1	1	0
8 velox	1	3	0&1&2	1	-	0	0	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0
9 lapponicum	1	3	0&1&2&3	0&2	0	0	0	2	1	0	0	0&1	0	1	1	1	0
10 punctatostriatum	1	3	0&1&2	1	-	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0
11 hesperium	1	2&3	3	0&2	0	0&1	0&1&2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
12 lorquinii	1	3	3	1	-	0&1	0	0&1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
13 zephyrum	1	3	3	2&3	0	0&1	0	2	1	0	1	0	1	0	1	1	0
14 l. levettei	1	3	3	3	0	1	0	2	1	0	0&1	0	1	1	1	1	0
15 l. carrianum	1	3	3	3	0	1	0	2	1	0	0&1	0	1	1	1	1	0

Não há fonte de dados melhor que outra, mas elas diferem quando ao seu nível de generalidade (conteúdo informativo).

Lógica da inferência filogenética



Qual a diferença entre dados e evidências?

dados *

sm pl 1 Conjunto de material (= informações) disponível para análise.

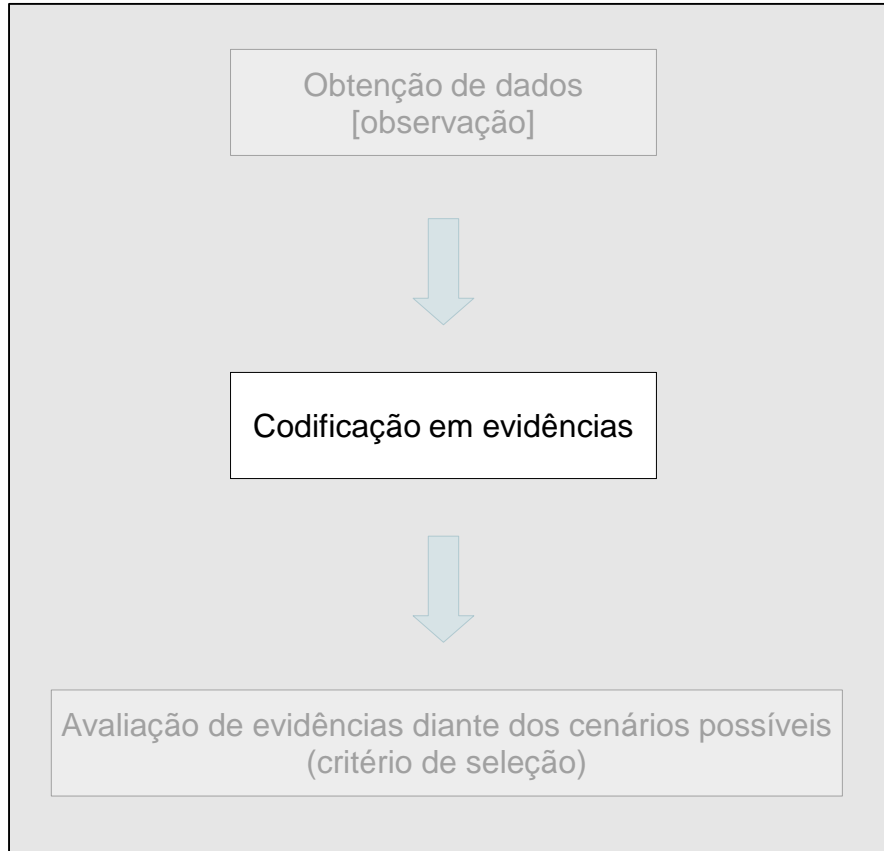
Scientific evidence ** has no universally accepted definition but generally refers to evidence which serves to either support or counter a scientific theory or hypothesis. Such evidence is generally expected to be empirical and properly documented in accordance with scientific method such as is applicable to the particular field of inquiry.

* Fonte: Michaelis em www.uol.com.br.

** Fonte: <http://en.wikipedia.org>

Lógica da inferência filogenética

Codificação em Fenética deve refletir **similaridade global**



Z TAGAGCAATCCCTAACTG-AA
 A TAGAGCA-TCGCTA-CTA-AA
 B TAGAGCAATCACTAACTG-GA
 C TAGAGCTGTCTCTAACAGA--
 D TAGAGCTATCACAAACAGAAA

Z TAGAGCAATCCCTAACTG-AA
 * * * *
 A TAGAGCA-TCGCTA-CTA-AA

	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	0.10	-			
B	0.10	0.17	-		
C	0.23	0.27	0.22	-	
D	0.20	0.29	0.20	0.17	-

Observações

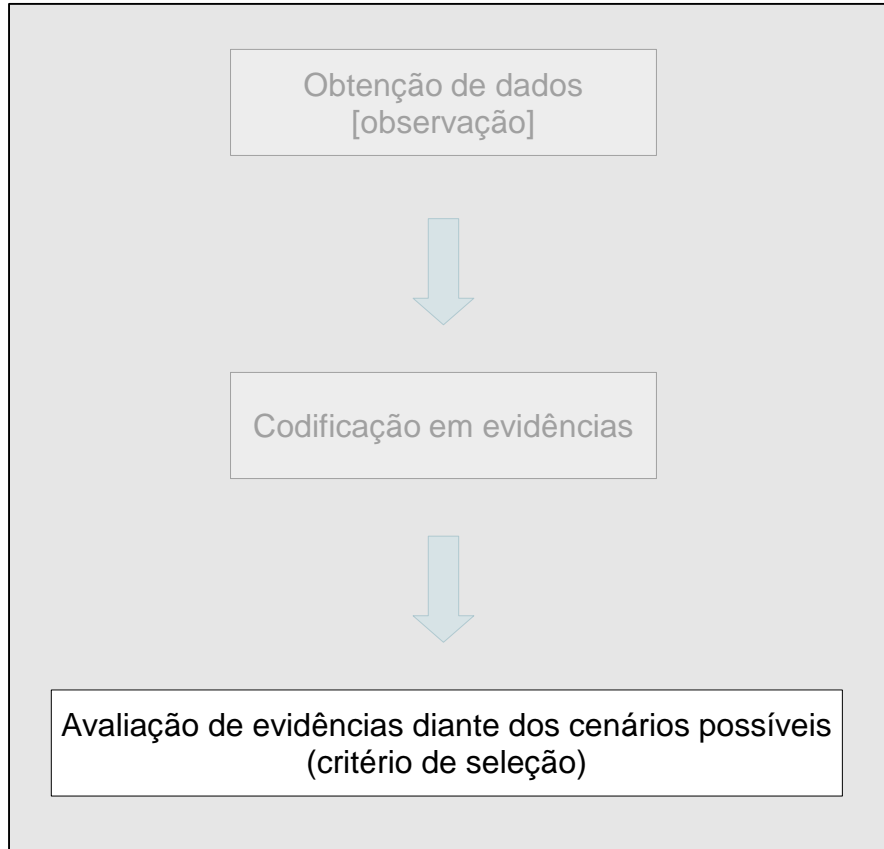
Comparação par a par

Codificação em matriz de distância

£ Não leva em consideração a presença de INDELS, isto é, gaps (e.g., "-")

Lógica da inferência filogenética

Avaliação e critério de seleção



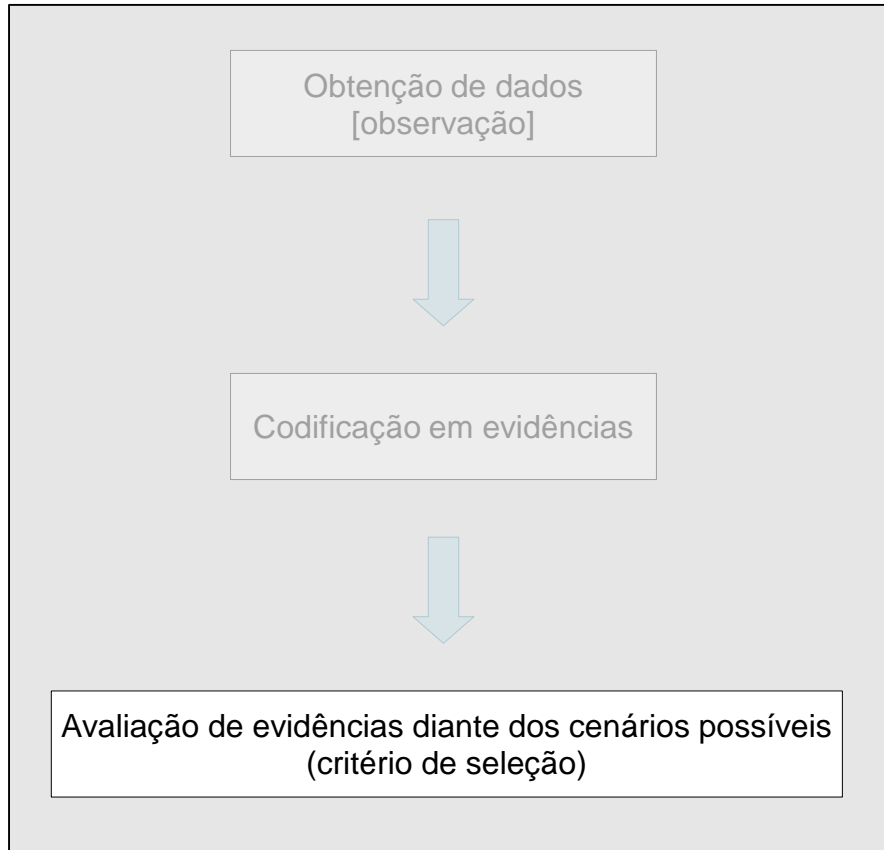
Qual hipótese explica **melhor** minhas observações ou o que consideramos evidências?

```
Z TAGAGCAATCCCTAACTG-AA
A TAGAGCA-TCGCTA-CTA-AA
B TAGAGCAATCACAATACTG-GA
C TAGAGCTGTCTTAACAGA--
D TAGAGCTATCACAAACAGAAA
```

	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	0.10	-			
B	0.10	0.17	-		
C	0.23	0.27	0.22	-	
D	0.20	0.29	0.20	0.17	-

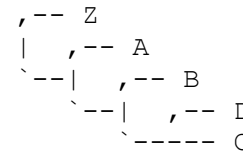
Lógica da inferência filogenética

Avaliação e critério de seleção

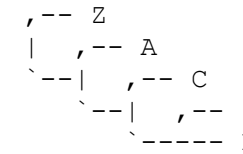


Resoluções possíveis:

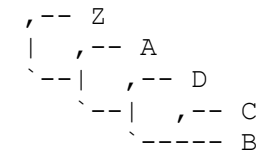
Tree 0:



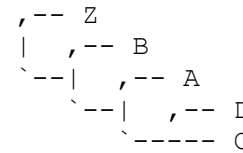
Tree 5:



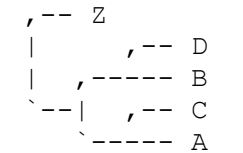
Tree 10:



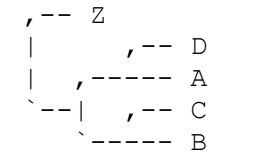
Tree 1:



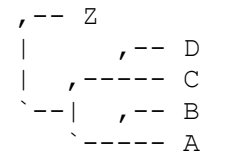
Tree 6:



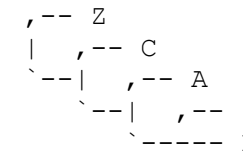
Tree 11:



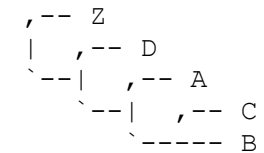
Tree 2:



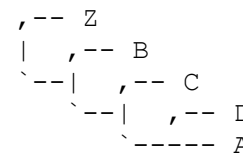
Tree 7:



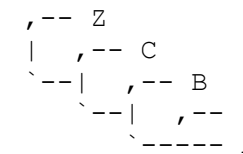
Tree 12:



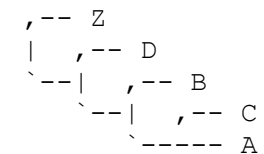
Tree 3:



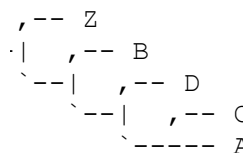
Tree 8:



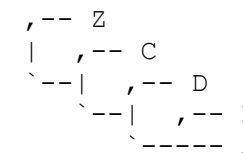
Tree 13:



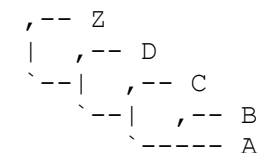
Tree 4:



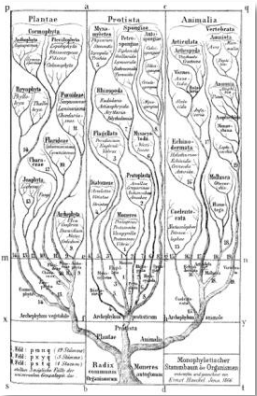
Tree 9:



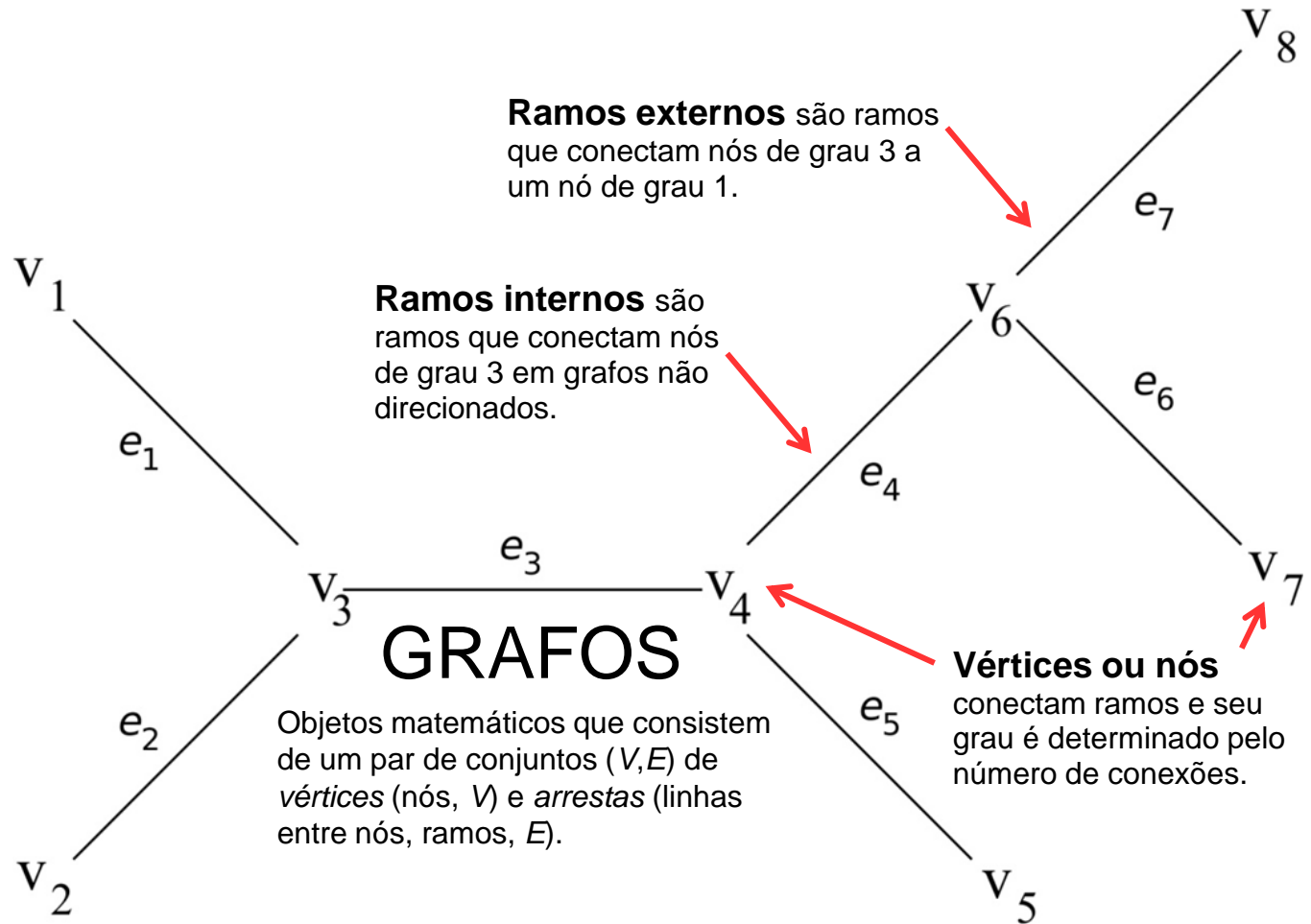
Tree 14:



Representações gráficas para relações entre OTUs:



=

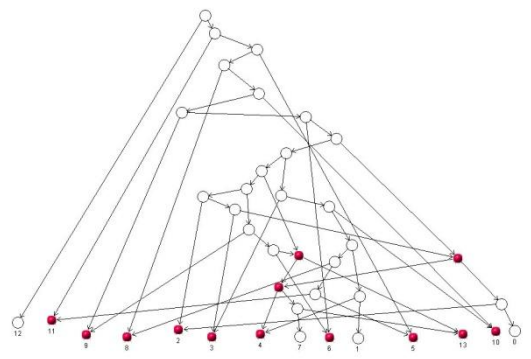


GRAFOS

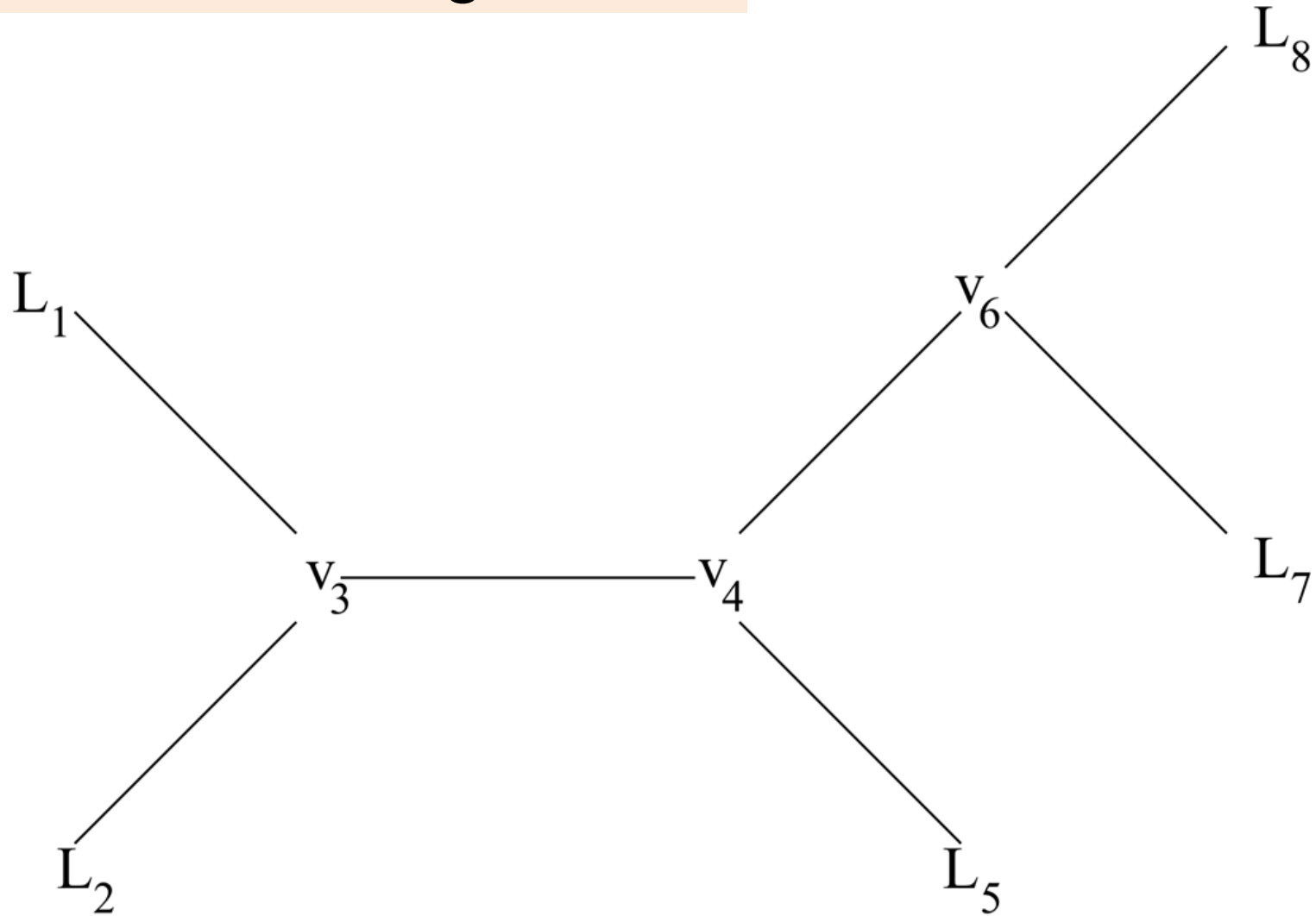
Objetos matemáticos que consistem de um par de conjuntos (V, E) de *vértices* (nós, V) e *arestas* (linhas entre nós, ramos, E).

Um grafo é **binário** quando todos os nós internos possuem grau 3.

O **grau** de um nó é o número de ramos conectados a ele.

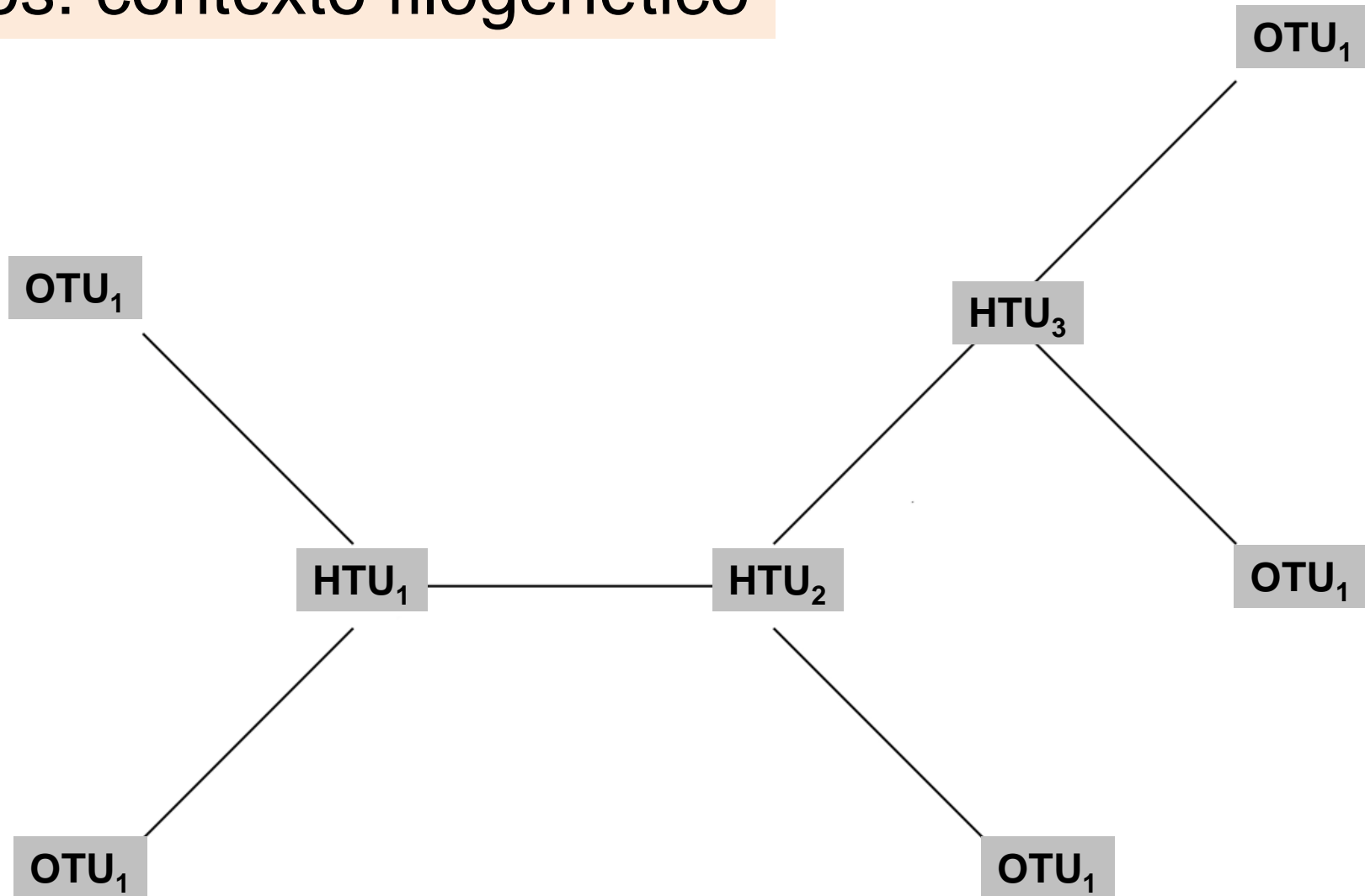


Grafos: contexto filogenético



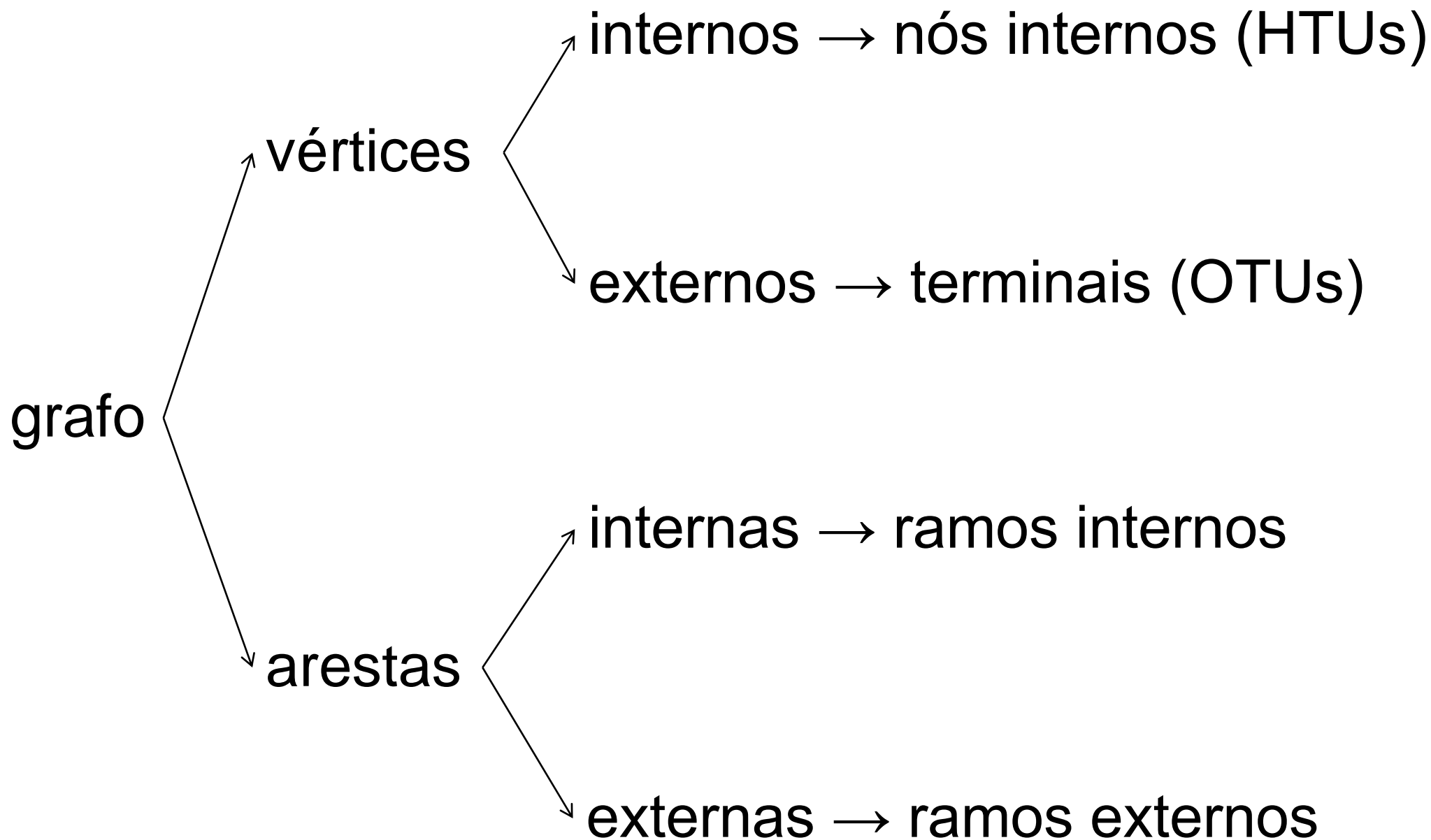
L = Operational Taxonomic Units (**OTUs**)
V = Hypothetic Taxonomic Units (**HTUs**)

Grafos: contexto filogenético



L = Operational Taxonomic Units (OTUs)
V = Hypothetic Taxonomic Units (HTUs)

Grafos: sumário terminológico



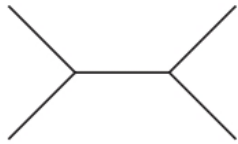
Grafos: ciclos e direcionamento

trees vs. networks

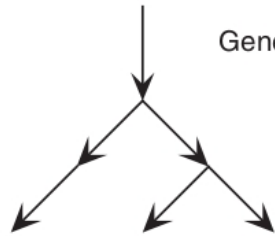
Undirected

Directed

Affinity tree

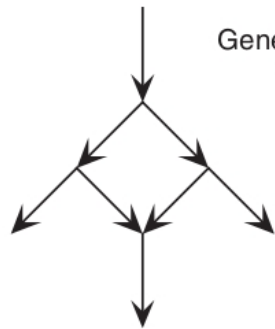


Genealogical tree

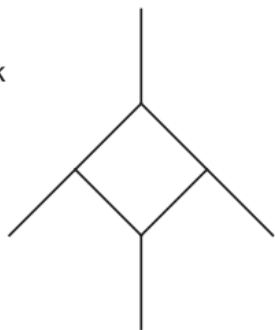


Acyclic

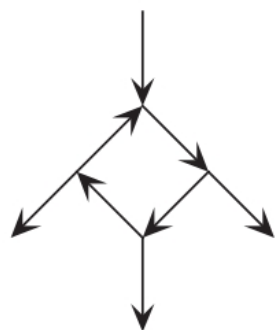
Genealogical network



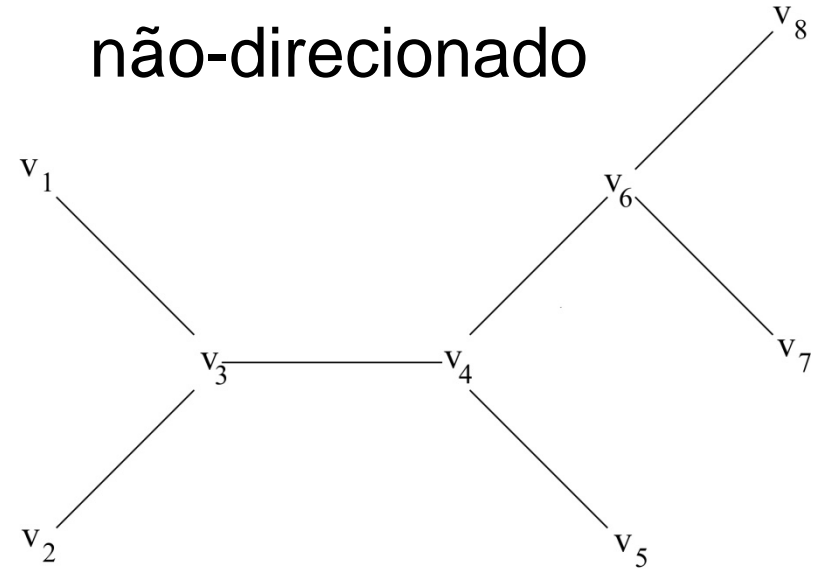
Affinity network



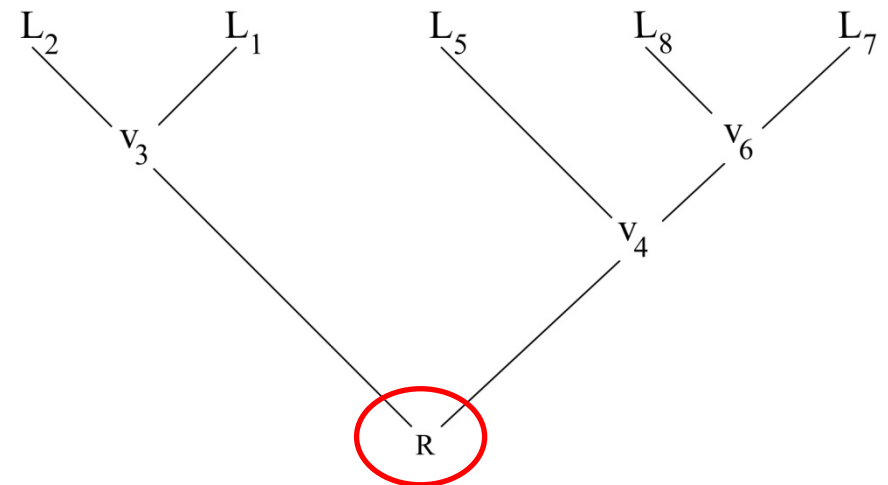
Cyclic



não-direcionado



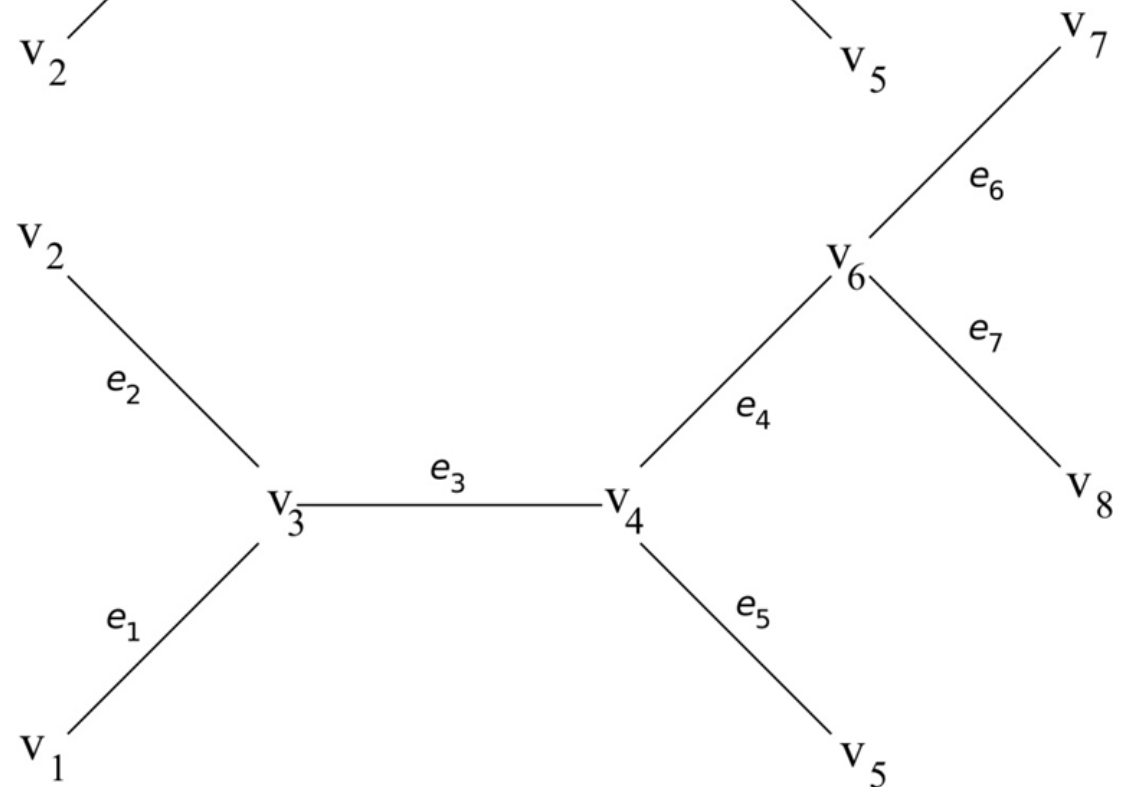
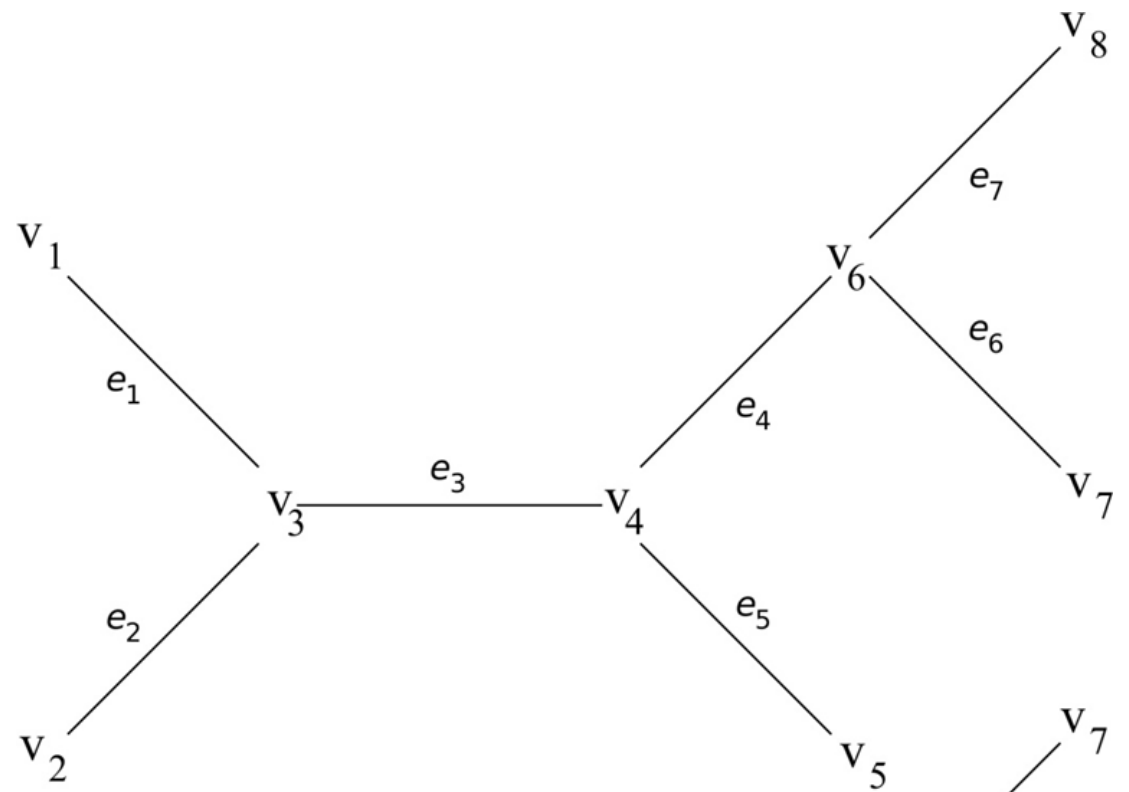
direcionado



A raiz é o único nó com grau 2.

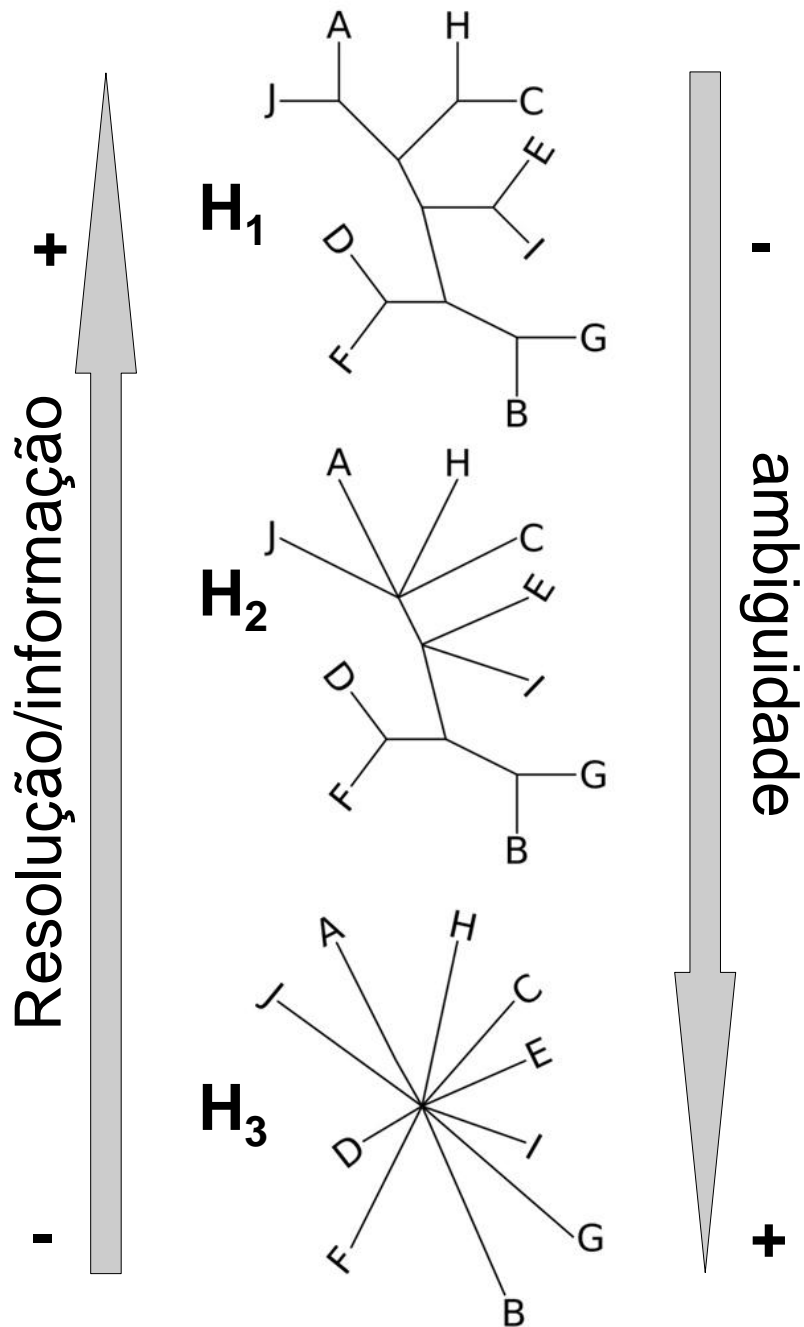
Grafos: topologia

Topologia: refere-se às conexões entre vértices e arestas



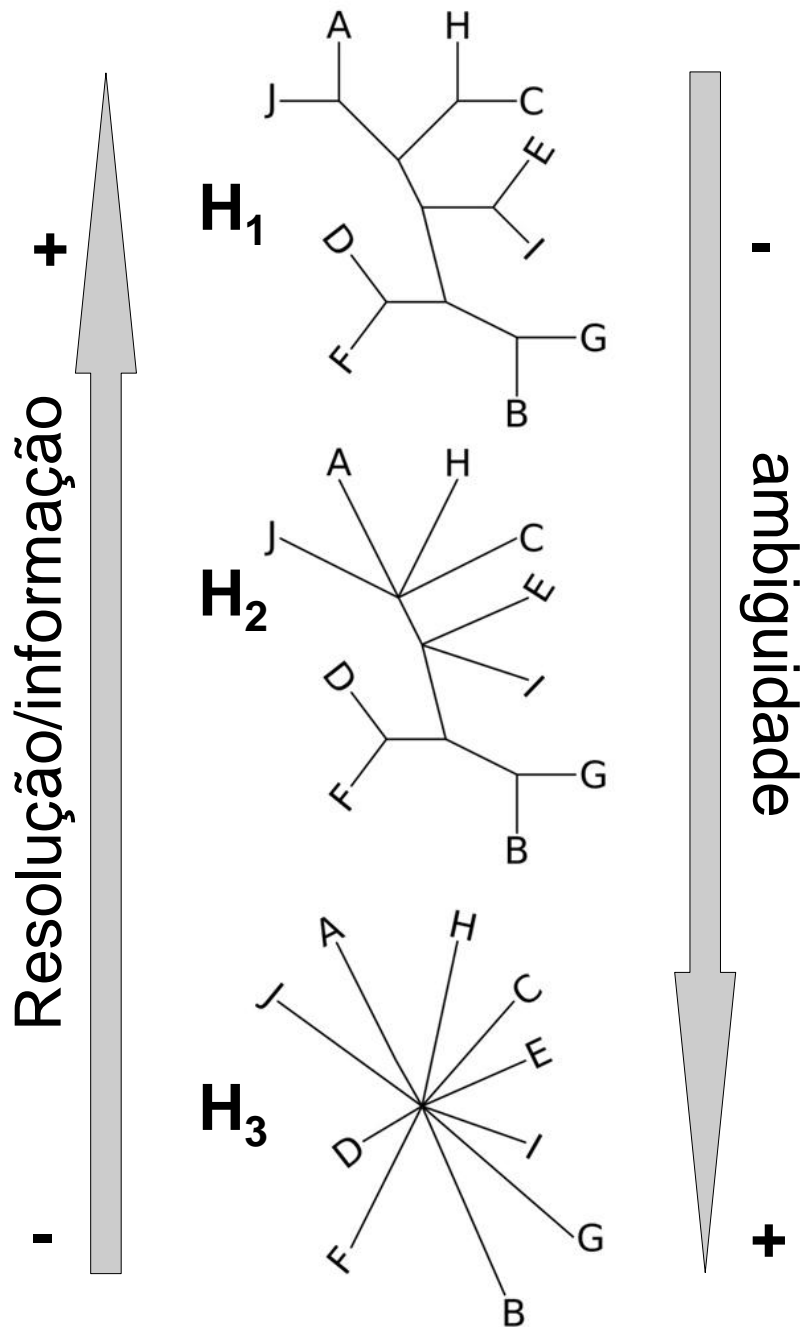
Ambos possuem a mesma topologia

Grafos: resolução e teste de hipóteses



Hipótese: *uma explicação para um fenômeno observável ou uma proposição racional prevendo uma possível correlação causal entre múltiplos fenômenos.*

Grafos: resolução e teste de hipóteses



- “*Explanatory power*” vs Ambiguidade
- Testabilidade
Diretamente proporcional à força explanatória (ambiguidades não podem ser testadas)

H₁ → H₃:
decrece o conteúdo informativo
(o que a hipótese explica)

Diagramas totalmente dicotômicos estão mais relacionados com o **conteúdo informativo** da hipótese do que com a suposição de que todo ancestral hipotético daria origem a somente duas linhagens por cladogênese.

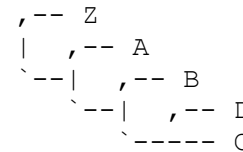
Resoluções possíveis:

Z TAGAGCAATCCCTAACTG-AA
A TAGAGCA-TCGCTA-CTA-AA
B TAGAGCAATCACTAACTG-GA
C TAGAGCTGTCTCTAACAGA--
D TAGAGCTATCACAAACAGAAA

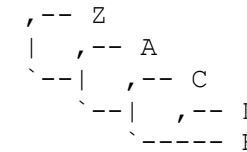


	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	0.10	-			
B	0.10	0.17	-		
C	0.23	0.27	0.22	-	
D	0.20	0.29	0.20	0.17	-

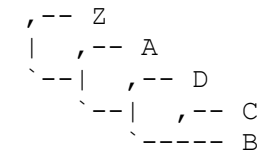
Tree 0:



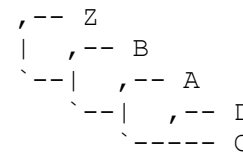
Tree 5:



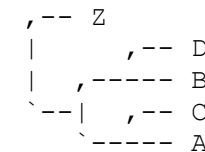
Tree 10:



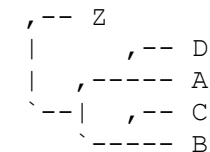
Tree 1:



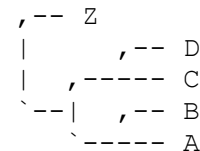
Tree 6:



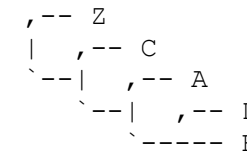
Tree 11:



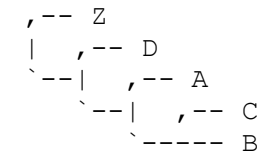
Tree 2:



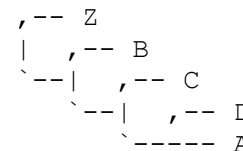
Tree 7:



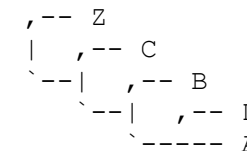
Tree 12:



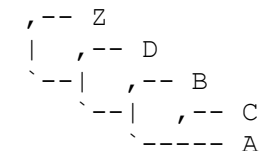
Tree 3:



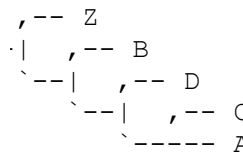
Tree 8:



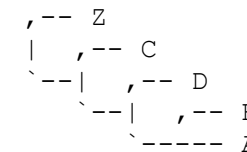
Tree 13:



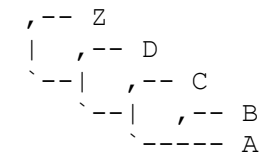
Tree 4:



Tree 9:



Tree 14:



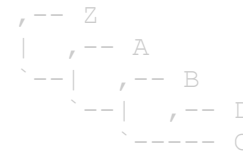
Resoluções possíveis:

Z TAGAGCAATCCCTAACTG-AA
A TAGAGCA-TCGCTA-CTA-AA
B TAGAGCAATCACTAACTG-GA
C TAGAGCTGTCTCTAACAGAA--
D TAGAGCTATCACAAACAGAAA



	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	0.10	-			
B	0.10	0.17	-		
C	0.23	0.27	0.22	-	
D	0.20	0.29	0.20	0.17	-

Tree 0:



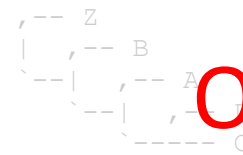
Tree 5:



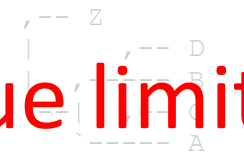
Tree 10:



Tree 1:



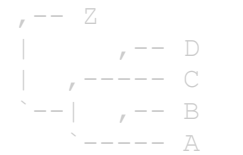
Tree 6:



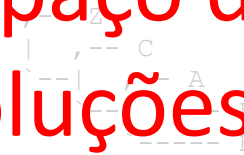
Tree 11:



Tree 2:



Tree 7:



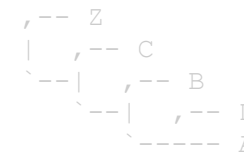
Tree 12:



Tree 3:



Tree 8:



Tree 13:



Tree 4:



Tree 9:



Tree 14:

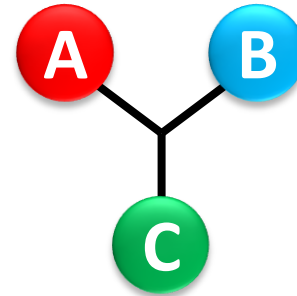


O que limita o espaço de soluções?

Grafos: Enumeração de topologias

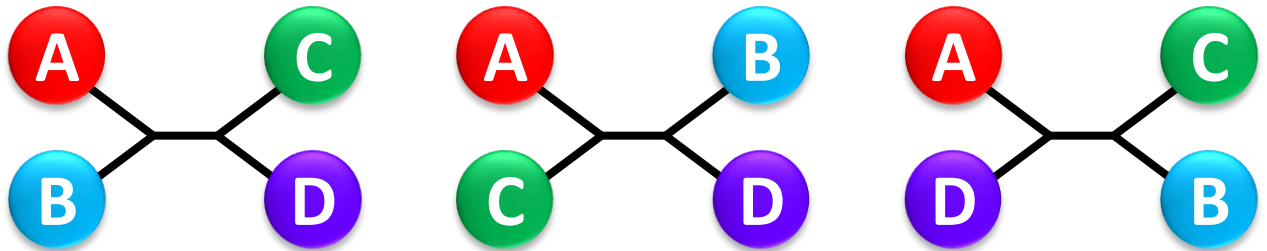
Quantas topologias possíveis?

3 terminais (OTUs)



Quantas topologias possíveis?

4 terminais (OTUs)



Grafos: Enumeração de topologias

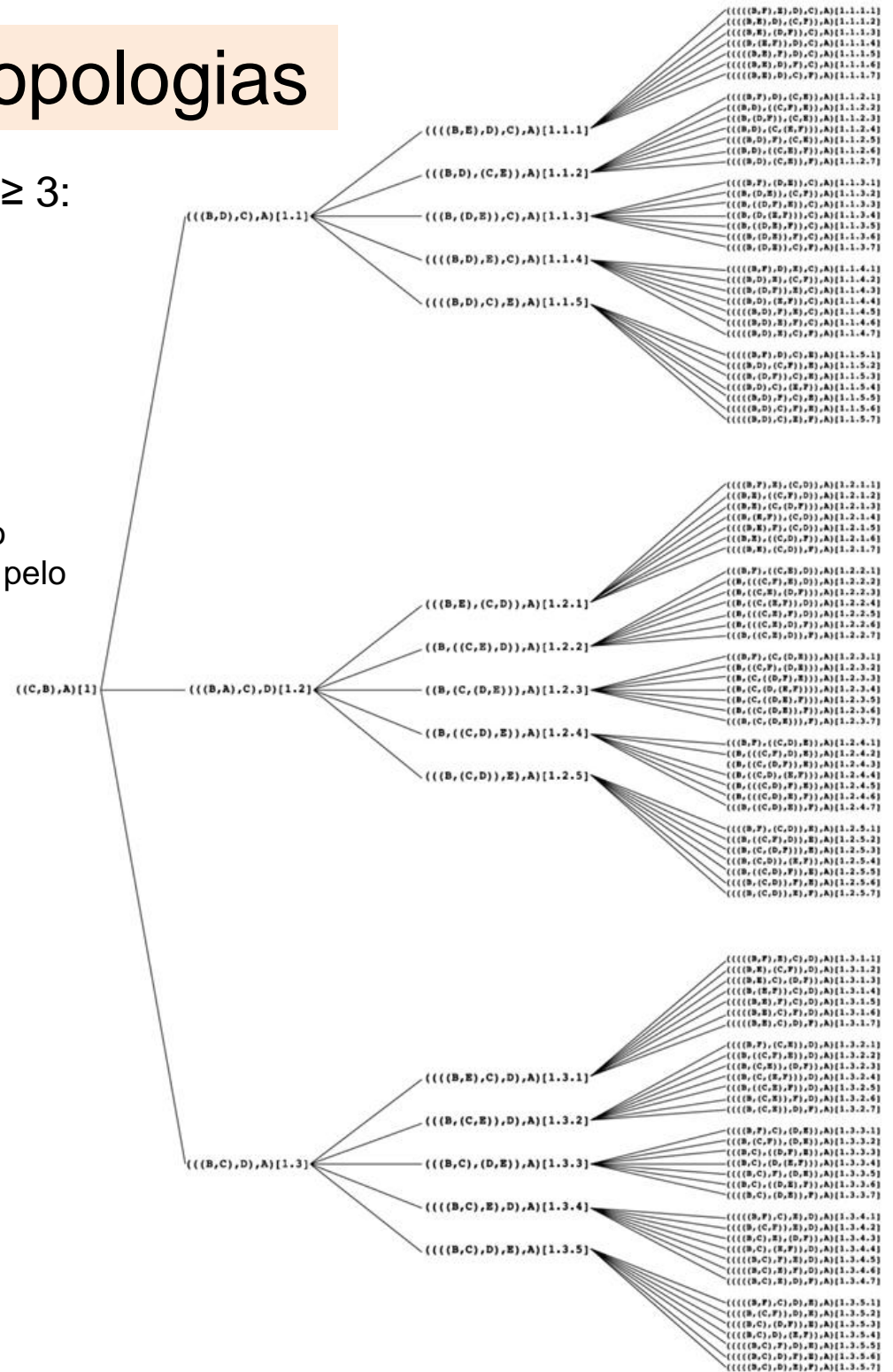
3 1
4 3
5 15
6 105
7 945
8 10395
9 135135
10 2027025
11 34459425
12 654729075
13 13749310575
14 316234143225
15 7905853580625
16 213458046676875
17 6190283353629375
18 191898783962510625
19 6332659870762850625
20 221643095476699771875
21 8200794532637891559375
22 319830986772877770815625
23 13113070457687988603440625
24 563862029680583509947946875
25 25373791335626257947657609375
26 1192568192774434123539907640625
27 58435841445947272053455474390625
28 2980227913743310874726229193921875
29 157952079428395476360490147277859375
30 8687364368561751199826958100282265625
31 495179769008019818390136611716089140625
32 29215606371473169285018060091249259296875
33 1782151988659863326386101665566204817109375
34 112275575285571389562324404930670903477890625
35 7297912393562140321551086320493608726062890625
36 488960130368663401543922783473071784646213671875
37 33738248995437774706530672059641953140588743359375
38 2395415678676082004163677716234578672981800778515625
39 174865344543353986303948473285124243127671456831640625
40 13114900840751548972796135496384318234575359262373046875

Para topologias não direcionadas e $n \geq 3$:

$$(2n - 4)!$$

$$(n - 2)! 2^{n-2}$$

O número de topologias enraizadas pode ser calculado multiplicando a fórmula acima pelo número de ramos $(2n-3)$ ou incrementando +1 à n .

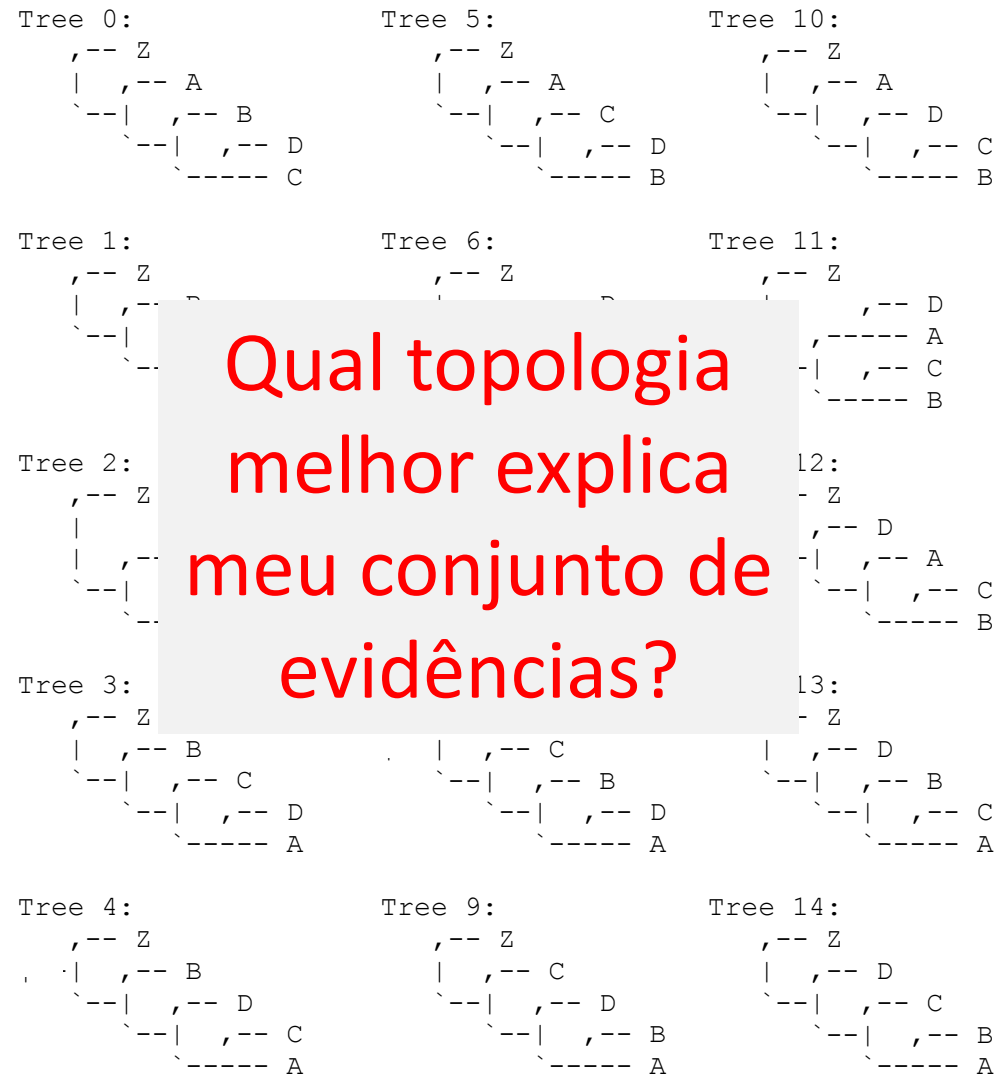


Resoluções possíveis:

Z TAGAGCAATCCCTAACTG-AA
A TAGAGCA-TCGCTA-CTA-AA
B TAGAGCAATCACTAACTG-GA
C TAGAGCTGTCTCTAACAGA--
D TAGAGCTATCACAAACAGAAA



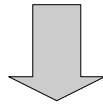
	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	0.10	-			
B	0.10	0.17	-		
C	0.23	0.27	0.22	-	
D	0.20	0.29	0.20	0.17	-



Critério de otimalidade: critério de seleção

Topologias como hipóteses:

Teste → Avaliação → Determinação de qualidade relativa



Índices de mérito comparativos

Independente do índice: requer **função objetiva**,
baseada nos dados (D) e na árvore (T)

$$C = f(D, T)$$

Árvores precisam ter um “custo”, e usamos esse custo para determinar se a árvore A é melhor que B, ou qual é a melhor (ou são as melhores) árvores.

'Without such a cost, these objects are mere pictures — “tree-shaped-objects” of no use in science'

Critério de otimalidade: critério de seleção

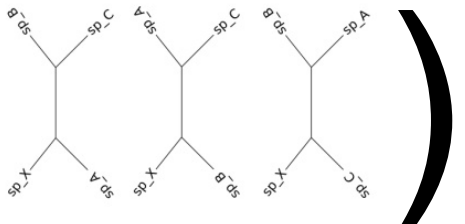
Função objetiva:

$$C = f(D, T)$$

Em fenética: proximidade das distâncias empíricas

Índice de similaridade global = f (

sp_Z	CTGGCTACGT
sp_A	TGGAGTAAGT
sp_B	CCTAGCAAGT
sp_C	CCTGATTGCA

, )

(qual é a topologia que melhor explica meus dados, minimizando as distâncias entre terminais)

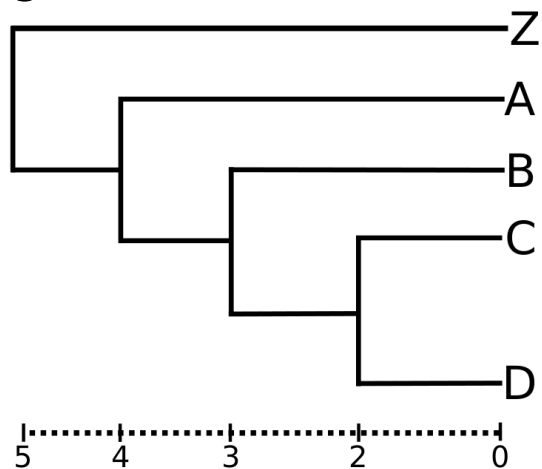
Fenética

EVIDÊNCIAS: similaridade global
MORFOLOGIA e/ou MOLECULAR

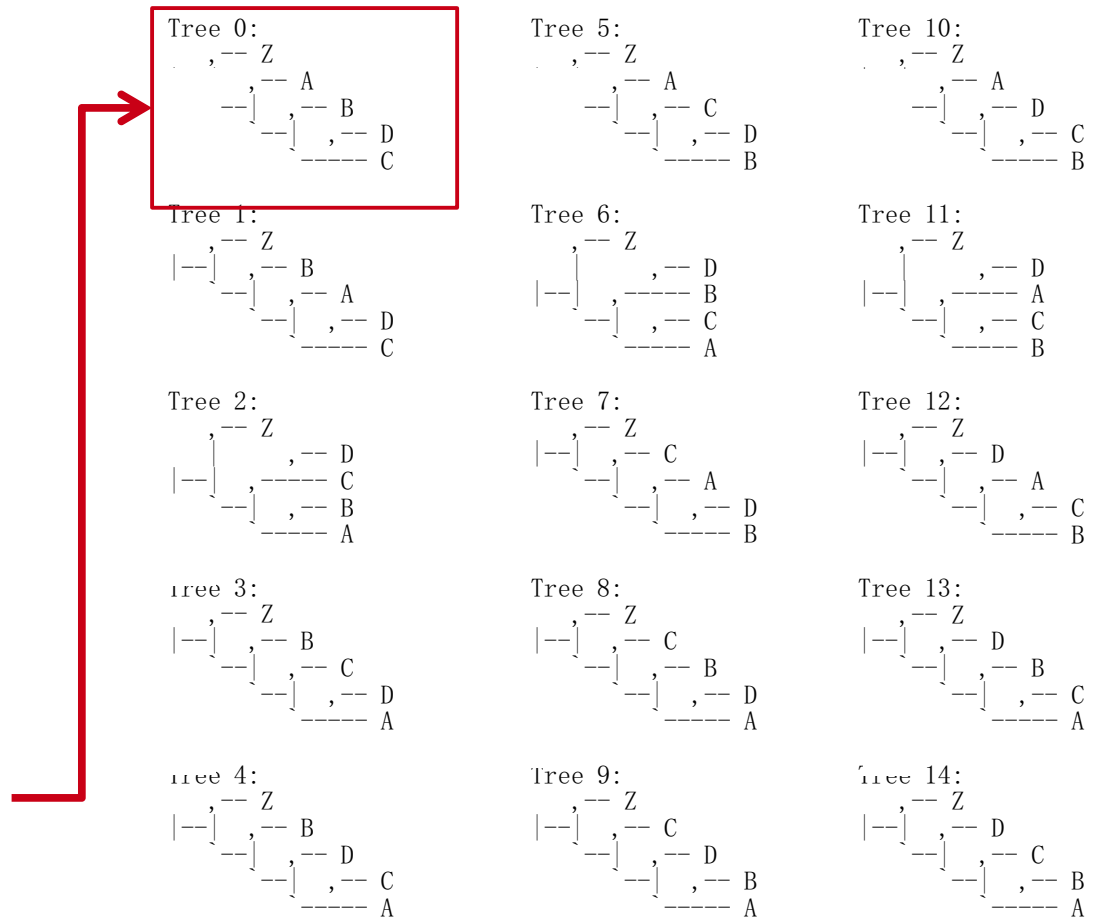
Matriz de distância:

	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	0.10	-			
B	0.10	0.17	-		
C	0.23	0.27	0.22	-	
D	0.20	0.29	0.20	0.17	-

Fenograma*:



Resoluções possíveis



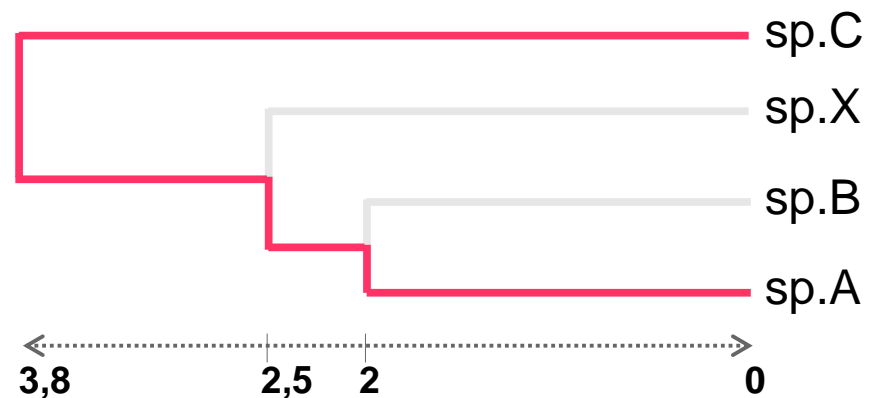
* caráter ilustrativo pois não representa a matriz de distância acima.

Fenética

Problemas com o método:

1. Desconsidera que semelhanças decorrem de processos não relacionados com relação de parentesco.
2. Método é incapaz de manter as relações de distâncias originais para matrizes com mais de 4 terminais. Considere:

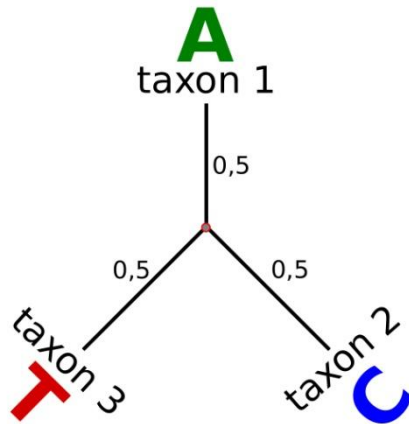
	[X]	[A]	[B]	[C]
X	-			
A	5	-		
B	6	4	-	
C	7	9	7	-



Fenética

Problemas com o método:

3. Realismo



Qual seria o par de base presente no ancestral comum destes terminais?

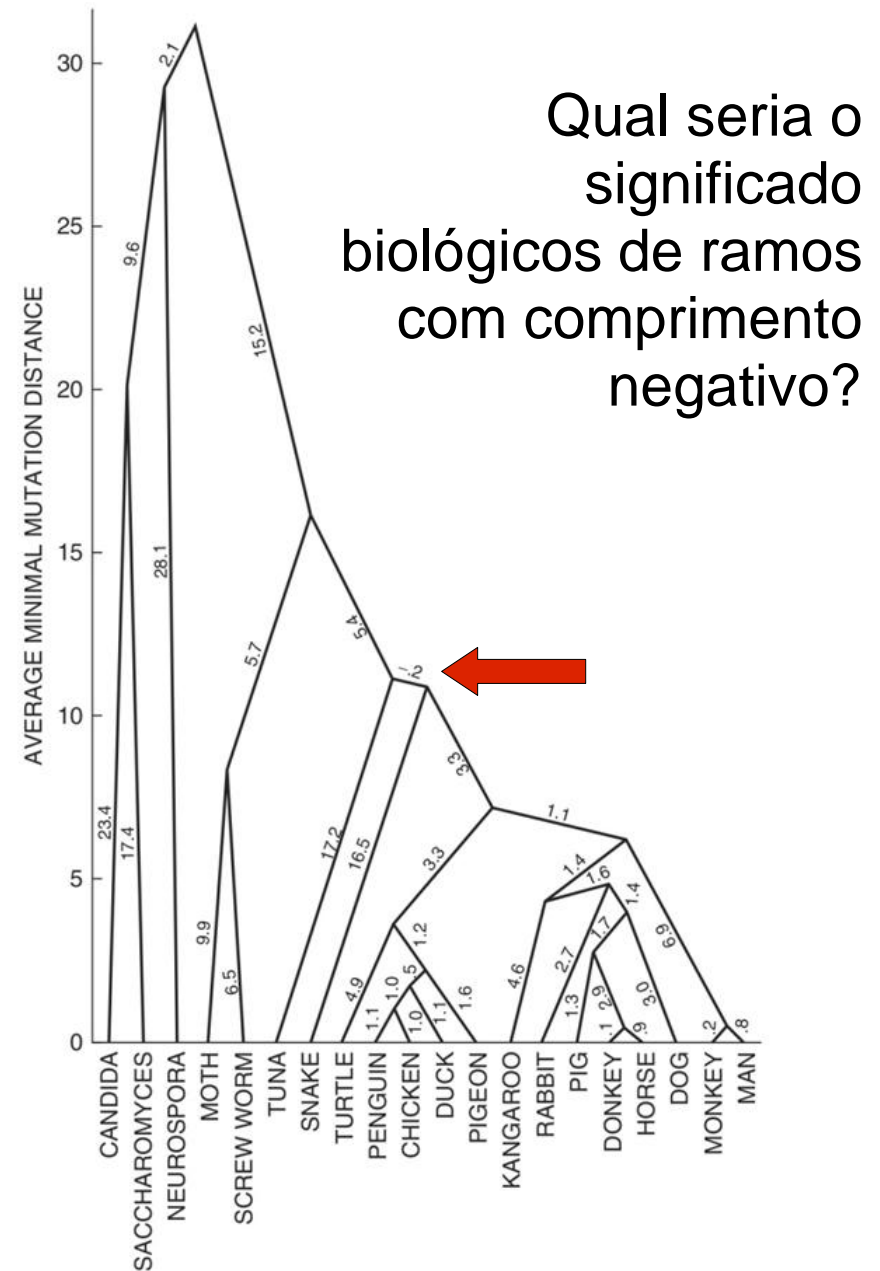
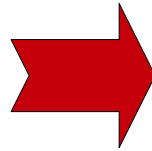
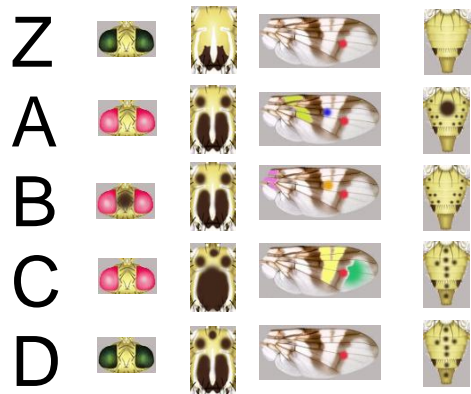


Figure 9.13: Fitch–Margoliash analysis of cytochrome *c* protein sequences (Fitch and Margoliash, 1967). Note the negative branch length on the edge leading to tetrapods.

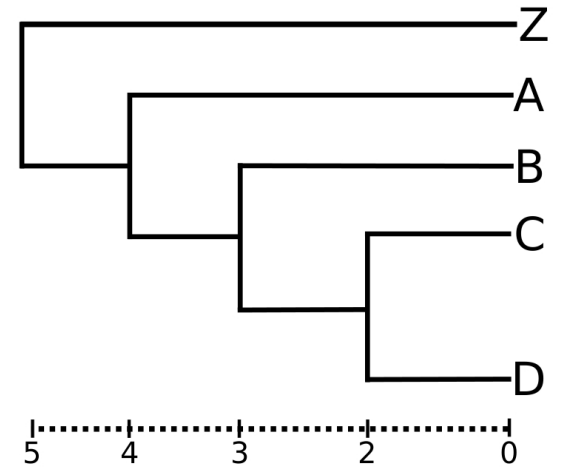
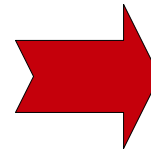
Fenética

Problemas com o método:

4. Perda de informação



	[Z]	[A]	[B]	[C]	[D]
Z	-				
A	7	-			
B	7	6	-		
C	7	9	9	-	
D	5	7	7	4	-



Conceitos fundamentais desta aula:

Homologia vs. homoplasia

Fenética ou Taxonomia Numérica

Fenogramas

Inferência Filogenética:

- Obtenção de dados

- Codificação e evidências

- Avaliação e seleção de hipóteses

 - Grafos

 - OTUs e HTUs

 - Enumeração

 - Critério de otimalidade

Problemas metodológicos da Fenética