

# Caminhos de Amizades pelo Facebook: *Dualidade Computacional entre Curto e Longo*

iECI – 2019

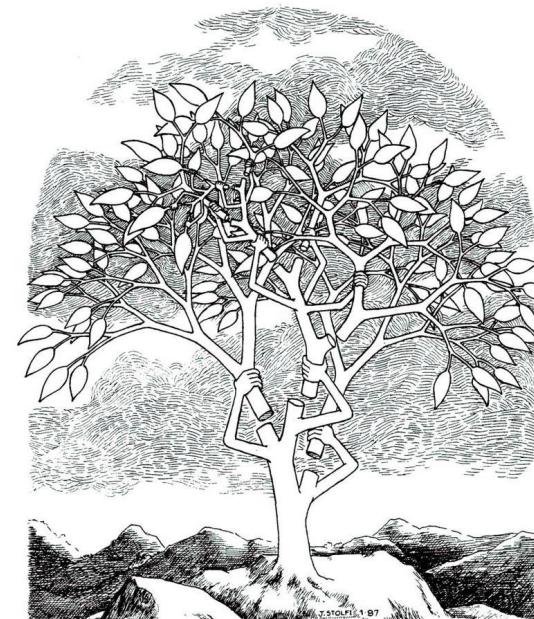
Daniel Ratton Figueiredo  
PESC/COPPE/UFRJ



# Problemas da Computação



- ❑ Objetivo: como resolver problemas
  - o calcular zeros de um polinômio
  - o ordenar um conjunto de nomes
  - o encontrar página web mais relevante
- ❑ Solução é como encontrar a resposta de forma eficiente
  - o resposta em si não é importante
- ❑ Qual é a *cara* da solução?
  - o computador faz só o que mandamos



# Algoritmo + Estrutura de Dados

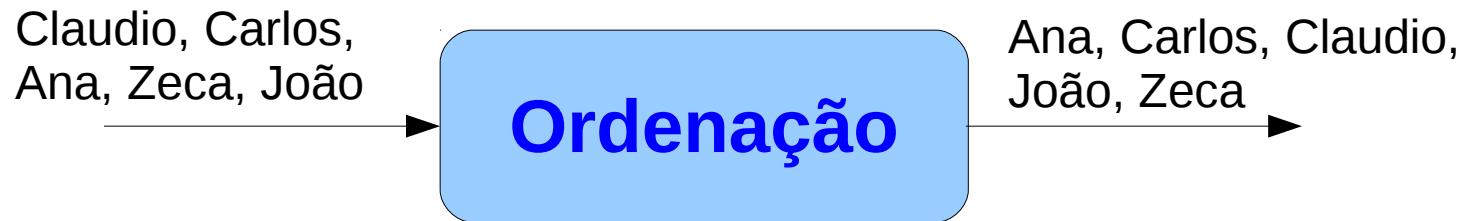
- ❑ Algoritmo: conjunto de regras (ordens)
  - o recebe dados, processa, gera dados (função)
- ❑ Estrutura de dados: memória para encadear ordens



- ❑ Ex. Encontrar zeros de equação do segundo grau,  $ax^2 + bx + c = 0$ 
  - o entrada: valores de a, b, c
  - o saída: valores de x onde equação vale zero
- ❑ Algoritmo?

# Ordenando Nomes

- ❑ Colocar em ordem alfabética conjunto de nomes
  - entrada: lista de nomes
  - saída: lista de nomes ordenada

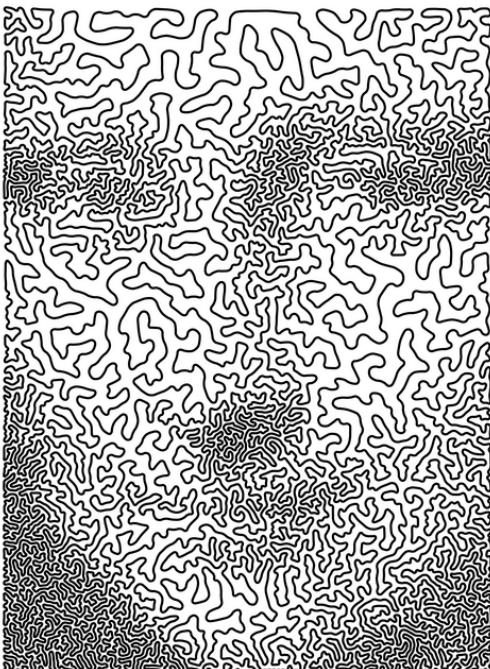


- ❑ Algoritmo?
  - 1) determinar menor nome da lista
  - 2) remover menor nome da lista, colocar na saída
  - 3) voltar ao passo 1 enquanto lista não vazia

# Complexidade Computacional



- ❑ Existem mil maneiras de ordenar nomes
- ❑ Qual delas é a mais eficiente?  
o que faz menos comparações?



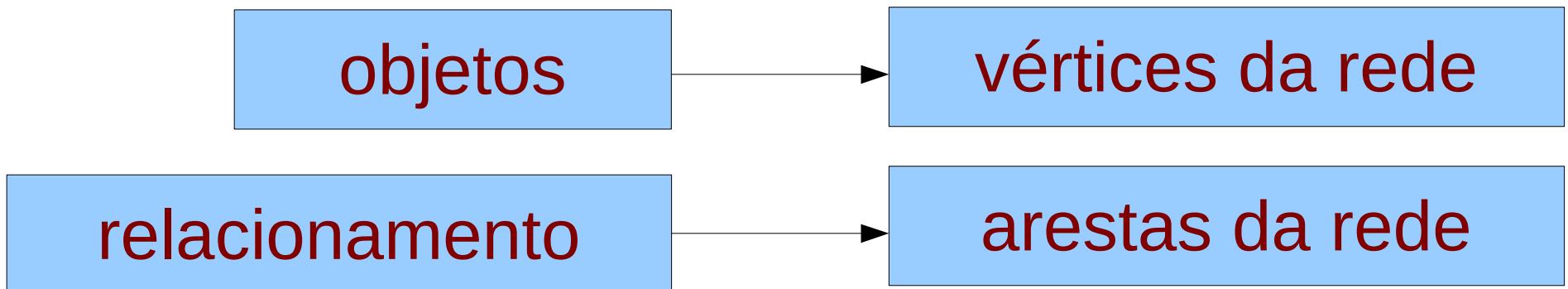
- ❑ Problema central na computação:  
projetar algoritmos eficientes

**É mais arte que ciência!**

- ❑ Sim para alguns problemas, ainda  
não para outros!

# Redes (ou Grafos)

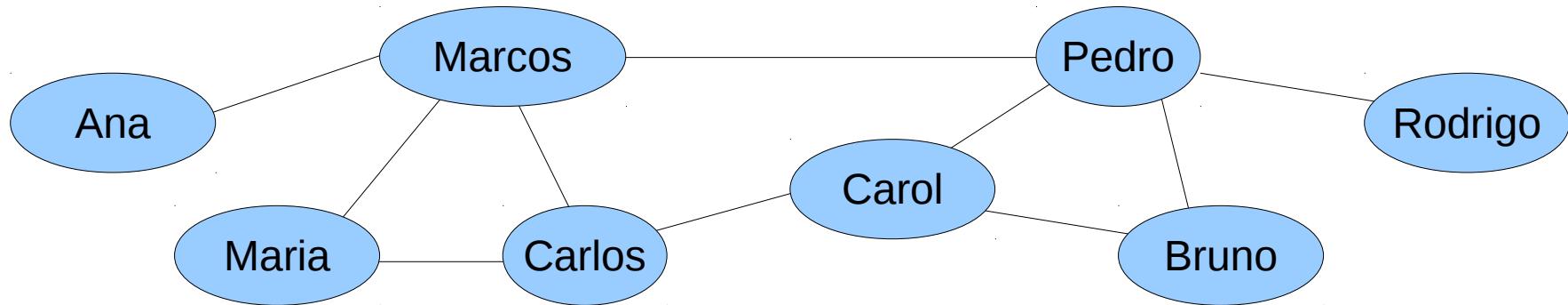
- ❑ Abstração que permite codificar relacionamento entre **pares** de objetos



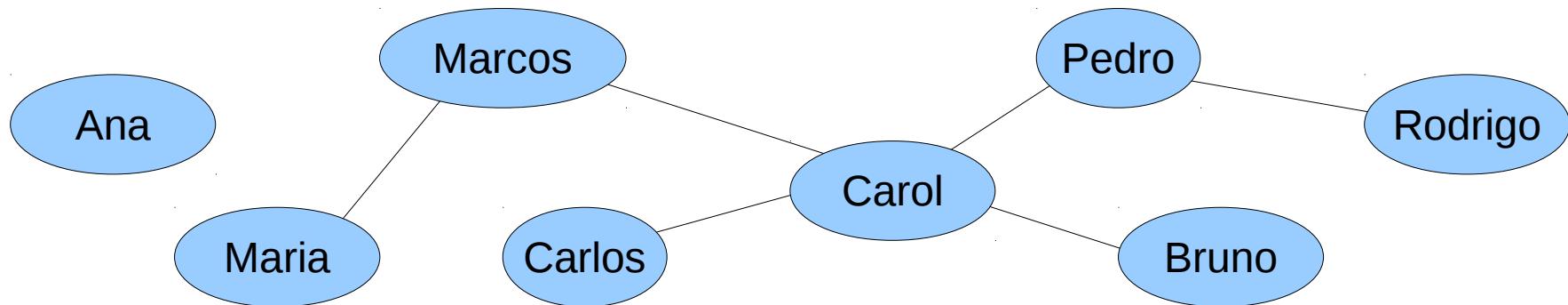
- ❑ Redes como ferramenta de **abstração matemática**
- ❑ Na computação e matemática, redes é chamada de grafos

# Redes Sociais

- ❑ Objeto: pessoas
- ❑ Relacionamento: ser amigo no Facebook



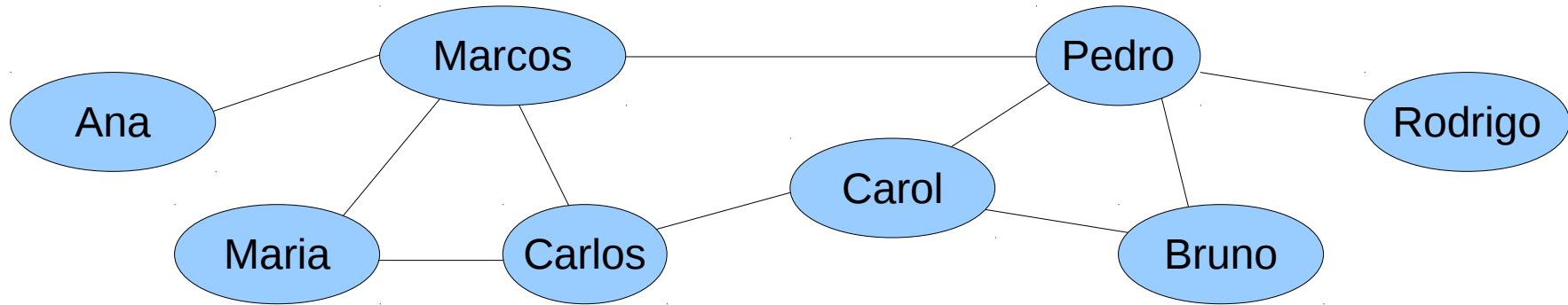
- ❑ Outro relacionamento: ter contato no Whatsapp



**Diferentes relacionamentos sobre mesmo conjunto de objetos!**

# Caminhos em Redes

- ❑ Caminho: sequência de vértices com arestas incidentes

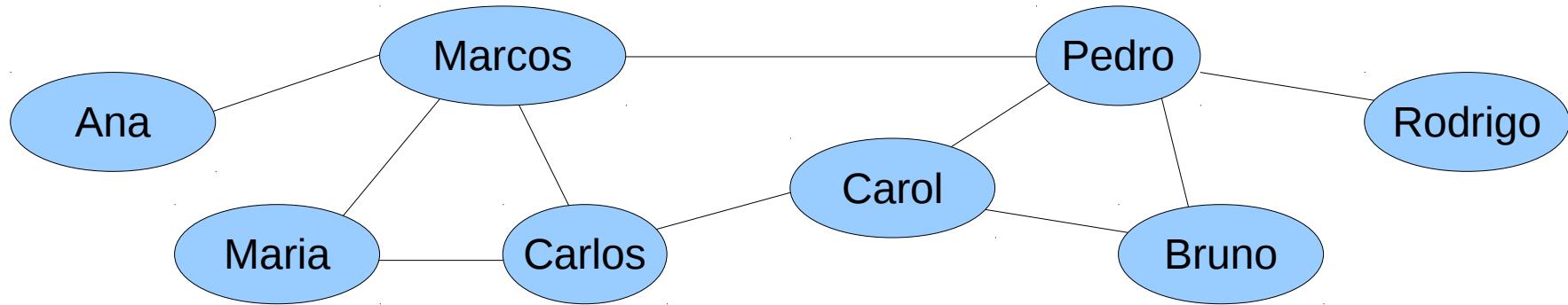


- ❑ (Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Maria, Marcos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Ana, Marcos, Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?

**Muitos caminhos entre os pares!**

# Distâncias em Redes

- Comprimento de um caminho: número de arestas (relacionamentos) pertencentes ao caminho



- (Maria, Carlos, Carol, Pedro) comprimento?
- (Ana, Marcos, Maria, Carlos, Carol, Pedro) comprimento?
- **Distância:** comprimento do caminho de menor comprimento entre dois vértices
  - proximidade entre dois vértices no relacionamento
- Distância(Maria, Pedro)?
- Distância(Ana, Rodrigo)?

# Facebook

- ❑ Mais de 2.3 bilhões de usuários
- ❑ Média ~400 amizades por pessoa
  - 400 bilhões de relacionamentos



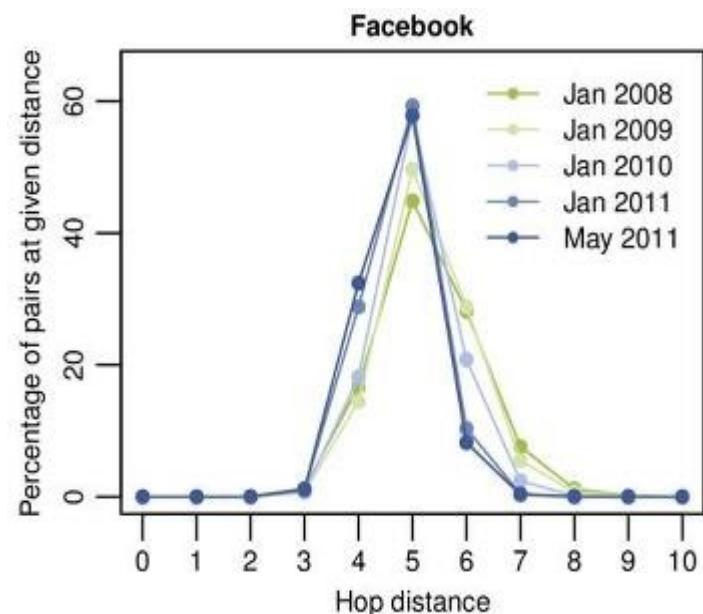
## ❑ Distâncias no Facebook:

- Entre você e pessoa escolhida ao acaso?
- Entre você e pessoa “bem longe”?

→ ~ 5 ! ! !

→ ~ 10

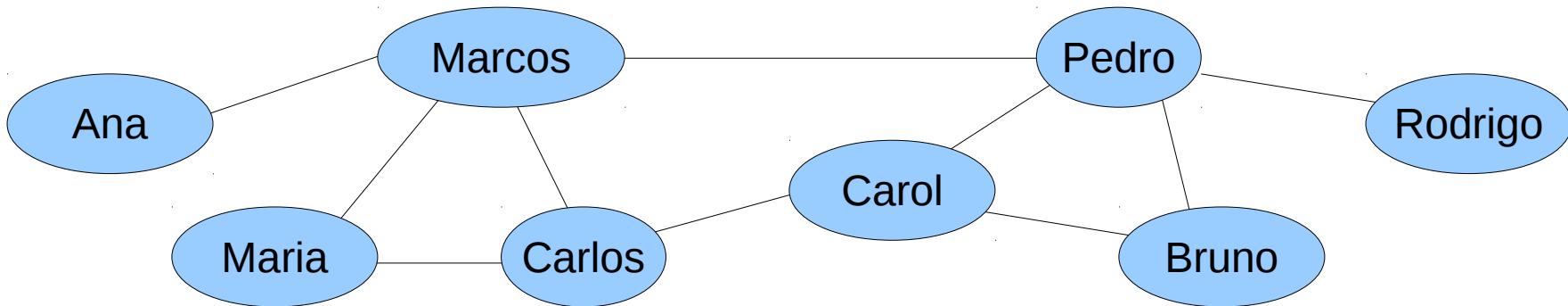
- ❑ Distribuição de distâncias
  - considerando todos os pares, fração de pares com distância  $d$



# Calculando Distâncias



- ❑ Muito interessante, mas como calcular distâncias na rede?
  - o entrada: rede e dois vértices  $u, v$
  - o saída: distância entre eles
- ❑ Algortimo?

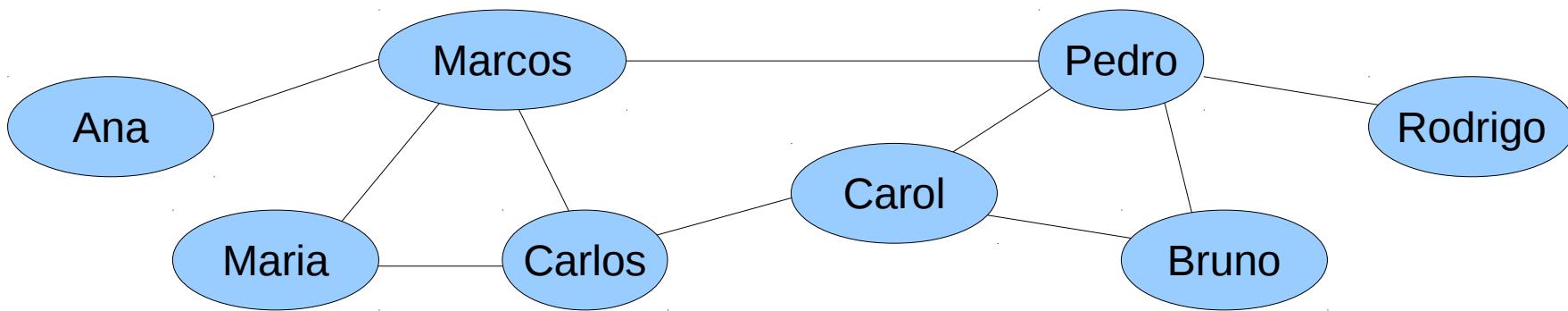


## Problema resolvido!

- ❑ Sabemos encontrar caminhos curtos rapidamente
  - o No FB, menos de 1 segundo em seu laptop!

# Caminhos Longos

- Comprimento do **maior** caminho entre dois vértices (sem repetição)
  - mede longos percursos (transitividade) pela rede

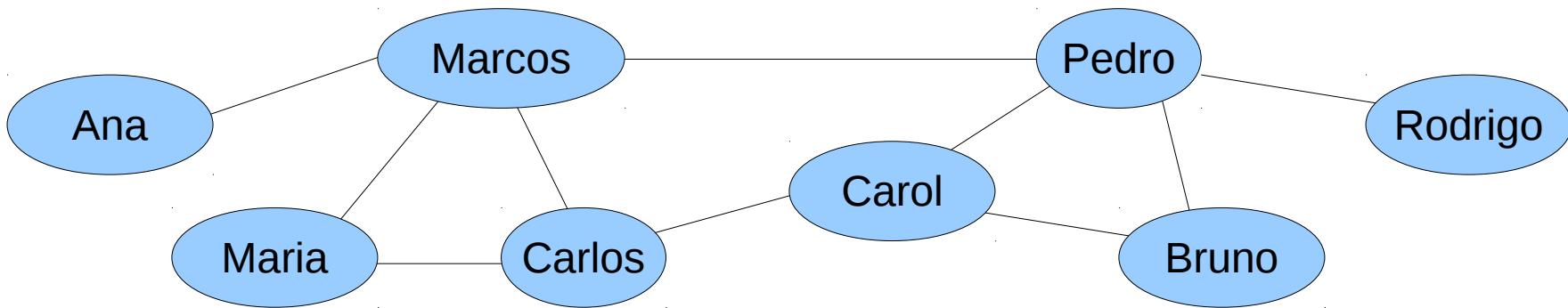


- $\text{Longe}(u,v)$ : comprimento do maior caminho entre  $u$  e  $v$
- $\text{Longe}(\text{Carlos}, \text{Carol})?$  → 5
- $\text{Longe}(\text{Ana}, \text{Maria})?$  → 6
- $\text{Longe}(\text{Ana}, \text{Rodrigo})?$  → 7

# Calculando Longe



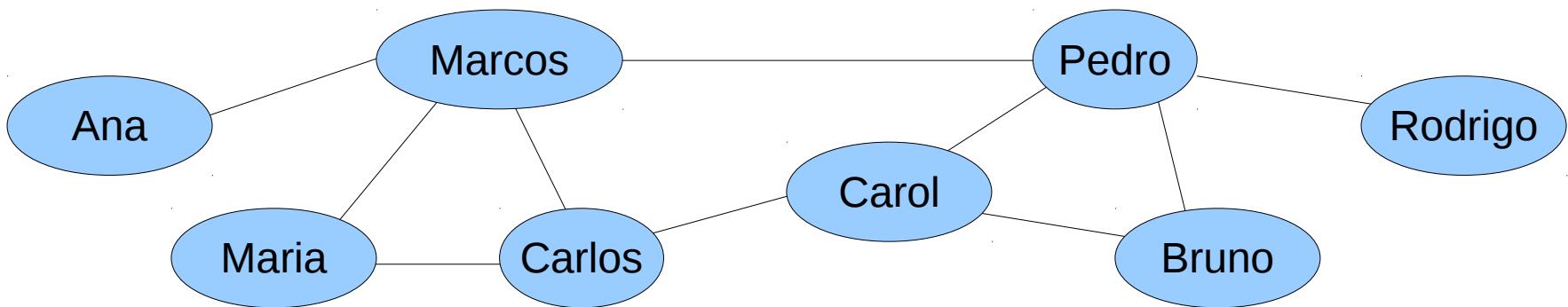
- Algoritmo para calcular  $\text{Longe}(u, v)$ ?
  - o entrada: rede e dois vértices  $u, v$
  - o saída: comprimento do maior caminho simples entre eles



- Ideias?

# Algoritmo Bobo

- 1) Fixa  $u, v, i=(n-1)$
- 2) Para cada permutação  $p=(u, \dots, v)$  com  $i$  vértices faça
  - 2.1) verificar se existe aresta entre vértices da permutação  $p=(u, \dots, v)$
  - 2.2) caso positivo, pare (encontramos caminho)
- 3) decrementa  $i$ , volta para passo 2 (até  $i=0$ )



❑ Complexidade do Bobo?

$O > n!$  onde  $n$  é o número de vértices da rede

# Calculando Longe

- ❑ Algoritmo Bobo não é eficiente
  - $50!$  é mais que número de átomos no universo
  - não “termina” nem na rede dos alunos da Matemática Aplicada



- ❑ Existe algoritmo eficiente para calcular Longe?

**Não sabemos!**

- ❑ Não conhecemos nenhum algoritmo, não sabemos se um existe
- ❑ Prêmio de 1 milhão de dólares para quem responder!



# Dicotomia Perto-Longe

- ❑ Considere uma rede, e dois problemas:
  - ❑ Calcular caminho mais curto
  - ❑ Calcular caminho mais longo

← **Fácil**

← **Difícil** (aparentemente)

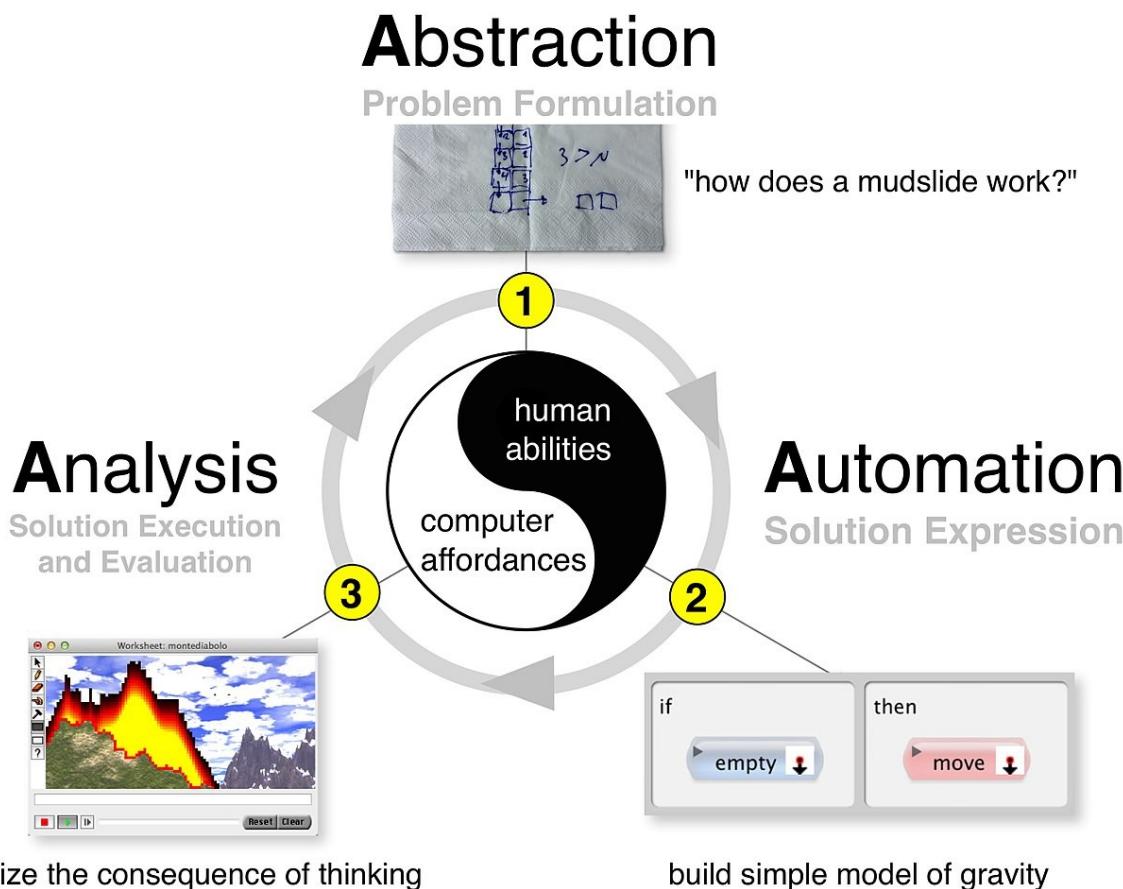
- ❑ Dicotomia (?) ainda sem explicação bem aceita
- ❑ Dicotomia semelhante em diversos outros problemas



**Aspectos centrais à Computação**

# Computational Thinking

- ❑ Metodologia para expressar problemas e respostas (algoritmicamente)
- ❑ Habilidade fundamental no mundo moderno
  - o muito além da Computação



- ❑ Parte do ensino, como matemática
- ❑ Entidades: *Hour of Code*
- ❑ Realidade nos EUA

# Obrigado!



Perguntas ou comentários?

Email: [daniel@cos.ufrj.br](mailto:daniel@cos.ufrj.br)  
Web: [www.cos.ufrj.br/~daniel](http://www.cos.ufrj.br/~daniel)

PESC/COPPE/UFRJ

# Computação e Matemática



- ❑ László Lovász: grande e influente matemático, probabilidade, combinatória, grafos, etc

*Trends in Mathematics: How they could change education*  
László Lovász, 2008

- ❑ Matemática algorítmica: pensamento procedural para resolver problemas
- ❑ Computador → matemática experimental

**Matemática e Computação  
tem tudo a ver!**