

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

iECI – 2022

Daniel Ratton Figueiredo
PESC/COPPE/UFRJ



Problemas da Computação



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



Algoritmo + Estrutura de Dados

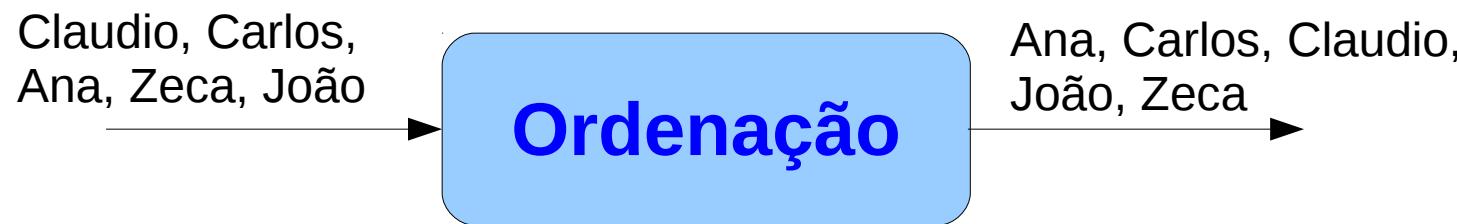
- ❑ Algoritmo: conjunto de regras (ordens)
 - o recebe dados, processa, gera dados (função)
- ❑ Estrutura de dados: memória para encadear ordens



- ❑ 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

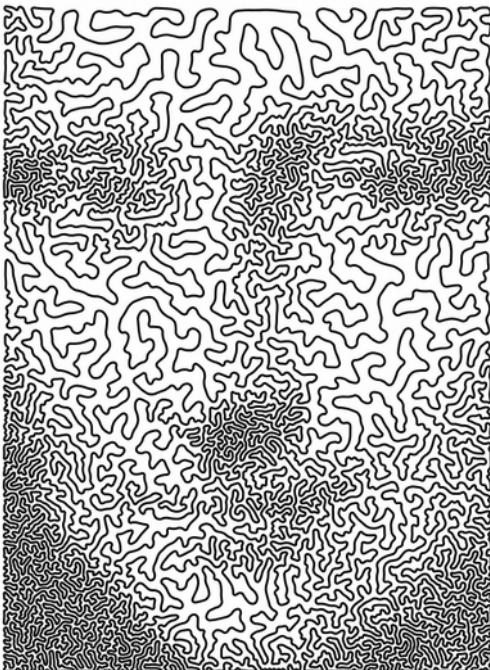


- ❑ Algoritmo?
 - 1) determinar menor nome da lista
 - 2) remover menor nome da lista, colocar na saída
 - 3) voltar ao passo 1 enquanto lista não vazia

Complexidade Computacional



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



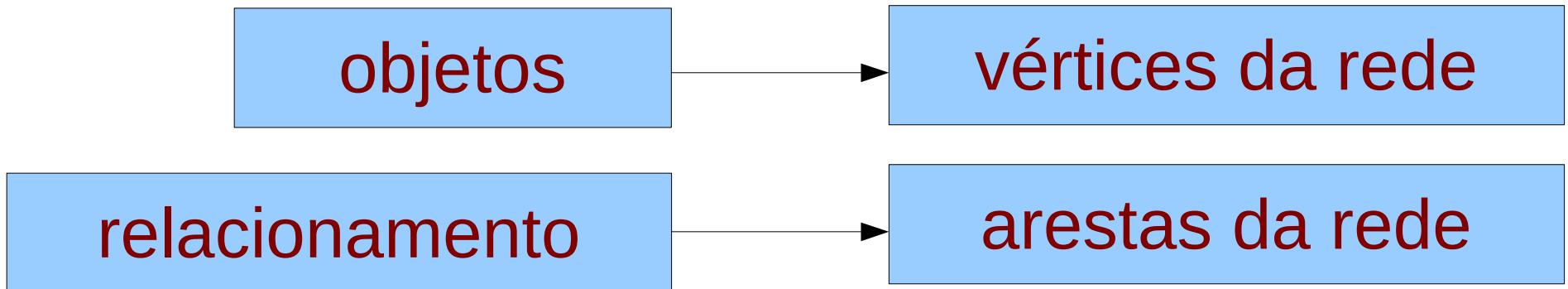
- ❑ Problema central na computação:
projetar algoritmos eficientes

É mais arte que ciência!

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

Redes (ou Grafos)

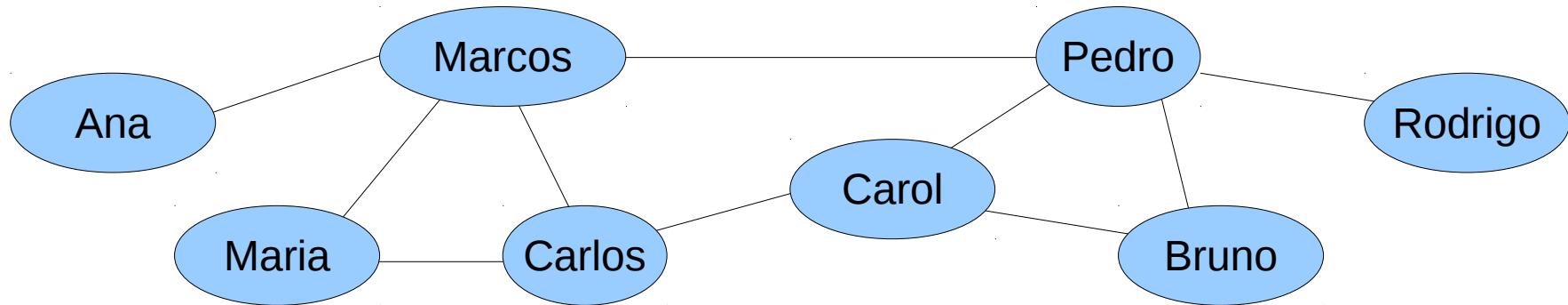
- ❑ Abstração que permite codificar relacionamento entre **pares** de objetos



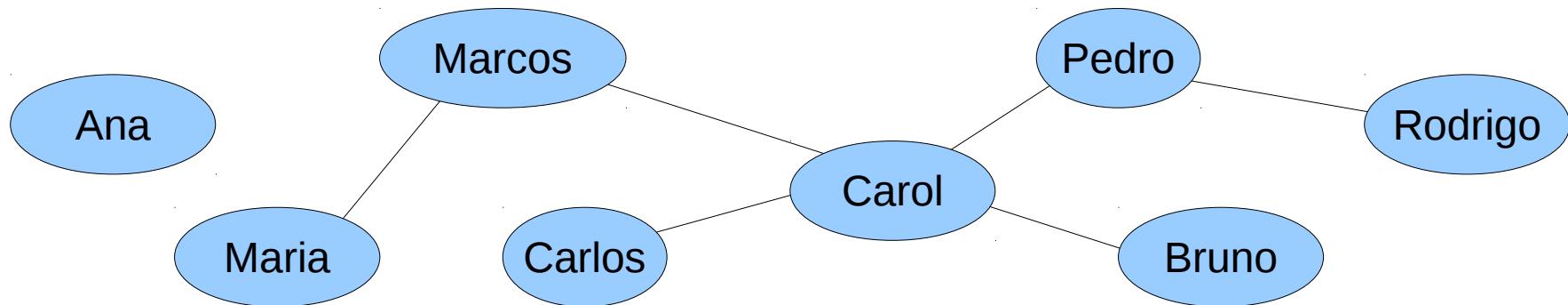
- ❑ Redes como ferramenta de **abstração matemática**
- ❑ Na computação e matemática, redes é chamada de grafos

Redes Sociais

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



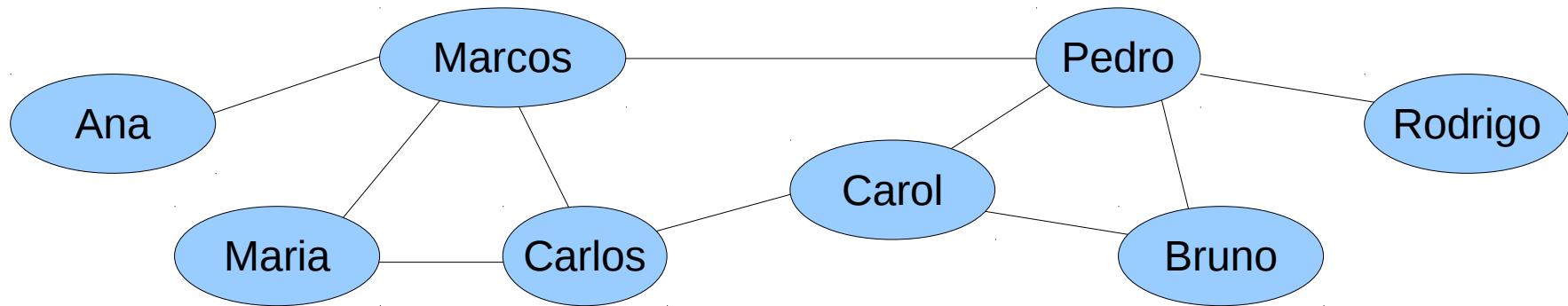
- ❑ Outro relacionamento: ter contato no Whatsapp



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

Caminhos em Redes

- ❑ Caminho: sequência de vértices com arestas incidentes

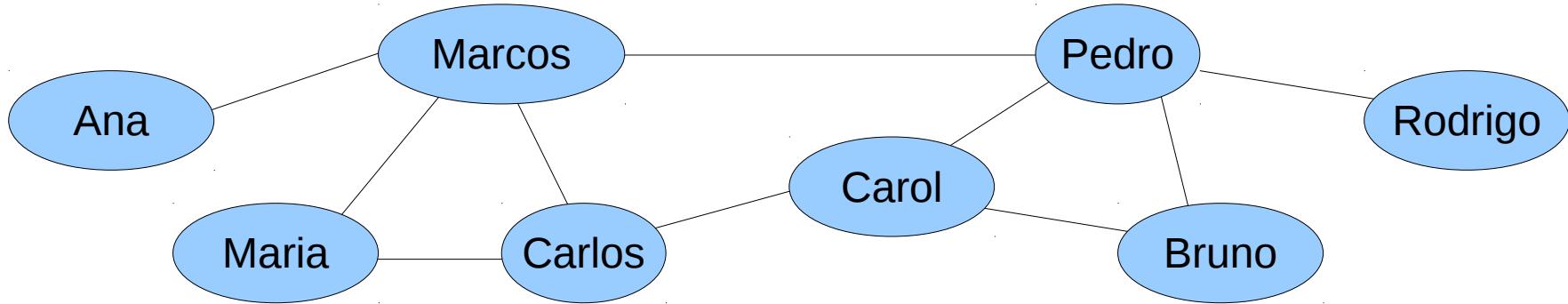


- ❑ (Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Maria, Marcos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Ana, Marcos, Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?

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 2.5 bilhões de usuários
- Média ~500 amizades por pessoa
 - 400 bilhões de relacionamentos

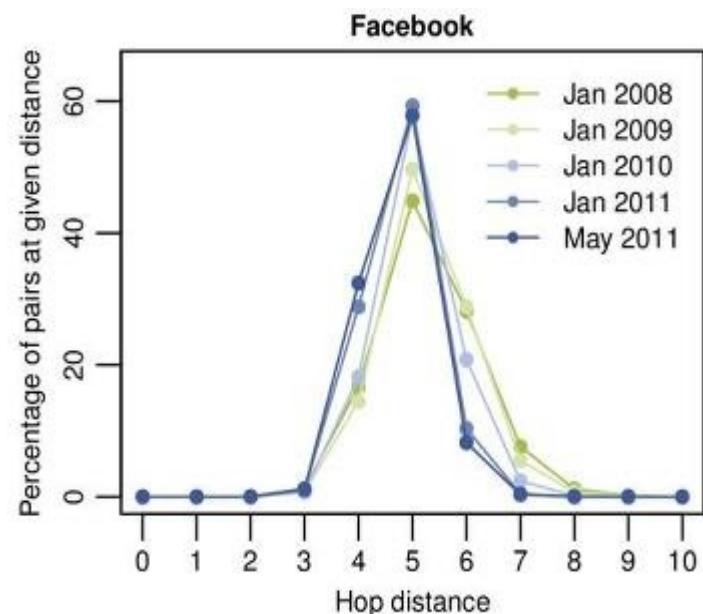


□ Distâncias no Facebook:

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

→ ~ 5 ! ! !
→ ~ 10

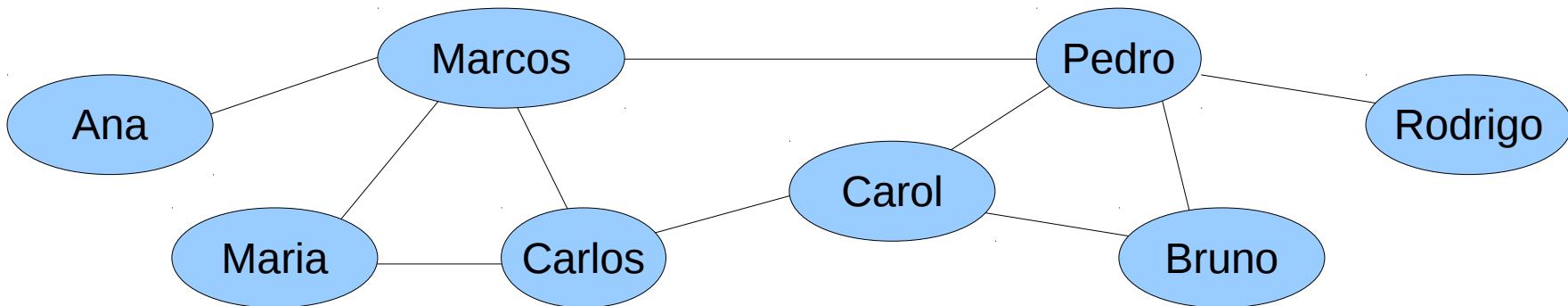
- Distribuição de distâncias
 - considerando todos os pares, fração de pares com distância d



Calculando Distâncias



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

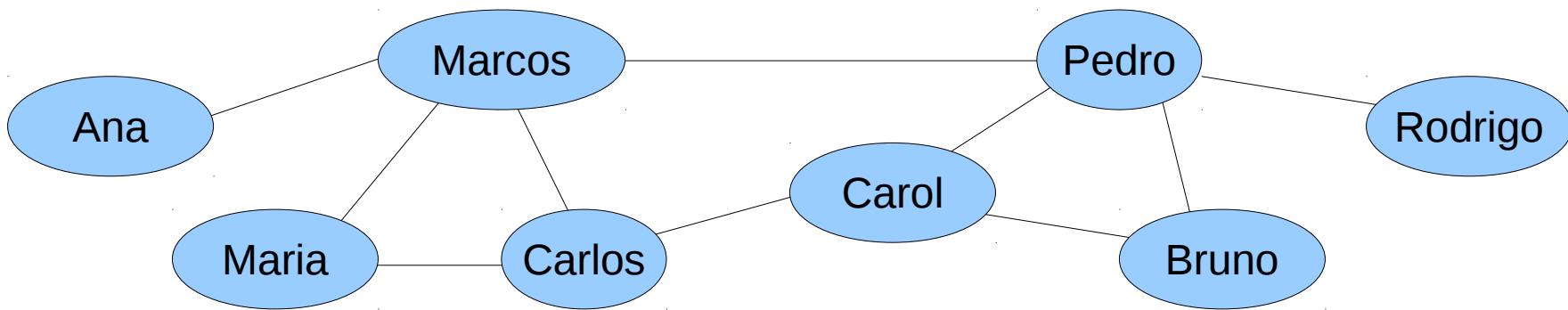


Problema resolvido!

- ❑ 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

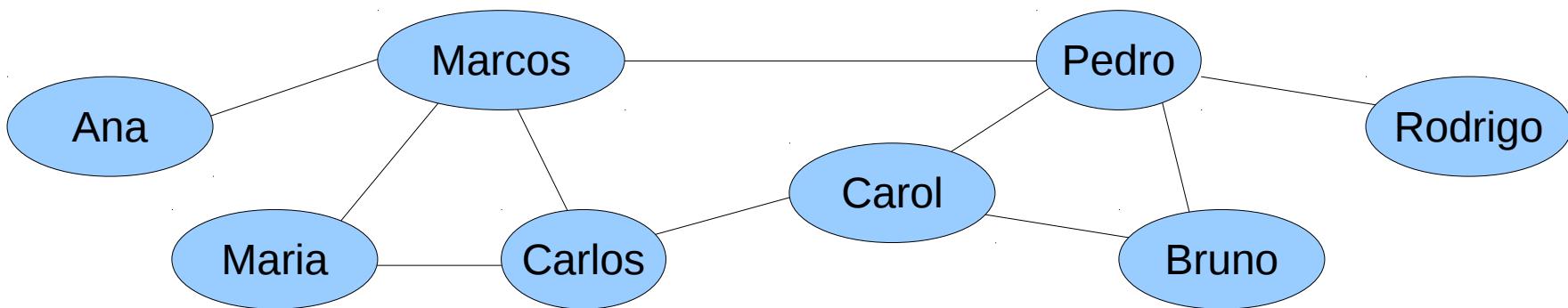


- $\text{Longe}(u,v)$: comprimento do maior caminho entre u e v
- $\text{Longe}(\text{Carlos}, \text{Carol})?$ → 5
- $\text{Longe}(\text{Ana}, \text{Maria})?$ → 6
- $\text{Longe}(\text{Ana}, \text{Rodrigo})?$ → 7

Calculando Longe



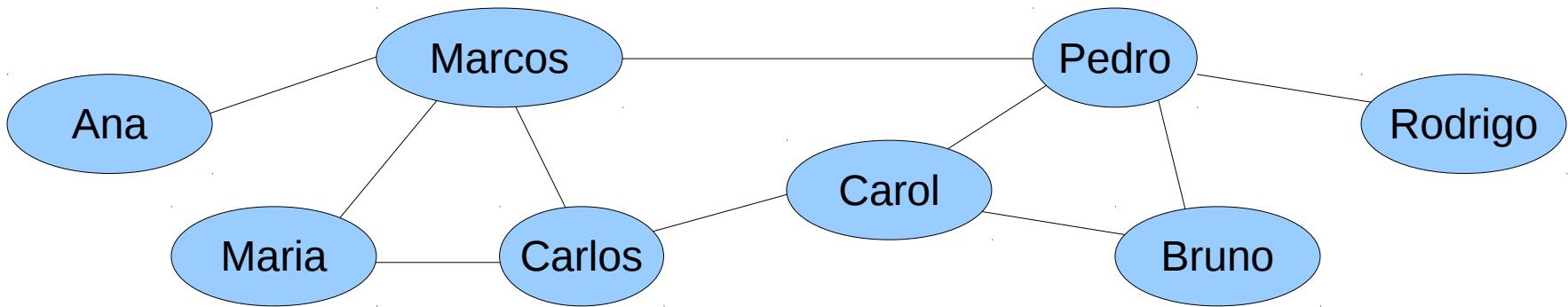
- Algoritmo para calcular $\text{Longe}(u,v)$?
 - o entrada: rede e dois vértices u, v
 - o saída: comprimento do maior caminho simples entre eles



- 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 ECI



- ❑ Existe algoritmo eficiente para calcular Longe?

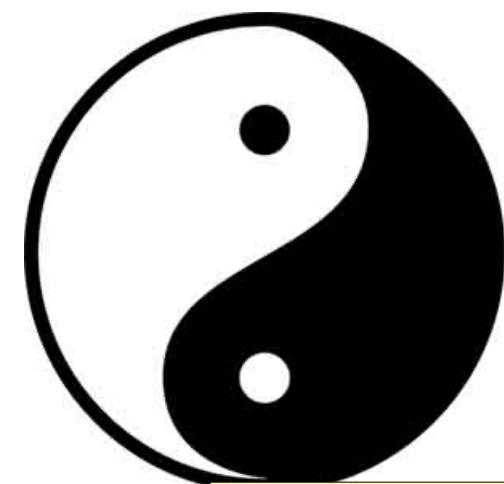
Não sabemos!

- ❑ 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)

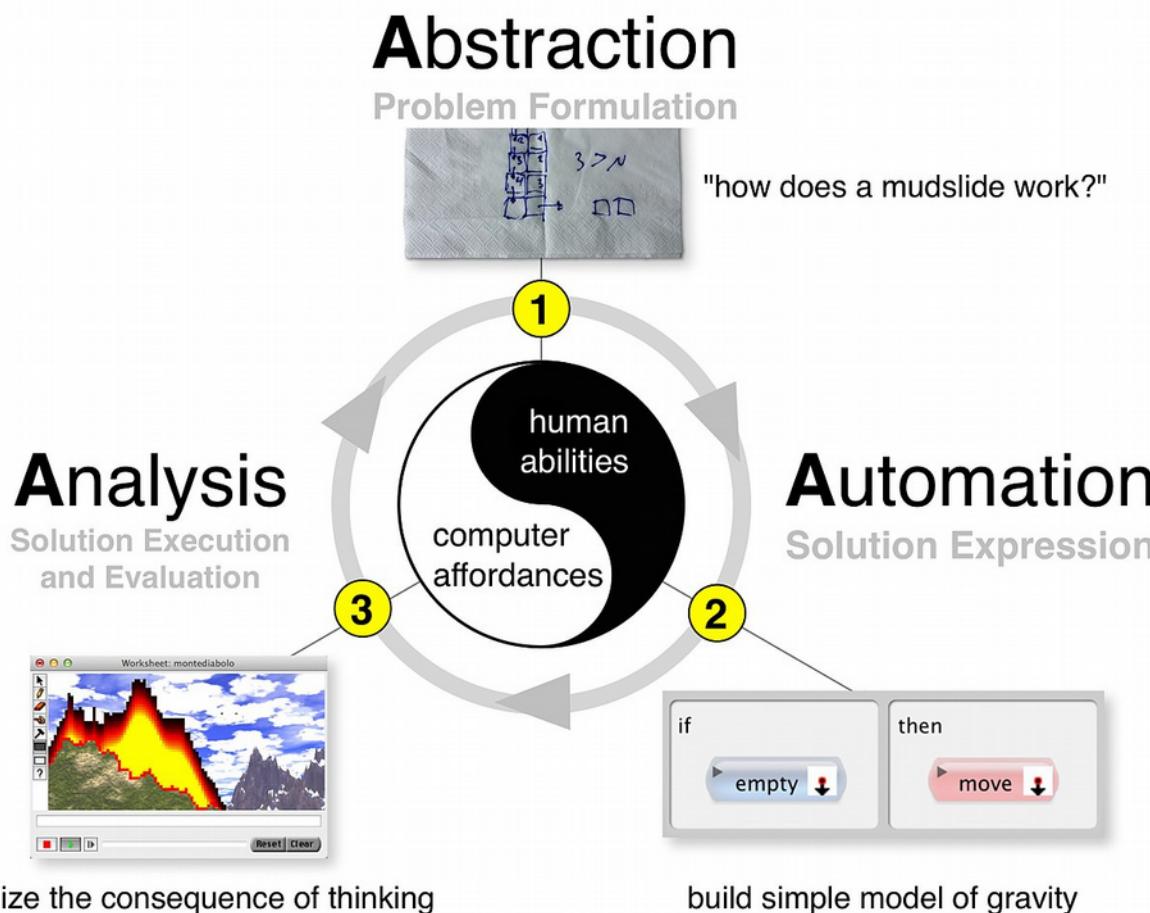


- ❑ Dicotomia (?) ainda sem explicação bem aceita
- ❑ Dicotomia semelhante em diversos outros problemas

Aspectos centrais à Computação

Computational Thinking

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



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

Obrigado!



Perguntas ou comentários?

Email: daniel@cos.ufrj.br
Web: 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!**