

Introdução ao curso

CCM-104: Teoria da Computação

Prof. Maycon Sambinelli

m.sambinelli@ufabc.edu.br

Centro de Matemática, Computação e Cognição -- Universidade Federal do ABC



Maycon Sambinelli

- ✉ **E-mail:** m.sambinelli@ufabc.edu.br
- 📄 **Sala:** 518-2, Bloco A, Torre 2
- 🖥 **Page:** <http://professor.ufabc.edu.br/~m.sambinelli>
- 🖥 **Página do curso:** <http://professor.ufabc.edu.br/~m.sambinelli/courses/2023Q3-LFA/index.html>

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

- O que é computação?

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

- O que é computação?
 - Teoria dos Autômatos

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

- O que é computação?
 - Teoria dos Autômatos
- O que pode ser computado?

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

- O que é computação?
 - Teoria dos Autômatos
- O que pode ser computado?
 - Teoria da Computabilidade

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

- O que é computação?
 - Teoria dos Autômatos
- O que pode ser computado?
 - Teoria da Computabilidade
- O quão bem pode ser computado?

“quais são as capacidades e limitações fundamentais da computação?”

- O que é computação?
 - Teoria dos Autômatos
- O que pode ser computado?
 - Teoria da Computabilidade
- O quão bem pode ser computado?
 - Teoria da Complexidade

O que é Computação (informal)?

O que é Computação (informal)?

O que é Computação (informal)?

O que é Computação (informal)?

- É o processo de solução de um **problema** por meio de um **algoritmo**

Tipos de problemas

Problemas vêm em vários sabores:

- Decisão
- Otimização
- Contagem
- Busca
- etc



Decisão: problema cuja resposta é **sim** ou **não**.

Decisão: problema cuja resposta é **sim** ou **não**.

- Dado um número, ele é par?

Decisão: problema cuja resposta é **sim** ou **não**.

- Dado um número, ele é par?
- Dado um número, ele é primo?

Decisão: problema cuja resposta é **sim** ou **não**.

- Dado um número, ele é par?
- Dado um número, ele é primo?
- Dados dois vértices em um grafo, existe caminho entre eles?

Decisão: problema cuja resposta é **sim** ou **não**.

- Dado um número, ele é par?
- Dado um número, ele é primo?
- Dados dois vértices em um grafo, existe caminho entre eles?
- Dados dois vértices em um grafo, existe caminho com no máximo k arestas entre eles?

Otimização: problema que procura a melhor resposta dentre todas as possíveis.

Otimização: problema que procura a melhor resposta dentre todas as possíveis.

- Dados dois números, qual o maior divisor comum de ambos?

Otimização: problema que procura a melhor resposta dentre todas as possíveis.

- Dados dois números, qual o maior divisor comum de ambos?
- Qual o menor caminho entre dois vértices?

Otimização: problema que procura a melhor resposta dentre todas as possíveis.

- Dados dois números, qual o maior divisor comum de ambos?
- Qual o menor caminho entre dois vértices?
- Qual o maior caminho entre dois vértices?

Otimização: problema que procura a melhor resposta dentre todas as possíveis.

- Dados dois números, qual o maior divisor comum de ambos?
- Qual o menor caminho entre dois vértices?
- Qual o maior caminho entre dois vértices?
- Dado um conjunto de itens valorados e um recipiente com capacidade finita, qual o maior valor obtido ao escolher itens que caibam no recipiente?

Contagem: problema cuja resposta é o número de soluções possíveis.

Contagem: problema cuja resposta é o número de soluções possíveis.

- Dado um número, quantos divisores ele possui?

Contagem: problema cuja resposta é o número de soluções possíveis.

- Dado um número, quantos divisores ele possui?
- Dado um número, quantos fatores primos ele possui?

Contagem: problema cuja resposta é o número de soluções possíveis.

- Dado um número, quantos divisores ele possui?
- Dado um número, quantos fatores primos ele possui?
- Dados dois vértices em um grafo, quantos caminhos existem entre ambos?

Tipos de problemas

Qualquer tipo de problema pode ser transformado em (reduzido a) um problema de decisão equivalente.

Tipos de problemas

Qualquer tipo de problema pode ser transformado em (reduzido a) um problema de decisão equivalente.

Caixeiro Viajante -- Otimização

- **Entrada:** Um grafo $K_n = (V, E)$ e uma função de custos $f: E \rightarrow \mathbb{R}^+$
- **Saída:** Um tour (ciclo hamiltoniano) sobre K_n de custo mínimo

Tipos de problemas

Qualquer tipo de problema pode ser transformado em (reduzido a) um problema de decisão equivalente.

Caixeiro Viajante -- Otimização

- **Entrada:** Um grafo $K_n = (V, E)$ e uma função de custos $f: E \rightarrow \mathbb{R}^+$
- **Saída:** Um tour (ciclo hamiltoniano) sobre K_n de custo mínimo

Caixeiro Viajante -- Decisão

- **Entrada:** Um grafo $K_n = (V, E)$, uma função de custos $f: E \rightarrow \mathbb{R}^+$, e um número $r \in \mathbb{R}^+$
- **Saída:** **SIM** se existe um tour sobre K_n com custo menor que r ; **NÃO** caso contrário.

Tipos de problemas

Qualquer tipo de problema pode ser transformado em (reduzido a) um problema de decisão equivalente.

Caixeiro Viajante -- Otimização

- **Entrada:** Um grafo $K_n = (V, E)$ e uma função de custos $f: E \rightarrow \mathbb{R}^+$
- **Saída:** Um tour (ciclo hamiltoniano) sobre K_n de custo mínimo

Caixeiro Viajante -- Decisão

- **Entrada:** Um grafo $K_n = (V, E)$, uma função de custos $f: E \rightarrow \mathbb{R}^+$, e um número $r \in \mathbb{R}^+$
- **Saída:** **SIM** se existe um tour sobre K_n com custo menor que r ; **NÃO** caso contrário.

Por isso, podemos nos restringir a problemas de decisão

Tudo é número string!

Strings podem representar qualquer objeto:

- Números: 5 → `"5"` ou `"00110101"`, etc ...

Tudo é número string!

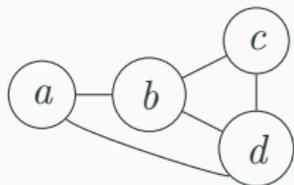
Strings podem representar qualquer objeto:

- Números: $5 \rightarrow \text{"5"} \text{ ou } \text{"00110101"}, \text{ etc ...}$
- Polinômios: $4x^2 + 3y - 5 \rightarrow \text{"4x^2 + 3y - 5"}$

Tudo é número string!

Strings podem representar qualquer objeto:

- Números: $5 \rightarrow \text{"5"}$ ou "00110101" , etc ...
- Polinômios: $4x^2 + 3y - 5 \rightarrow \text{"4x^2 + 3y - 5"}$
- Grafos:

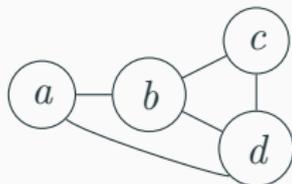


$\rightarrow \text{"}(\{a, b, c, d\}, \{ab, bc, cd, bd, ad\})\text{"}$

Tudo é número string!

Strings podem representar qualquer objeto:

- Números: $5 \rightarrow ``5''$ ou ``00110101'', etc ...
- Polinômios: $4x^2 + 3y - 5 \rightarrow ``4x^2 + 3y - 5''$
- Grafos:



$\rightarrow ``(\{a, b, c, d\}, \{ab, bc, cd, bd, ad\})''$

- Imagens



101	102	174	168	150	152	120	151	112	151	106	106
100	102	143	74	71	62	58	17	111	210	100	104
100	100	62	14	34	6	12	32	46	100	100	101
200	100	0	114	131	111	102	204	100	16	56	100
194	66	110	201	207	200	200	208	207	67	1	101
173	100	207	203	203	214	220	220	226	19	74	206
166	66	176	209	192	216	211	169	100	74	20	100
160	67	144	160	66	148	100	11	31	62	22	100
100	160	161	163	150	227	176	162	160	1	96	100
200	176	160	202	206	197	169	176	220	67	210	204
100	216	176	160	206	197	169	176	220	67	210	204
100	224	147	160	227	210	177	161	96	111	100	204
100	214	172	66	101	143	16	2	111	100	210	
107	100	200	1	1	1	1	1	1	217	100	211
100	100	207	161	6	6	12	200	160	160	106	
100	200	200	207	177	170	100	170	16	100	106	

107	101	174	168	160	162	120	151	112	151	106	106
100	102	143	74	70	62	58	17	111	210	100	104
100	100	62	14	34	6	12	32	46	100	100	101
200	100	0	114	131	111	102	204	100	16	56	100
194	66	117	201	207	200	200	208	207	67	1	101
173	100	207	203	203	214	220	220	226	19	74	206
166	66	176	209	192	216	211	169	100	74	20	100
160	67	144	160	66	148	100	11	31	62	22	100
100	160	161	163	150	227	176	162	160	1	96	100
200	176	160	202	206	197	169	176	220	67	210	204
100	216	176	160	206	197	169	176	220	67	210	204
100	224	147	160	227	210	177	161	96	111	100	204
100	214	172	66	102	143	16	2	111	100	210	
107	100	200	1	1	1	1	1	1	217	100	211
100	202	207	161	6	6	12	200	160	160	106	
100	200	220	207	177	170	100	170	16	100	106	

Linguagem formal

Qualquer *conjunto de strings* sobre um alfabeto.

$L = \{010, 11, 0, 100, 01\}, \quad T = \{\textit{banana}, \textit{melancia}, \textit{abacate}, \textit{cereja}\}$

$C = \{\textit{if}, \textit{while}, \textit{int}, \textit{main}\}$

Qualquer problema de decisão pode ser representado por um conjunto que contém strings que representam suas instâncias **sim**.

- $\mathcal{P} = \{2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots\}$
- Decidir se um número n é primo \equiv decidir se $n \in \mathcal{P}$

Qualquer problema de decisão pode ser representado por um conjunto que contém strings que representam suas instâncias **sim**.

- $\mathcal{P} = \{2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots\}$
- Decidir se um número n é primo \equiv decidir se $n \in \mathcal{P}$

Em outras palavras, **linguagens formalizam problemas**.

Qualquer problema de decisão pode ser representado por um conjunto que contém strings que representam suas instâncias **sim**.

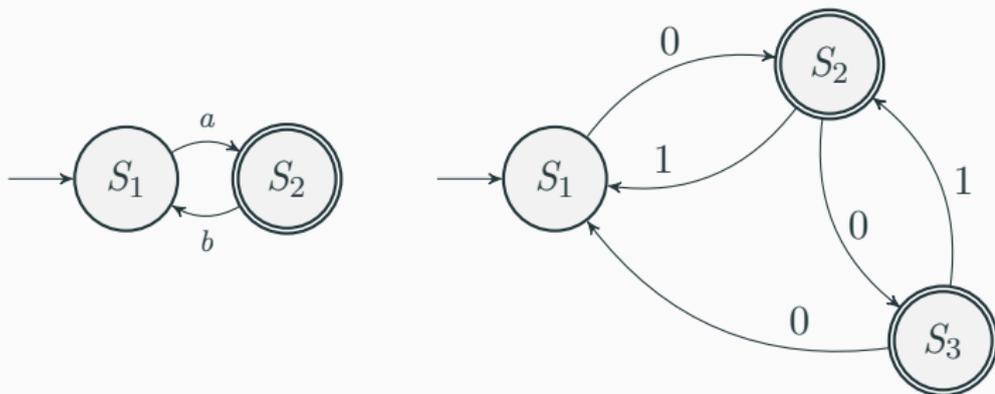
- $\mathcal{P} = \{2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots\}$
- Decidir se um número n é primo \equiv decidir se $n \in \mathcal{P}$

Em outras palavras, **linguagens formalizam problemas**.

Computação (formal): decidir se uma string pertence à linguagem.

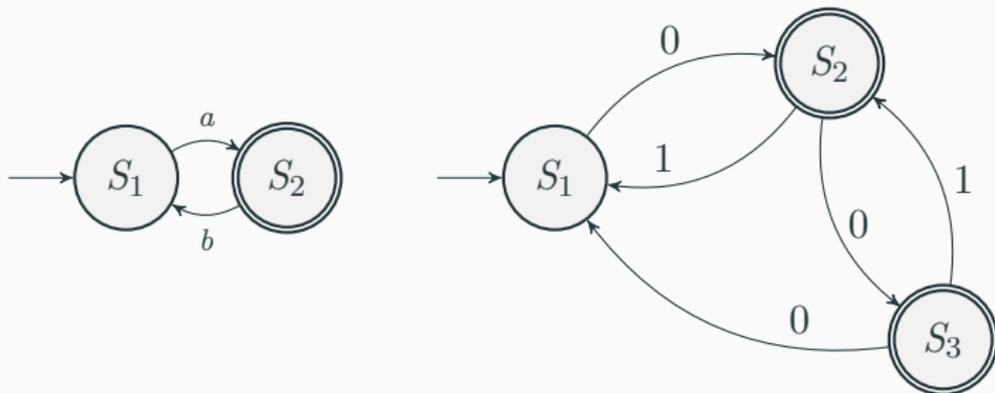
Autômatos

Máquinas (modelos matemáticos) abstratas que reconhecem palavras de uma linguagem.



Autômatos

Máquinas (modelos matemáticos) abstratas que reconhecem palavras de uma linguagem.



- Quais linguagens podem ser reconhecidas em cada máquina?

Máquinas de Turing

Máquinas de Turing

Autômatos com a mesma capacidade de computação dos computadores de hoje.

Máquinas de Turing

Máquinas de Turing

Autômatos com a mesma capacidade de computação dos computadores de hoje.

Explorar os limites da computação:



Máquinas de Turing

Autômatos com a mesma capacidade de computação dos computadores de hoje.

Explorar os limites da computação:



- Decidibilidade (o que pode ser computado?)

Máquinas de Turing

Máquinas de Turing

Autômatos com a mesma capacidade de computação dos computadores de hoje.

Explorar os limites da computação:



- Decidibilidade (o que pode ser computado?)

Problema da Parada

Dado um programa P e uma entrada I para P . O programa P quando alimentado com a entrada I para ou entre em *loop*?

Máquinas de Turing

Autômatos com a mesma capacidade de computação dos computadores de hoje.

Explorar os limites da computação:



- Decidibilidade (o que pode ser computado?)

Problema da Parada

Dado um programa P e uma entrada I para P . O programa P quando alimentado com a entrada I para ou entre em *loop*?

- Tratabilidade (quão eficiente algo pode ser computado?)
 - Complexidade
 - \mathcal{P} vs \mathcal{NP}

Introduzem conceitos relevantes a outras áreas e aplicações:

- Projeto de linguagens de programação (compiladores)

Introduzem conceitos relevantes a outras áreas e aplicações:

- Projeto de linguagens de programação (compiladores)
- Processamento de linguagem natural

Introduzem conceitos relevantes a outras áreas e aplicações:

- Projeto de linguagens de programação (compiladores)
- Processamento de linguagem natural
- Análise de texto (Parsing)

Introduzem conceitos relevantes a outras áreas e aplicações:

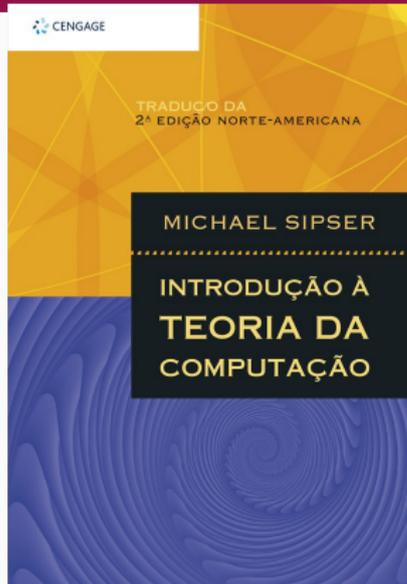
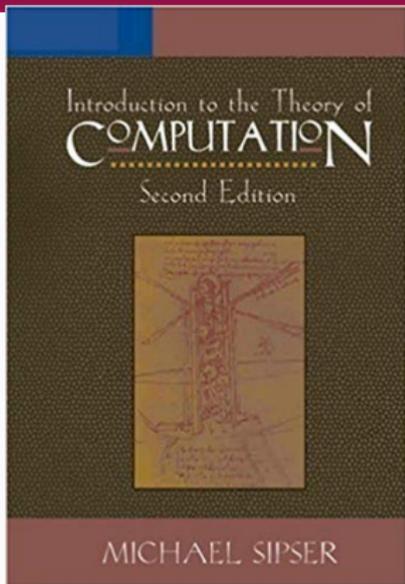
- Projeto de linguagens de programação (compiladores)
- Processamento de linguagem natural
- Análise de texto (Parsing)
- Projeto e verificação de circuitos e sistemas digitais

Sobre o Curso

Fundamentos de Ciências da Computação I, Análise de Algoritmos e Estruturas de Dados.

- **Oficial:** Programação Estruturada

Sobre as aulas



- *"Introduction to Theory of Computation"* -- 2nd edition
- Tradução: *"Introdução à teoria da computação"*
- Disponível na biblioteca

$$MF = .5 \times P1 + .5 \times P2$$

- MF é a média final antes da REC

$$MF = .5 \times P1 + .5 \times P2$$

- MF é a média final antes da REC
- P_1 é a nota da primeira avaliação

Critério de Avaliação

$$MF = .5 \times P1 + .5 \times P2$$

- MF é a média final antes da REC
- P_1 é a nota da primeira avaliação
- P_2 é a nota da segunda avaliação

Critério de Avaliação

$$MF = .5 \times P1 + .5 \times P2$$

- MF é a média final antes da REC
- P_1 é a nota da primeira avaliação
- P_2 é a nota da segunda avaliação

Critério de Avaliação

$$MF = .5 \times P1 + .5 \times P2$$

- MF é a média final antes da REC
- P_1 é a nota da primeira avaliação
- P_2 é a nota da segunda avaliação

Seu conceito final será:

- A , se $MF \geq 8.5$
- B , se $7.0 \leq MF < 8.5$
- C , se $6.0 \leq MF < 7.0$
- F , se $MF < 6.0$
- F , se ausência total exceder 25%

- Listas de exercícios no site!

- Listas de exercícios no site!
- Não valem pontos, mas valem moral.

[http://professor.ufabc.edu.br/~m.sambinelli/
courses/2023Q3-LFA/index.html](http://professor.ufabc.edu.br/~m.sambinelli/courses/2023Q3-LFA/index.html)

Tirando um A 😎

- Compareça as aulas

- Compareça as aulas
- Faça as listas de exercícios

- Compareça as aulas
- **Faça as listas de exercícios**
- Use os horários de atendimento (procure ajuda)

- Compareça as aulas
- **Faça as listas de exercícios**
- Use os horários de atendimento (procure ajuda)
- Respeite os horário

- Compareça as aulas
- **Faça as listas de exercícios**
- Use os horários de atendimento (procure ajuda)
- Respeite os horário
- Planeje seus estudos

- Compareça as aulas
- **Faça as listas de exercícios**
- Use os horários de atendimento (procure ajuda)
- Respeite os horário
- Planeje seus estudos
 - Revise o material da aula teórica no dia seguinte

- Compareça as aulas
- **Faça as listas de exercícios**
- Use os horários de atendimento (procure ajuda)
- Respeite os horário
- Planeje seus estudos
 - Revise o material da aula teórica no dia seguinte
 - Fazer a lista + tempo para tirar dúvida

- Compareça as aulas
- **Faça as listas de exercícios**
- Use os horários de atendimento (procure ajuda)
- Respeite os horário
- Planeje seus estudos
 - Revise o material da aula teórica no dia seguinte
 - Fazer a lista + tempo para tirar dúvida
 - Tenha uma agenda!

Maratona e Matemática

