

ITC: Introdução à Teoria da Computação

Prof. Dr. Marcos Castilho

Departamento de Informática/UFPR

6 de maio de 2021

Motivação

- ▶ O que é um computador?
- ▶ O que é um algoritmo?
- ▶ Para que serve um algoritmo?
- ▶ Quando um algoritmo é bom?
- ▶ A análise de um algoritmo depende do computador?

Motivação

- ▶ Em teoria da computação, a preocupação é estudar o processo da computação independentemente do hardware ou do software da máquina através de modelos matemáticos.
- ▶ Uma soma de dois números é sempre uma soma, não importa se você usou um computador ou os dedos da mão!

O que estudaremos?

- ▶ Modelos computacionais: máquinas abstratas que podem ser definidas matematicamente.
- ▶ Linguagens: do ponto de vista de um problema de decisão

Problemas de decisão

Um problema de decisão é um problema computacional que pode ser respondido com SIM ou NÃO.

- ▶ Exemplo: Para uma string de dígitos qualquer, ela representa um número primo?

Deve existir um modelo computacional que reconhece as strings que representam números primos.

Panorama

- ▶ Autômatos Finitos
- ▶ Autômatos com Pilha
- ▶ Máquinas de Turing
- ▶ Decidibilidade
- ▶ Complexidade computacional

Autômatos Finitos

- ▶ Reconhecem as linguagens regulares obtidas por aplicação de operações simples em termos de um alfabeto.
- ▶ Problema: não têm memória.

Autômatos com Pilha

- ▶ Reconhecem as linguagens livre de contexto, como por exemplo as linguagens de programação.
- ▶ Problema: têm memória auxiliar, mas muito simples.

Máquinas de Turing

- ▶ Podem realizar qualquer tarefa que um computador pode, em suma é o modelo matemático do computador por excelência!

Decidibilidade

- ▶ É o estudo sobre decidir se um problema pode ser resolvido ou não por um computador.

Pré-requisitos

- ▶ Teoria dos conjuntos: produto cartesiano, relações e funções;
- ▶ Relações de equivalência;
- ▶ Conjuntos enumeráveis e não enumeráveis;
- ▶ Definições recursivas;
- ▶ Lógica matemática;
- ▶ Técnicas de provas de teoremas, em particular: indução finita.

Co-requisito: desejável conhecimento de teoria dos grafos.

Questões tratadas em Teoria da Computação

- ▶ Como são definidas as linguagens?
- ▶ O que é um algoritmo?
- ▶ Quais são as capacidades e limites da computação?
- ▶ Quanto custa uma computação?

Teoria de Linguagem Formal

- ▶ Como as linguagens são definidas?
- ▶ Início: Chomsky no contexto das linguagens naturais.
- ▶ Na Ciência da Computação: Gramática Livre de Contexto para a linguagem ALGOL 60.

Computabilidade

O que é um algoritmo?

- ▶ A resposta depende de um modelo formal da computação.
- ▶ Primeira tentativa: um computador e uma linguagem de programação.

Sim, mas qual computador? Quanta memória? Qual linguagem de programação?

Quais são as capacidades e limites da computação algorítmica?

Problemas para responder esta pergunta:

- ▶ O que é solúvel em um computador pode não ser em outro!
- ▶ Deve haver um modelo independente para servir como base!!!

Modelos conhecidos (desde 1930...)

- ▶ Funções recursivas;
- ▶ Lambda calculus;
- ▶ Sistemas de Markov;
- ▶ Máquinas abstratas, por exemplo, as Máquinas de Turing.

Tese de Church/Turing

- ▶ Um problema tem solução algorítmica apenas se pode ser resolvido com um destes modelos computacionais.

Modelo escolhido aqui

Adotaremos as Máquinas de Turing, pois:

- ▶ Processam entrada;
- ▶ Escrevem em memória;
- ▶ Produzem saída.

Qualquer computação em um computador pode ser simulada em uma Máquina de Turing, assim o estudo é imune às limitações de tempo e espaço.

MT como base

- ▶ Quais as capacidades e limites da computação algorítmica?
- ▶ Tese de Church/Turing: um problema é solúvel apenas se existe uma Máquina de Turing que o resolve.

Questões subsequentes

- ▶ Quanto tempo leva uma computação?
- ▶ Quanta memória consome?

O estudo de complexidade computacional é um tópico avançado em Teoria da Computação e não será abordada em profundidade neste curso.

Tudo ao seu tempo

- ▶ Autômatos finitos: modelo sem memória bastante simplificado. A aplicação é em análise léxica de linguagens de programação e design de circuitos.
- ▶ Autômatos com pilha: modelo mais complexo, pois tem memória baseada em pilhas. A aplicação é em compilação de linguagens de programação.

Linguagens e Computabilidade

- ▶ São conceitos intimamente relacionados, basta ver o nome de praticamente todos os livros da área.
- ▶ Computações de uma máquina podem ser usadas para reconhecer uma linguagem.
- ▶ Assim, cada máquina tem uma linguagem associada.
- ▶ E esta linguagem caracteriza a máquina.

Importância das linguagens

- ▶ Engenharia;
- ▶ Física;
- ▶ Química;
- ▶ Computação

Plano de curso

1. Introdução
2. Linguagens
3. Autômatos finitos
4. Linguagens regulares
5. Autômatos com pilha e gramáticas livre de contexto
6. Introdução à análise sintática
7. Formas normais
8. Máquinas de Turing
9. A hierarquia de Chomsky
10. Decidibilidade
11. Introdução à complexidade computacional
12. Classes de complexidade

Bibliografia básica

- ▶ Introdução aos Fundamentos da Computação, Newton José Vieira, Pioneira Thomson Learning, 2006.
- ▶ Languages and Machines: An Introduction to the Theory of Computer Science Thomas Sudkamp. Addison-Wesley, Second Edition, 1998.

Bibliografia complementar

- ▶ Introdução à Teoria de Autômatos, Linguagens e Computação
John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Rajeev Motwani,
Segunda Edição, Editora Campus, 2003.
- ▶ Elementos de Teoria da Computação, Harry F. Lewis, C. H.
Papadimitriou. 2a Edição, Editora Bookman. 2004.
- ▶ Introduction to the Theory of Computation, Michael Sipser,
Course Technology; 2 edition, February 15, 2005.
- ▶ Theory of Computation, Wood, D., Ed. John Wiley & Sons,
1987.
- ▶ Linguagens Formais e Autômatos, Número 3 – série livros
didáticos, Paulo Blauth de Menezes, Instituto de
Informática/UFRGS, 2a edição, 1998. Editora Sagra Luzzatto.

Bibliografia dos pré-requisitos

- ▶ How to prove it, a structured approach. Valleman, Daniel. Cambridge University Press. Second edition. 2006.
- ▶ Fundamentos de Matemática Elementar - Vol. 1 - Conjuntos - Funções - 9ª Ed. 2013, Iezzi, Gelson; Murakami, Carlo

Licença

- ▶ Slides feitos em $\text{\LaTeX}$ usando beamer
- ▶ Licença

Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License.<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/br/>

Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License.<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/br/>

Licença

- ▶ Slides feitos em $\text{\LaTeX}$ usando beamer e tikz, editados com vim.
- ▶ Licença

Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License.<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/br/>

Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License.<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/br/>