

# Linguagens Formais e Autômatos (CC5220/CCM420)

## Aula 11 – Máquina de Turing

Prof. Luciano Rossi

Ciência da Computação  
Centro Universitário FEI

2º Semestre de 2025

# Máquina de Turing

## Definição

- Trata-se de um mecanismo simples que **formaliza** a ideia de uma pessoa que **realiza cálculos**.
- Possui, no mínimo, o **mesmo poder computacional** de qualquer computador de propósito geral.
- Não constitui em si uma máquina, mas sim um programa para uma **máquina universal**.

# Máquina de Turing

## Definição

- Usa uma **fita infinita** como sua memória ilimitada
- Tem uma **cabeça de fita** que pode ler e escrever símbolos e mover-se sobre a fita
- Inicialmente, a fita contém apenas a **cadeia de entrada** e está em branco em todo o restante
- Se a máquina precisa **armazenar** informação, ela pode **escrever** sobre a fita
- Para **ler** o que foi escrito, pode **mover a cabeça** de volta para a posição desejada

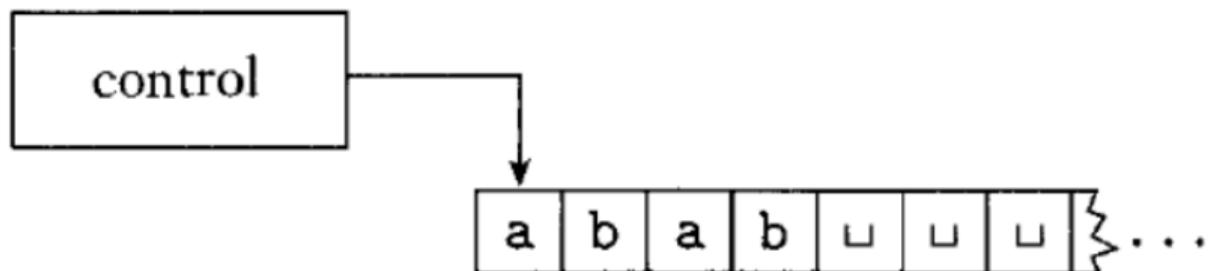
# Máquina de Turing

## Definição

- A máquina continua a computar até que ela **decida** produzir uma saída
- Aceite e rejeite são obtidos entrando em **estados** designados de **aceitação** e de **rejeição**
- Se **não entrar** em nenhum desses estados, a máquina **continua para sempre**, nunca parando

# Máquina de Turing

Exemplo



# Máquina de Turing

Diferenças entre autômatos finitos e máquinas de Turing

- Uma máquina de Turing pode tanto **escrever** sobre a fita quanto **ler** dela.
- A cabeça de leitura-escrita pode **mover** tanto para a **esquerda** quanto para a **direita**.
- A fita é **infinita**.
- Os **estados** especiais para **rejeitar** e **aceitar** têm efeito **imediato**.

# Máquina de Turing

## Exemplo

- Máquina de Turing M1 para reconhecer se uma cadeia pertence à linguagem  $B = \{w\#w \mid w \in \{0,1\}^*\}$
- M1 deve aceitar se sua entrada é membro de B e rejeitar caso contrário

# Máquina de Turing

## Ideia

- A seguinte figura contém várias fotografias instantâneas parciais de M1 enquanto ela está computando, quando iniciada sobre a entrada 011000#011000

The figure displays six horizontal rows of binary tape symbols, representing the state of a Turing machine at different time steps. Each row shows a sequence of symbols: 0, 1, 1, 0, 0, 0, #, 0, 1, 1, 0, 0, 0, followed by a blank square symbol (square with a diagonal line) and three dots indicating continuation. The first five rows show the tape after various transitions, with some symbols being replaced by 'x'. The sixth row shows the final state where all symbols are 'x', preceded by a '#', followed by the acceptance symbol (square with a diagonal line), and the word 'accept' below it.

0 1 1 0 0 0 # 0 1 1 0 0 0 □ ...  
x 1 1 0 0 0 # 0 1 1 0 0 0 □ ...  
x 1 1 0 0 0 # x 1 1 0 0 0 □ ...  
x 1 1 0 0 0 # x 1 1 0 0 0 □ ...  
x x 1 0 0 0 # x 1 1 0 0 0 □ ...  
x x x x x x # x x x x x x □ ...  
accept

# Máquina de Turing

## Descrição Formal

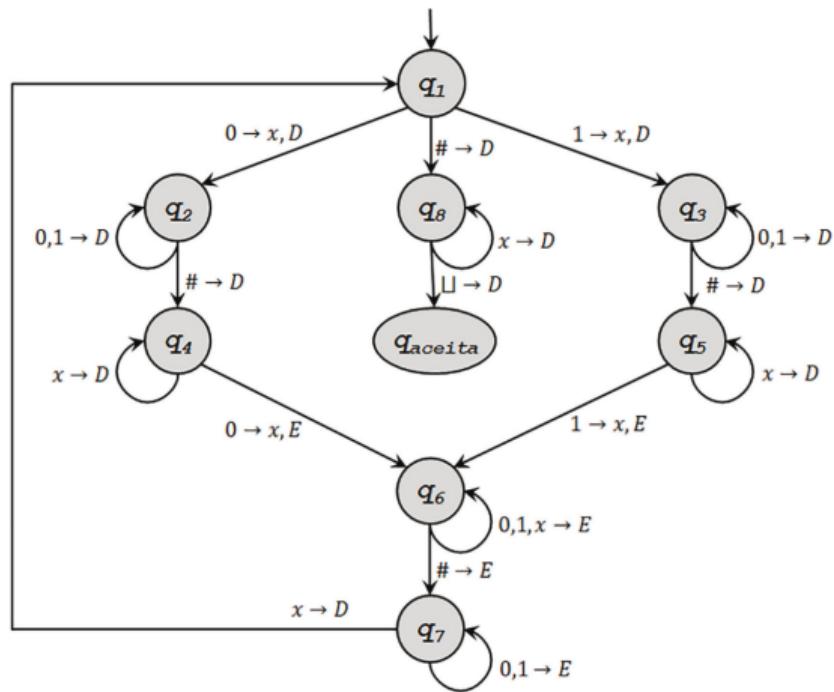
- 7-upla  $(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, q_{aceita}, q_{rejeita})$
- $Q$  é o conjunto de estados;
- $\Sigma$  é o alfabeto de entrada;
- $\Gamma$  é o alfabeto da fita, no qual  $\sqcup \in \Gamma$  e  $\Sigma \subseteq \Gamma$ ;
- $\delta : Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{E, D\}$  é a função de transição;
- $q_0 \in Q$  é o estado inicial;
- $q_{aceita} \in Q$  é o estado de aceitação; e
- $q_{rejeita} \in Q$  é o estado de rejeição.

# Máquina de Turing

Exemplo

$$A = \{w\#w \mid w \in \{0, 1\}^*\}$$

$$w = 10\#01$$

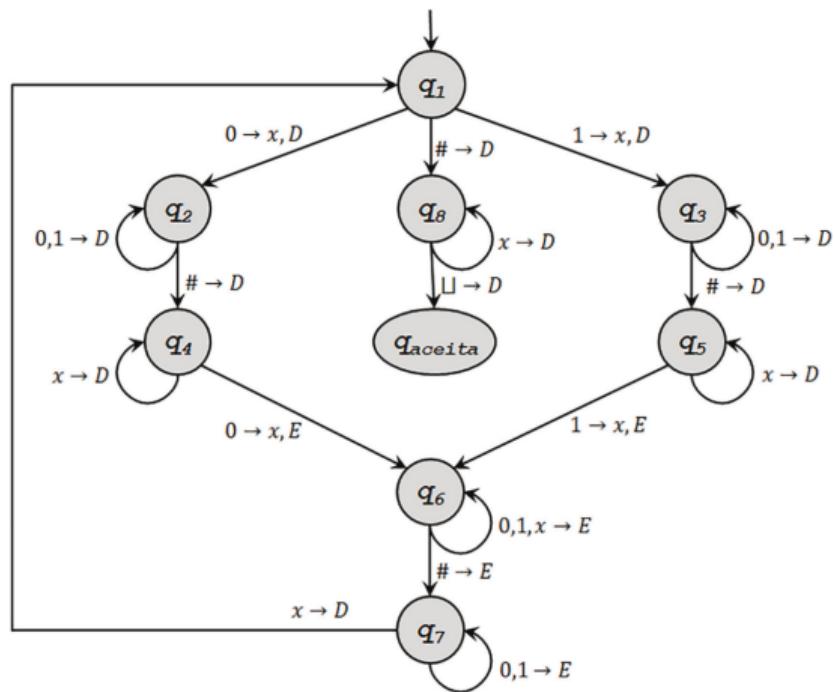


# Máquina de Turing

Exemplo

$$A = \{w\#w \mid w \in \{0, 1\}^*\}$$

$w = 010\#010$

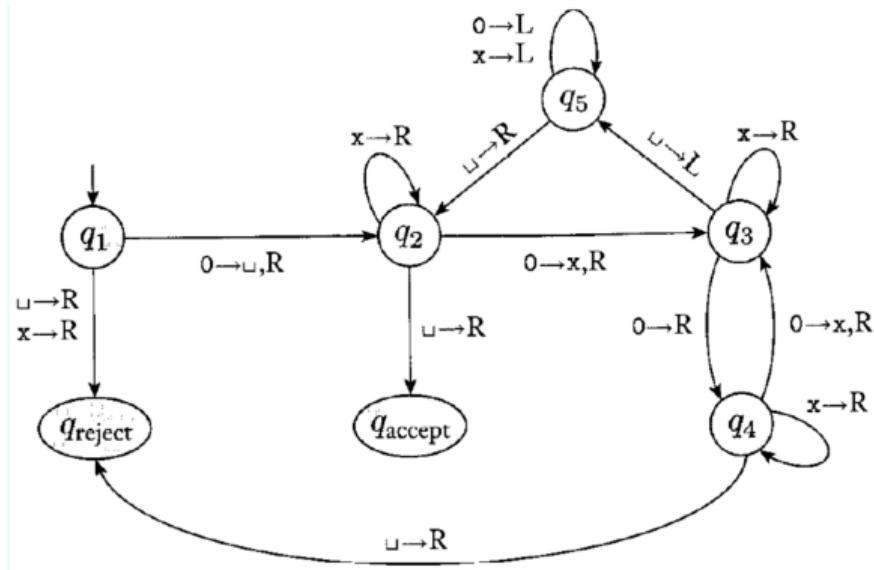


# Máquina de Turing

## Exemplo

$$A = \{w \mid w \in \{0\}^*, ???\}$$

$w = 000$

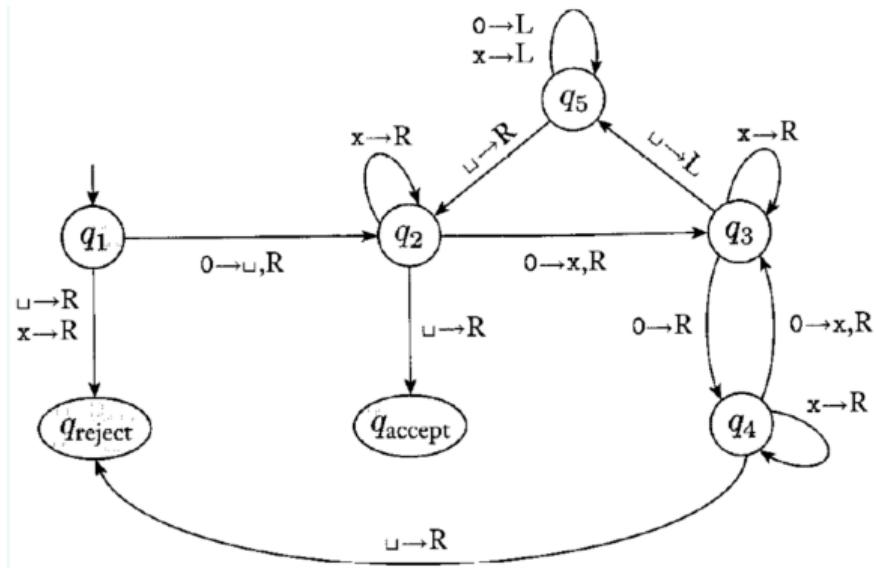


# Máquina de Turing

## Exemplo

$$A = \{w \mid w \in \{0\}^*, ???\}$$

$w = 0000$



# Linguagens Formais e Autômatos (CC5220/CCM420)

## Aula 11 – Máquina de Turing

Prof. Luciano Rossi

Ciência da Computação  
Centro Universitário FEI

2º Semestre de 2025