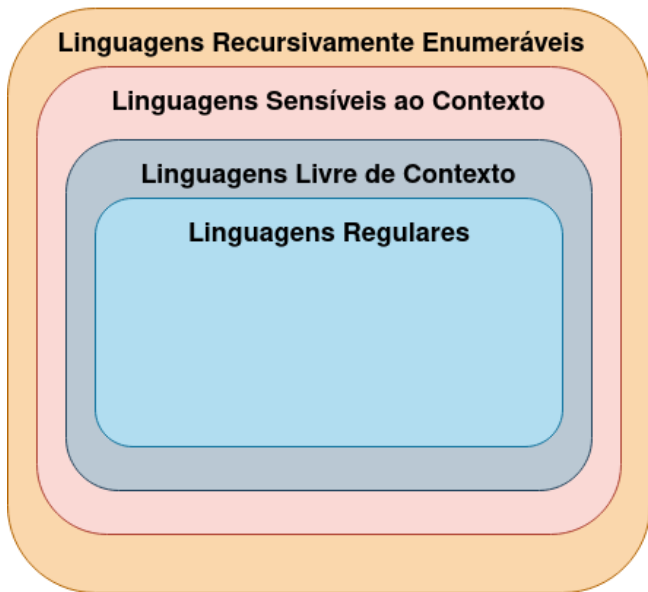


# Linguagens Formais, Autômatos e Computabilidade

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

Universidade Estadual do Paraná - Unespar

27 de abril de 2023



# Máquina de Turing (MT)

- Máquina de Turing (MT);
- Mecanismo reconhecedor com maior poder computacional;
- Processamento de funções;
- Reconhecimento de linguagens;
- Dispositivo teórico;
- Allan Turing (1936);
- Ferramenta para estudar a capacidade dos processos algorítmicos;
- Modelo abstrato, concebido antes mesmo de uma implementação tecnológica.

## Máquina de Turing $\neq$ Teste de Turing

Propostos pelo mesmo autor;

Teste de Turing;

Inteligência Artificial;

Se passar por um humano.

# Importância da MT para a Ciência da Computação

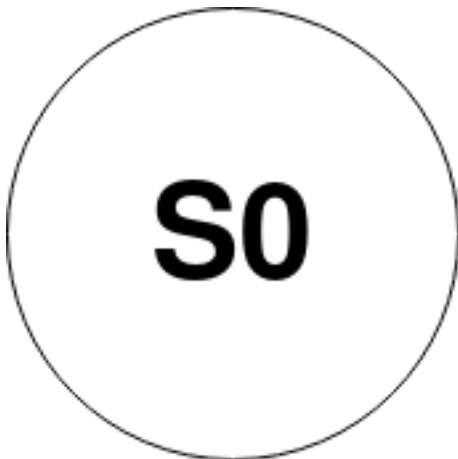
- A potência computacional da MT é tão grande quanto a de qualquer sistema algorítmico;
- Se um problema não puder ser resolvido por uma MT, não poderá ser resolvido por qualquer sistema algorítmico;
- MT representa a fronteira teórica da capacidade computacional para as máquinas modernas reais.
- Os computadores modernos são MT;
  - O processador corresponde ao cabeçote da fita;
  - A memória da máquina corresponde a fita;
  - Os padrões de bits correspondem ao alfabeto da fita.

- Podem ser de dois tipos:
  - **Reconhedora:** Responde sim ou não para uma palavra, se pertence ou não à linguagem;
  - **Transdutora:** É gerada uma palavra na própria fita que é a saída da MT.
- Para reconhecer/traduzir uma palavra deve-se processá-la e parar em **estado final**;
- O cabeçote da **fita** começa na posição a direita do marcador de início da fita e **deve-se** terminar o processamento com o cabeçote na mesma posição.

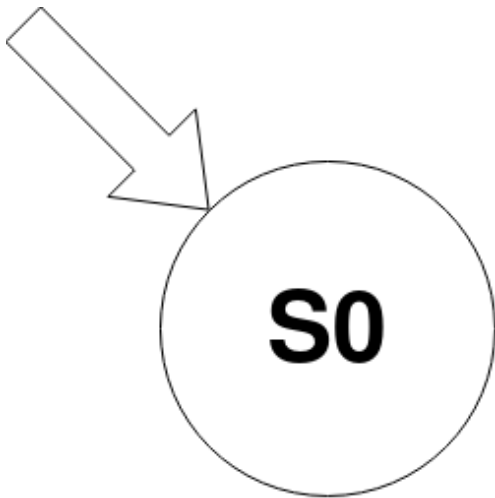
# Máquina de Turing (MT)

- Composta por:
  - **Fita:** Utilizada para leitura e escrita;
  - **Cabeçote da fita:** Mostra a posição atual da fita e se move para direita e esquerda;
  - **Função de transição:** Função que movimenta a máquina a partir de um símbolo indo para um estado e movendo o cabeçote para direita ou esquerda.

- Representação gráfica de um **ESTADO**.

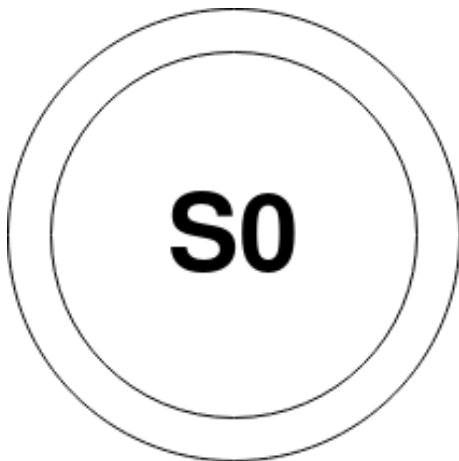


- Representação gráfica de um **ESTADO INICIAL**.

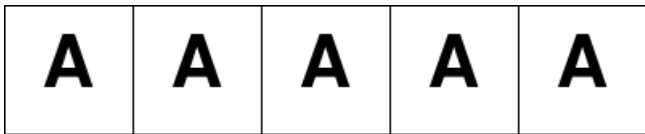




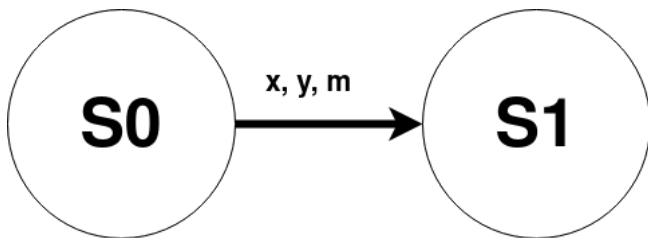
- Representação gráfica de um **ESTADO FINAL**.



- Representação gráfica de uma **FITA** e **CABEÇOTE DA FITA**.

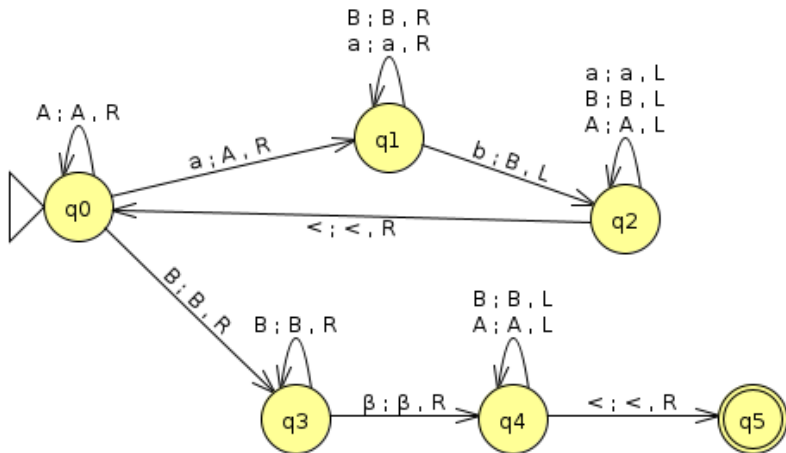


- Representação gráfica de uma **TRANSIÇÃO**;
- Onde:
  - $x$  = Símbolo lido na fita;
  - $y$  = Símbolo escrito na fita;
  - $m$  = Sentido do movimento, direita ou esquerda.



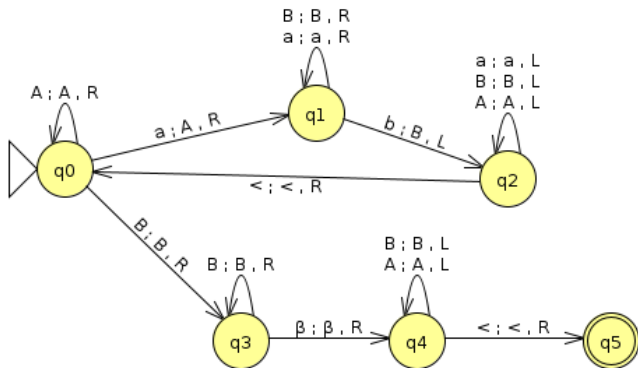
# Máquina de Turing - MT

- Exemplo de uma MT para:
- $L = \{a^n b^n | n > 0\}$



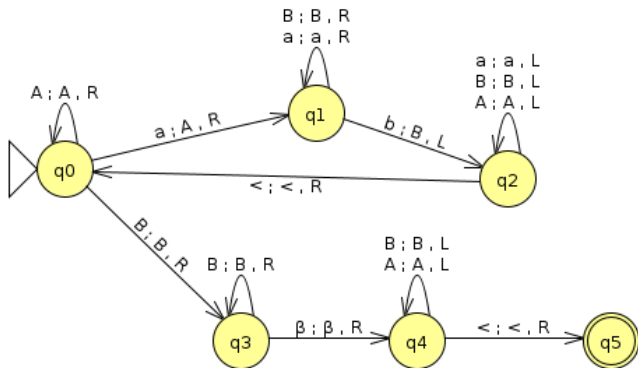
- A descrição formal de uma MT **deve** possuir:
  - $E$  = Conjunto de estados.
  - $\Sigma$  = Alfabeto da Fita.
  - $i$  = Estado inicial.
  - $F$  = Conjunto de estados finais.
  - $\gamma$  = Alfabeto auxiliar da Fita.
  - $<$  = Marcador de início.
  - $\beta$  = Símbolo branco.
  - $\delta$  = Função de transição.
- $MT = \{E, \Sigma, i, F, \gamma, <, \beta, \delta\}$

# Máquina de Turing - Descrição Formal



- $E = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$
- $\Sigma = \{a, A, b, B\}$
- $i = q_0$
- $F = \{q_5\}$
- $\gamma = \{<, \beta\}$
- $< = <$
- $\beta = \beta$

# Máquina de Turing - Descrição Formal



	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>&lt;</b>	<b><math>\beta</math></b>
<b>q0</b>	q1,A,R	X	q0,A,R	q3,B,R	X	X
<b>q1</b>	q1,a,R	q2,B,L	X	q1,B,R	X	X
<b>q2</b>	q2,A,L	X	q2,A,L	q2,B,L	q0,<,R	X
<b>q3</b>	X	X	X	q3,B,R	X	q4, $\beta$ ,L
<b>q4</b>	X	X	q4,A,L	q4,B,L	q5,<,R	X
<b>q5</b>	X	X	X	X	X	X

- Novas linguagens:
  - Incremento de um número;
  - Decremento de um número;
  - Complemento de um número;
  - Contar tamanho da palavra unário;
  - Palíndromo;



# Máquina de Turing - Exercícios

- Faça uma MT que tenha como entrada um número binário e gere como saída o complemento do número;
- $L = \{a^i b^j c^k \mid j = i + k, i, k > 0\}$
- $L = \{a^n b^m a^n \mid n > 0, m > 0\}$
- Faça uma MT que tenha como entrada um número binário e gere como saída o número multiplicado por 4;
- Faça uma MT que tenha como entrada um número binário e gere como saída o incremento do número ( $100 \rightarrow 101, 101 \rightarrow 110, 1010 \rightarrow 1011, 11 \rightarrow 100$ );
- Descrição formal:
  - $E$  = Conjunto de estados.
  - $\Sigma$  = Alfabeto da Fita.
  - $i$  = Estado inicial.
  - $F$  = Conjunto de estados finais.
  - $\gamma$  = Alfabeto auxiliar da Fita.
  - $<$  = Marcador de inicio.
  - $\beta$  = Símbolo branco.
  - $\delta$  = Função de transição.

# Obrigado! Dúvidas?

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

[guilhermenakahata@gmail.com](mailto:guilhermenakahata@gmail.com)

<https://github.com/GuilhermeNakahata/UNESPAR-2023>