

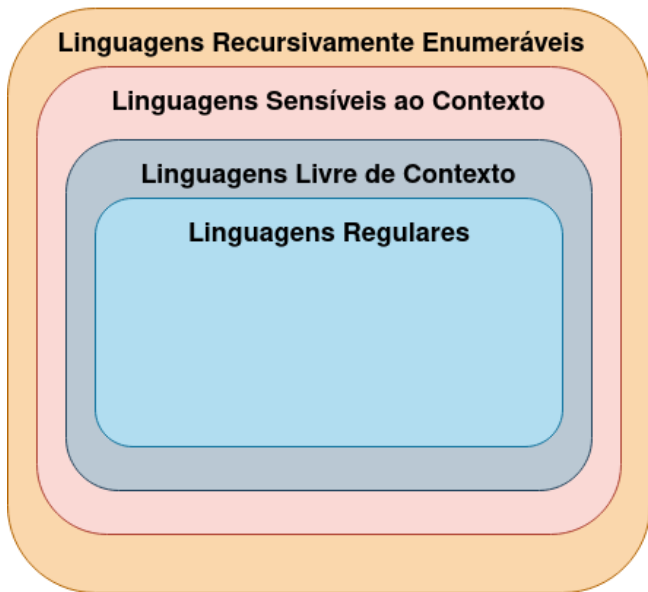
Linguagens Formais, Autômatos e Computabilidade

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

Universidade Estadual do Paraná - Unespar

11 de Junho de 2024

Hierarquia de Chomsky



Uma **linguagem recursivamente enumerável** (ou **semi-decidível**) é um conjunto de cadeias de caracteres que pode ser reconhecido por uma **máquina de Turing**.

Mais formalmente, uma linguagem L é recursivamente enumerável se existe uma máquina de Turing M tal que:

- Para qualquer cadeia $w \in L$, a máquina M eventualmente aceita w .
- Para qualquer cadeia $w \notin L$, a máquina M ou rejeita w ou entra em um loop infinito.

Características importantes das linguagens recursivamente enumeráveis incluem:

- **Enumerabilidade:** Pode ser listada por uma máquina de Turing.
- **Comparação com linguagens decidíveis:**
 - Uma linguagem é **decidível** se a máquina de Turing sempre para e aceita ou rejeita.
 - Em contraste, uma linguagem recursivamente enumerável pode não parar para cadeias fora da linguagem.

- **Problema da parada:**

- O conjunto de todas as descrições de máquinas de Turing M e entradas w tais que M eventualmente para quando executada em w é recursivamente enumerável, mas não é decidível.

- **Linguagens programáveis:**

- As linguagens que podem ser reconhecidas por programas de computador (com tempo potencialmente ilimitado) são recursivamente enumeráveis.

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.

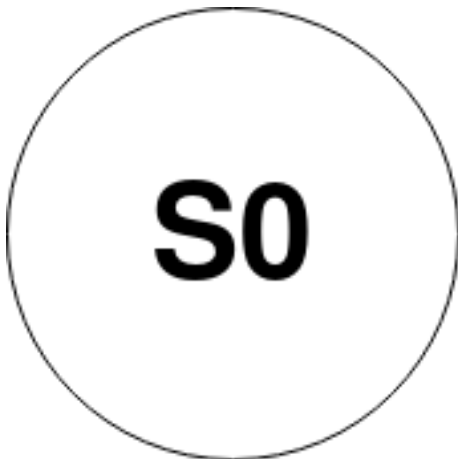
Máquina de Turing (MT)

- 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.

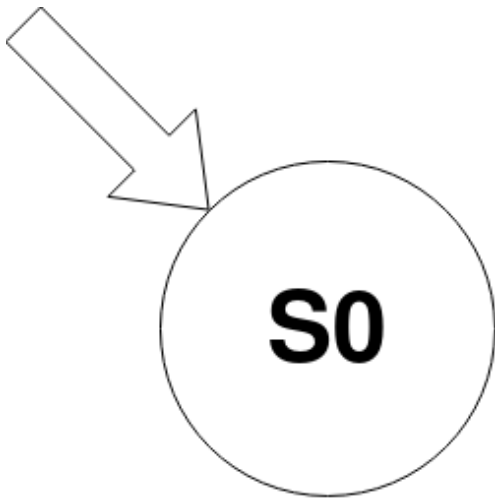
Máquina de Turing (MT)

- 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.

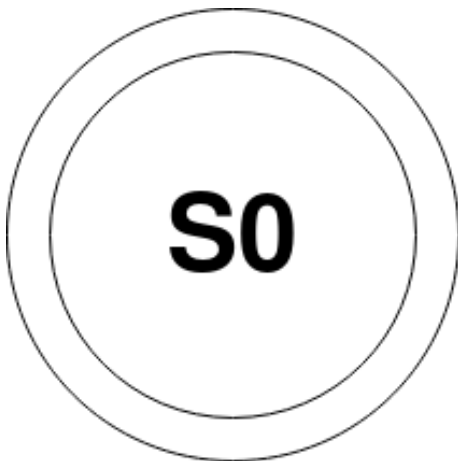
- Representação gráfica de um **ESTADO**.



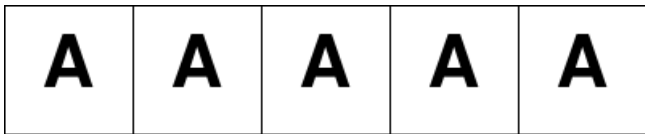
- Representação gráfica de um **ESTADO INICIAL**.



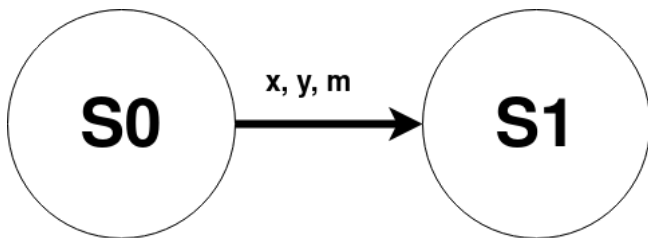
- Representação gráfica de um **ESTADO FINAL**.



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

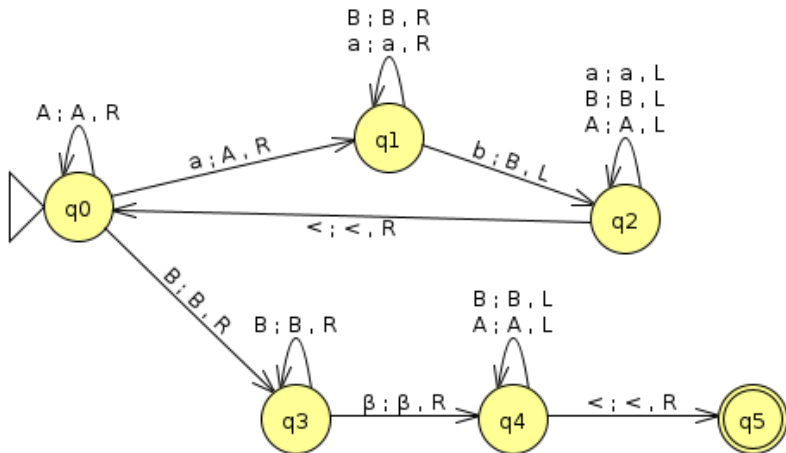


- Representação gráfica de uma **TRANSIÇÃO**;
- Onde:
 - x = Símbolo lido na fita;
 - y = Símbolo escrito na fita;
 - m = Sentido do movimento, direita ou esquerda.



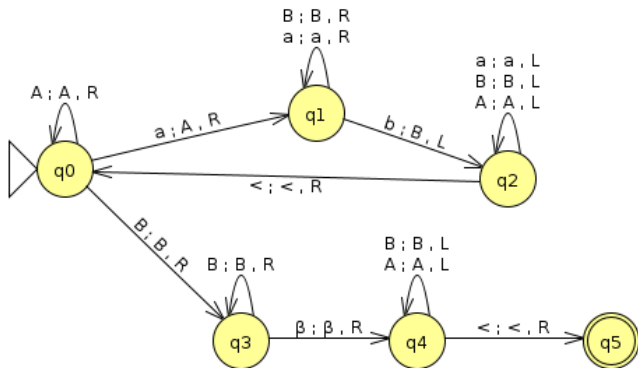
Máquina de Turing - MT

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



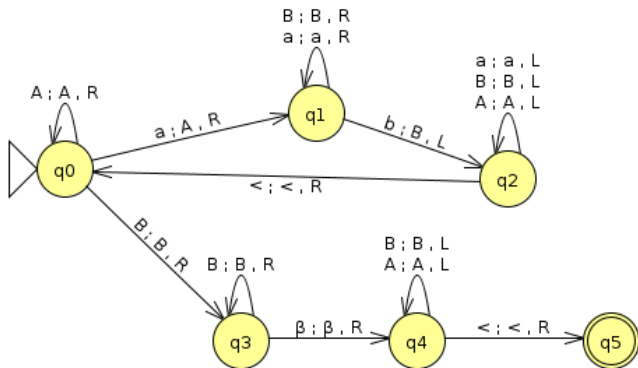
- A descrição formal de uma MT **deve** possuir:
 - E = Conjunto de estados.
 - Σ = Alfabeto da Fita.
 - i = Estado inicial.
 - F = Conjunto de estados finais.
 - γ = Alfabeto auxiliar da Fita.
 - $<$ = Marcador de início.
 - β = Símbolo branco.
 - δ = Função de transição.
- $MT = \{E, \Sigma, i, F,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

Máquina de Turing - Descrição Formal



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

Máquina de Turing - Descrição Formal



	a	b	A	B	<	β
q0	q_1, A, R	X	q_0, A, R	q_3, B, R	X	X
q1	q_1, a, R	q_2, B, L	X	q_1, B, R	X	X
q2	q_2, a, L	X	q_2, A, L	q_2, B, L	$q_0, <, R$	X
q3	X	X	X	q_3, B, R	X	q_4, β, R
q4	X	X	q_4, A, L	q_4, B, L	$q_5, <, R$	X
q5	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.
 - Σ = Alfabeto da Fita.
 - i = Estado inicial.
 - F = Conjunto de estados finais.
 - γ = Alfabeto auxiliar da Fita.
 - $<$ = Marcador de início.
 - β = Símbolo branco.
 - δ = Função de transição.

Obrigado! Dúvidas?

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

guilhermenakahata@gmail.com

<https://github.com/GuilhermeNakahata/UNESPAR-2024>