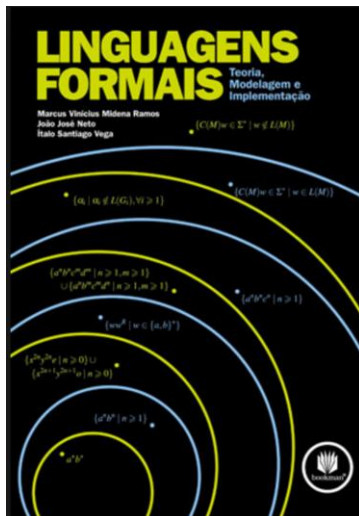


TEORIA: LINGUAGENS RECURSIVAMENTE ENUMERÁVEIS (PARTE I)



Nossos **objetivos** nesta aula são:

- conhecer o conceito de Linguagem Recursivamente Enumerável e seu reconhecedor (Máquina de Turing)
- praticar com desenvolvimento de Máquinas de Turing



Para esta semana, usamos como referência as **Seções 6.1 (Máquinas de Turing) e 7.6 (Gramáticas Irrestritas e Linguagens Recursivamente Enumeráveis)** do nosso livro da referência básica:

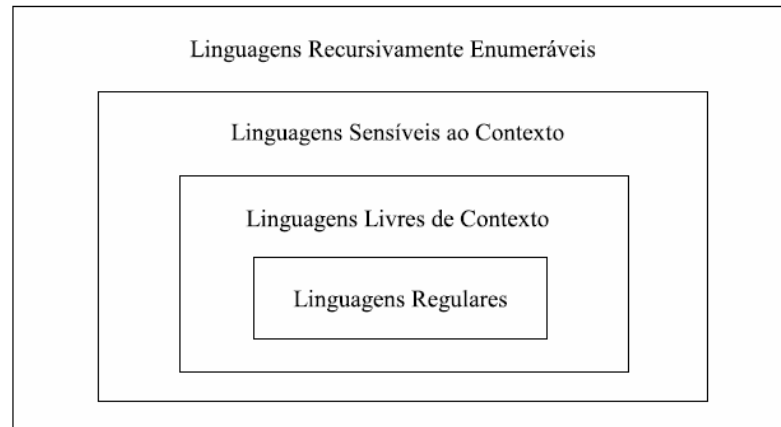
RAMOS, M.V.M., JOSÉ NETO, J., VEJA, I.S. **Linguagens Formais: Teoria, Modelagem e Implementação**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

Não deixem de ler estas seções depois desta aula!

LINGUAGENS RECURSIVAMENTE ENUMERÁVEIS

- A classe mais genérica de linguagens na Hierarquia de Chomsky é a das **Linguagens Recursivamente Enumeráveis**. Linguagens recursivamente enumeráveis podem ser reconhecidas por **Gramáticas Irrestritas (abordagem axiomática)**, também conhecidas como **Gramáticas com Estrutura de Frase** ou **do Tipo 0**, ou **Máquinas de Turing (abordagem operacional)**. Na realidade, estas duas abordagens são equivalentes.

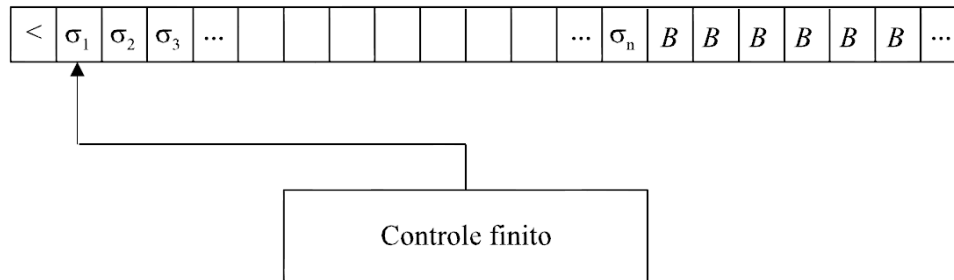
- As linguagens, na Hierarquia de Chomsky, formam o seguinte diagrama:



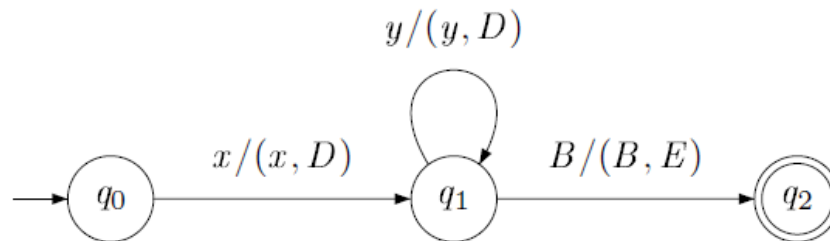
- Para cada uma das linguagens anteriores, existe uma gramática correspondente:



- Uma **Máquina de Turing com Fita Ilimitada** ou **Infinita** possui uma definição similar à Máquina de Turing com Fita Limitada (que estudamos em Linguagens Sensíveis ao Contexto), exceto:
 - A fita de processamento de máquina possui comprimento infinito, sendo apenas limitada à esquerda (pelo símbolo de início de fita - \leftarrow , por exemplo) e sem limitação à direita
 - A palavra a ser processada é delimitada apenas à esquerda (por \leftarrow , por exemplo)
 - Após terminar a palavra a ser processada, todas as posições da fita são preenchidas por um caracter especial, chamado branco (B), que indica que estas posições estão vagas. Este caracter especial não faz parte do alfabeto de entrada da máquina.



- Abaixo, tem-se um exemplo de uma Máquina de Turing com Fita Ilimitada que reconhece a mesma linguagem denotada pela expressão regular xy^* :



- Uma linguagem é chamada Linguagem Recursivamente Enumerável **se e somente se existe** uma Máquina de Turing com Fita Ilimitada que a **reconhece**.

EXERCÍCIO TUTORIADO

Mostre que a linguagem abaixo é recursivamente enumerável, usando gramáticas e Máquinas de Turing:

$$L = \{ \omega \in \{a,b\}^* \mid \omega \text{ tem um número par de } a\text{'s} \}$$

Observação: lembre-se que esta linguagem também é um dos exemplos de linguagens regulares, que vimos anteriormente.

EXERCÍCIO COM DISCUSSÃO EM DUPLAS

Mostre que a linguagem abaixo é recursivamente enumerável, usando gramáticas e Máquinas de Turing:

$$L = \{ \omega \in \{a,b\}^* \mid \omega \text{ tem um número par de } a\text{'s e ímpar de } b\text{'s} \}$$

EXERCÍCIOS EXTRA-CLASSE

1. Construa uma Máquina de Turing com Fita Ilimitada que reconheça a mesma linguagem denotada pela expressão regular $abc(a|b|c)^*$.

2. Construa uma Máquina de Turing com Fita Ilimitada que reconheça a seguinte linguagem:

$$L = \{ ww^R \mid w \in \{a,b\}^* \} = \{a\underline{a}, ab\underline{ba}, abb\underline{bba}, \dots\}$$