

**Ronald cassiano da silva gonçalves**

**Ciência da computação**

**Unic Beira Rio**

### **Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFND)**

São modelos matemáticos de máquinas de estados finitos em que, para um mesmo estado e símbolo de entrada, podem existir várias transições possíveis. Isso significa que a máquina pode escolher entre diferentes caminhos ao processar uma cadeia, inclusive por meio de transições vazias, conhecidas como  $\epsilon$ -transições, que não consomem nenhum símbolo. Um AFND é definido pela 5-upla  $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ , onde  $Q$  é o conjunto finito de estados,  $\Sigma$  é o alfabeto de entrada,  $\delta$  é a função de transição que retorna um conjunto de estados possíveis,  $q_0$  é o estado inicial e  $F$  é o conjunto de estados finais. A cadeia é aceita se houver ao menos uma sequência de transições que leve a um estado final. Um exemplo simples é o AFND que reconhece cadeias sobre  $\{0,1\}$  que terminam com “01”. A principal característica do AFND é o não determinismo, permitindo múltiplas transições possíveis para o mesmo símbolo. Apesar dessa liberdade, existe um teorema importante que estabelece que todo AFND possui um Autômato Finito Determinístico (AFD) equivalente, ou seja, ambos reconhecem a mesma linguagem. A conversão de AFND para AFD é feita pelo método da construção de subconjuntos, onde cada estado do AFD representa um conjunto de estados do AFND. O estado inicial do AFD inclui o estado inicial do AFND e todos os estados alcançáveis por transições  $\epsilon$ , enquanto os estados finais do AFD são aqueles conjuntos que contêm pelo menos um estado final do AFND. Assim, o AFND pode ser considerado uma forma mais flexível de representar uma linguagem regular, e o AFD, sua versão determinística e implementável.

### **Expressões Regulares**

Estão diretamente relacionadas aos Autômatos Finitos, pois ambos descrevem as linguagens regulares. Expressões regulares definem padrões de cadeias que podem ser reconhecidas por um autômato, sendo amplamente utilizadas em programação, busca textual e processamento de linguagens. Os autômatos, por sua vez, são representações gráficas e formais dessas expressões. Em resumo, as expressões regulares e os autômatos finitos são equivalentes em poder de reconhecimento, representando a base da Teoria das Linguagens Regulares.

### **Hierarquia de Chomsky**

Proposta por Noam Chomsky em 1956, classifica as linguagens formais em quatro níveis, de acordo com a complexidade de suas gramáticas e autômatos reconhecedores. No primeiro nível estão as Linguagens Regulares, reconhecidas por Autômatos Finitos (determinísticos ou não determinísticos). No segundo, as Linguagens Livres de Contexto (LLC), reconhecidas por Autômatos com Pilha (AP), que acrescentam uma memória limitada à máquina, permitindo reconhecer estruturas aninhadas como parênteses e

expressões matemáticas. No terceiro nível estão as Linguagens Sensíveis ao Contexto (SLC), reconhecidas por Máquinas Linearmente Limitadas, que possuem maior capacidade de memória e processamento. Por fim, no topo da hierarquia, encontramse as Linguagens Recursivamente Enumeráveis, reconhecidas pelas Máquinas de Turing, que são os modelos mais poderosos e servem de base para a noção moderna de computação. Essa hierarquia é fundamental para entender os limites teóricos do que pode ser computado, além de servir como fundamento para o estudo de compiladores, análise sintática e teoria da computação.

### **Máquinas de Turing (MT)**

Representam o modelo mais geral e completo de computação. Elas são formadas por uma fita infinita dividida em células, um cabeçote de leitura e escrita, e uma unidade de controle que define as transições de estado. O funcionamento consiste em ler um símbolo da fita, alterar o estado e o símbolo, e mover o cabeçote para a esquerda ou direita. As Máquinas de Turing são capazes de simular qualquer outro tipo de autômato e qualquer algoritmo computável, tornando-se a base da Tese de Church-Turing, que define o conceito de computabilidade. Suas variações incluem as máquinas multitape, não determinísticas e universais — esta última sendo a precursora dos computadores modernos. Em resumo, as Máquinas de Turing representam o limite máximo do poder computacional das máquinas formais e são essenciais para compreender o que é ou não possível ser resolvido por meio de algoritmos

## **Unidade 3 – Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFND) e Expressões Regulares**

### **Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFND):**

- São máquinas de estados finitos que permitem **múltiplas transições** para o mesmo símbolo de entrada.
- Podem conter  **$\epsilon$ -transições** (movimentos sem consumir símbolo).
- Definidos pela 5-upla  $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ :
  - **Q:** conjunto de estados
  - **$\Sigma$ :** alfabeto de entrada
  - **$\delta$ :** função de transição
  - **$q_0$ :** estado inicial
  - **F:** conjunto de estados finais

- Uma cadeia é **aceita** se existir **ao menos um caminho** que leve a um estado final.
- Exemplo: AFND que reconhece cadeias sobre  $\{0,1\}$  terminando em "01".

#### **Conversão AFND → AFD:**

- É possível transformar qualquer AFND em um **Autômato Finito Determinístico (AFD)** equivalente.
- O processo é chamado de **construção de subconjuntos**, onde cada estado do AFD representa um **conjunto de estados** do AFND.
- Assim, **AFND e AFD reconhecem as mesmas linguagens regulares**.

#### **Expressões Regulares:**

- Descrevem **padrões de cadeias** reconhecidas por autômatos finitos.
- São amplamente usadas em **buscas textuais, programação e análise léxica**.
- Têm **poder de reconhecimento equivalente aos autômatos finitos**.
- Fundamentam a **Teoria das Linguagens Regulares**.

### **Unidade 4 – Hierarquia de Chomsky e Máquinas de Turing**

#### **Hierarquia de Chomsky (1956):**

Classifica as **linguagens formais** segundo a complexidade das gramáticas e máquinas que as reconhecem:

Nível	Tipo de Linguagem	Autômato Reconhecedor	Exemplo de Aplicação
<b>Tipo 3</b>	Linguagens Regulares	Autômatos Finitos	Reconhecimento de padrões simples
<b>Tipo 2</b>	Linguagens Livres de Contexto (LLC)	Autômatos com Pilha (AP)	Análise de expressões matemáticas, compiladores
<b>Tipo 1</b>	Linguagens Sensíveis ao Contexto (SLC)	Máquinas Linearmente Limitadas	Estruturas mais complexas
<b>Tipo 0</b>	Linguagens Recursivamente Enumeráveis	Máquinas de Turing	Conceito geral de computação

Essa hierarquia define os **limites teóricos da computação** e é base para a **teoria da computabilidade e compiladores**.

### Máquinas de Turing (MT):

- Modelo **mais completo e poderoso** de computação.
- Composta por:
  - **Fita infinita** dividida em células (memória).
  - **Cabeçote** de leitura e escrita.
  - **Unidade de controle** (estados e transições).
- A operação envolve **ler, escrever, mudar de estado e mover o cabeçote**.
- São capazes de simular qualquer algoritmo computável.
- Fundamentam a **Tese de Church-Turing**, que define o que é **computacionalmente possível**.
- Variantes incluem **máquinas multitape, não determinísticas e universais** (base dos computadores modernos).