

# CONVERSOR DE AFN PARA AFD

Victor Ferreira Braga  
William Valther Silva Martins

## RESUMO

A conversão de autômato finito não determinístico (AFN) para autômato finito determinístico (AFD) aborda o processo de transformar um AFN, que pode conter estados iniciais múltiplos, transições vazias ( $\epsilon$ -transições) e transições para múltiplos estados a partir de uma entrada, em um AFD, que possui exatamente um estado inicial, não permite transições vazias e cada estado tem no máximo uma transição para cada símbolo do alfabeto. Busca-se nesse artigo explicar a metodologia e ferramentas utilizadas para converter um autômato finito não determinístico para um autômato finito determinístico.

Palavras-chaves: Autômato finito não determinístico. Autômato finito determinístico.

## 1 INTRODUÇÃO

O autômato finito determinístico (AFD) é um modelo matemático fundamental na teoria da computação, utilizado para representar e reconhecer linguagens regulares. Ele é composto por um conjunto finito de estados, um estado inicial, um conjunto de estados finais, um alfabeto de entrada e uma função de transição determinística. Sua principal característica é que, para cada estado e cada símbolo do alfabeto, existe no máximo uma transição definida, garantindo que o comportamento do autômato seja sempre previsível e único para qualquer entrada.

De acordo com Meneses (2008, p. 33), um Autômato Finito Determinístico poder ser visto como uma máquina composta, basicamente, de três partes:

- a) Fita: Dispositivo de entrada que contém a informação a ser processada;
- b) Unidade de controle: Reflete o estado corrente da máquina. Possui uma unidade de leitura a qual acessa uma célula da fita de cada vez e movimenta-se exclusivamente para a direita;

c) Programa ou função de Transição: Função que comanda as leituras e define o estado da máquina.

Um autômato Finito Determinístico (AFD)  $M$  é uma 5-upla:

$$M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F)$$

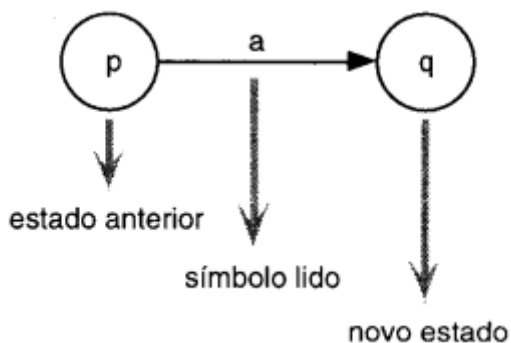


Figura 1: Representação da função programa como um grafo

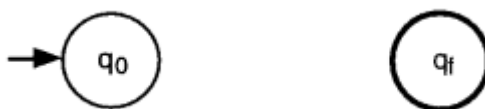


Figura 2: Representação de um estado inicial (esquerda) e final (direita)

Segundo Meneses (2008, p. 39), o não determinismo é uma importante generalização dos modelos de máquinas, sendo de fundamental importância no estudo da teoria da computação e da teoria das linguagens formais.

A facilidade de não-determinismo para autômatos finitos é interpretada como segue: a função programa, ao processa uma entrada composta pelo estado corrente e símbolo lido, tem como resultado um conjunto de novos estados. Visto como uma máquina composta por fita, unidade de controle e programa, pode-se afirmar que um Autômato Não Determinístico assume um conjunto de estados alternativos.

Um Autômato Finito Não-Determinístico (AFN)  $M$  é uma 5-upla:

$$M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F)$$

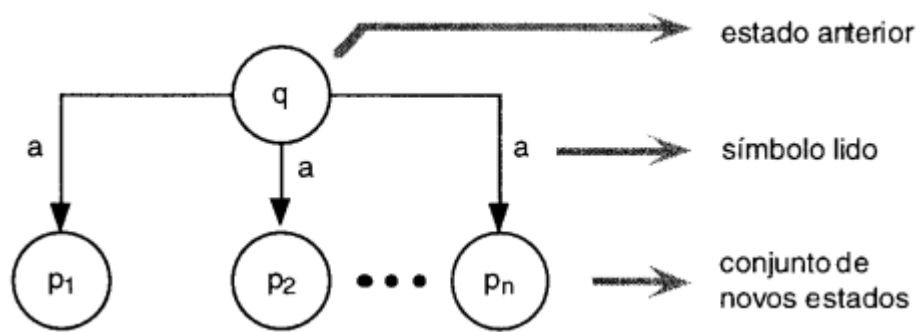


Figura 3: Representação da função programa não-determinística como grafo

**Teorema:** A classe de autômatos finitos determinísticos é equivalente a classe dos autômatos finitos não determinísticos, ou seja, para todo AFN existe um AFD equivalente

## 2 DESENVOLVIMENTO

A conversão de um Autômato Finito Não Determinístico (AFND) para um Autômato Finito Determinístico (AFD) é um processo importante na teoria dos autômatos. Para fazer essa conversão, usamos o Algoritmo de Subconjuntos, que basicamente constrói um AFD a partir dos estados do AFND, levando em consideração todos os possíveis estados do AFND que podem ser alcançados através das transições de cada símbolo de entrada.

### 2.1 Algoritmo de conversão

Conforme o teorema 1, pode-se transformar um AFN para um AFD utilizando os seguintes passos do algoritmo de conversão:

#### 2.1.1. Definir o AFD

O AFD gerado será denotado como  $A'=(Q',\Sigma,\delta',q_0',F')$ , onde:

- $Q'$  é o conjunto de estados do AFD.
- $\Sigma$  é o alfabeto do autômato.
- $\delta'$  é a função de transição do AFD.
- $q_0'$  é o estado inicial do AFD.

- $F'$  é o conjunto de estados finais do AFD.

#### 2.1.2. Definir o Conjunto de Estados do AFD $Q'$ :

O conjunto de estados do AFD será formado pelos subconjuntos dos estados do AFND. Ou seja, cada estado no AFD será um subconjunto dos estados do AFND. Isso acontece porque, no AFND, é possível estar em múltiplos estados ao mesmo tempo (não-determinismo).

Se o AFND possui  $n$  estados, o AFD terá até  $2^n$  estados, pois o número de subconjuntos de um conjunto de  $n$  elementos é  $2^n$ .

#### 2.1.3. Definir o Estado Inicial $q_0'$ do AFD:

O estado inicial do AFD será o conjunto de estados acessíveis a partir do estado inicial do AFND, considerando também as transições espontâneas.

Se o AFND tiver transições  $\epsilon$  (transições sem consumir símbolos de entrada), o estado inicial do AFD será o conjunto de todos os estados acessíveis a partir do estado inicial do AFND com transições  $\epsilon$ , ou seja, o fecho  $\epsilon$  do estado inicial do AFND.

#### 2.1.4. Definir a Função de Transição $\delta'$ :

Para cada subconjunto de estados do AFD, a função de transição  $\delta'$  é definida da seguinte forma:

Para cada estado  $S$  no AFD (um subconjunto de estados do AFND) e para cada símbolo  $a \in \Sigma$ , calculamos a transição de  $S$  em  $a$  como o fecho  $\epsilon$  de todos os estados que podem ser alcançados pelas transições  $a$  a partir dos estados de  $S$ .

$$\delta'(S, a) = \bigcup_{q \in S} \delta(q, a)$$

#### 2.1.5. Definir o Conjunto de Estados Finais $F'$ :

O conjunto de estados finais do AFD será formado pelos subconjuntos de estados do AFND que contêm pelo menos um estado final do AFND.

### 3 SIMULAÇÃO

Foi utilizado a linguagem de programação Python como auxílio do editor de texto VSCode para realizar construção do conversor.

O modelo teve como entrada os dados da figura 4:

```
≡ teste.txt
1  0, 1, 2, 3
2  0
3  0a2
4  0a3
5  2b1
6  1b0
7  Encerrar transições
8  0, 3
```

Figura 4: Dados do autômato finito não-determinístico

Para melhorar a visualização do autômato foi utilizado a biblioteca graphviz e plotado o grafo do AFN abaixo:

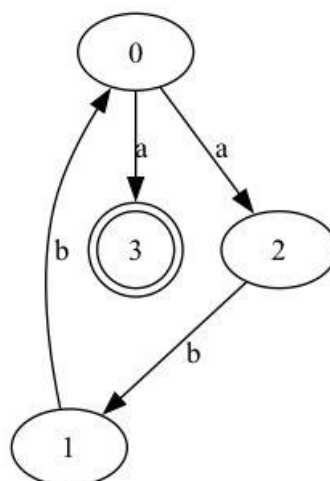


Figura 5: Representação do grafo AFD

Como resultado foi obtido o grafo da figura 6:

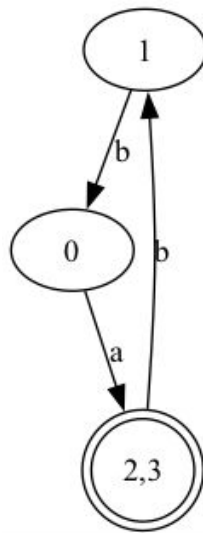


Figura 6: Representação do grafo AFD

Pode-se verificar que a conversão foi realizada corretamente. Os passos realizados pelo algoritmo podem ser vistos na figura 7:

```

Autômato Finito Não Determinístico:

Transições do AFN:

0 --: a :--> 2
0 --: a :--> 3
2 --: b :--> 1
1 --: b :--> 0

Autômato Finito Determinístico:

| --      a      b |
| 0      2,3     |
| 2,3           1 |
| 1             0 |

Transições do AFD:

0 --: a :--> 2,3
0 --: b :-->
2,3 --: a :-->
2,3 --: b :--> 1
1 --: a :-->
1 --: b :--> 0
  
```

Figura 7: Passos gerados pelo algoritmo de conversão

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a conversão de um AFND (Autômato Finito Não Determinístico) para um AFD (Autômato Finito Determinístico) é um processo crucial na teoria dos autômatos, permitindo que um autômato não determinístico seja transformado em um modelo determinístico, capaz de ser simulado de maneira mais direta e eficiente por máquinas computacionais. O processo, conhecido como algoritmo de subconjuntos, envolve a construção de novos estados no AFD, representando subconjuntos dos estados do AFND, e a definição de transições que capturam todas as possibilidades de comportamento do AFND em um formato determinístico. Embora esse processo possa resultar em um número exponencial de estados no AFD em comparação ao AFND original, ele garante que o AFD simule corretamente a linguagem aceita pelo AFND. A conversão de AFND para AFD é, portanto, uma ferramenta fundamental para a análise, implementação e otimização de autômatos em várias áreas da ciência da computação, como compiladores, reconhecimento de padrões e processamento de linguagens formais.

## 5 REFERÊNCIAS

MENESES, Paulo B. Linguagens Formais e Autômatos. 3ª edição. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 2008.

Autômatos Finitos não Determinísticos (AFN) e Determinísticos (AFD). Disponível em:

[http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/jornal/junho2014/materias/recapitulando.html#:~:text=Aut%C3%B4matos%20Finitos%20Determin%C3%ADsticos%20\(AFD\),para%20cada%20cadeia%20de%20entrada](http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/jornal/junho2014/materias/recapitulando.html#:~:text=Aut%C3%B4matos%20Finitos%20Determin%C3%ADsticos%20(AFD),para%20cada%20cadeia%20de%20entrada). Acessado em: 10/01/2025.

Linguagens Formais e Autômatos. Disponível em: <https://profjoserui.my.canva.site/>. Acessado em: 10/01/2025