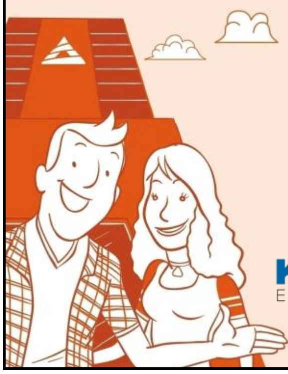


Linguagens Formais e Autômatos

Aula 05
Unidade Jundiaí

Kroton Educacional
Anhanguera
Aqui o seu esforço ganha força.

Plano de Ensino

- Apresentação. Revisão de Funções.
- Expressões Regulares, Gramática Regular.
- Autômatos Finitos Determinísticos.
- Conversão de ER para AFD.
- Minimização de Autômatos.
- **Autômatos Finitos Não-Determinísticos.**
- **Conversão de Autômatos AFD para AFND.**
- Autômatos com Movimento Vazio (ε).
- Conversão de Autômatos AFε para AFND.
- Autômatos com Pilha.
- Máquinas de Turing.

Livro-Texto

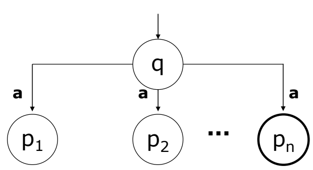
- Bibliografia Básica:
  - » MENEZES, Paulo Fernando Blauth. **Linguagens Formais e Autômatos**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- Bibliografia Complementar:
  - » LEWIS, Ricki. **Elementos da Teoria da Computação**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
  - » HOPCROFT, John E; ULLMAN, Jeffrey D; MOTWANI, Rajeev, SOUZA. **Introdução a Teoria dos Autômatos, Linguagens e Computação**. 1ª ed. São Paulo: CAMPUS, 2003.

5. Autômatos Finitos – AFND

- Definição: um Autômato Finito Não-Determinístico (AFND) é uma 5-upla:
  $M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F)$ onde:
  - » $\Sigma \rightarrow$ alfabeto de símbolos de entrada.
  - » $Q \rightarrow$ conjunto de estados possíveis do autômato o qual é finito.
  - » $\delta \rightarrow$ função programa ou função transição: $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow 2^Q$
  - » $q_0 \rightarrow$ estado inicial, tal que $q_0 \in Q$.
  - » $F \rightarrow$ conjunto de estados finais tal que $F \subseteq Q$.

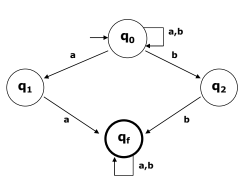
5. Autômatos Finitos – AFND

- Sabendo-se que δ é um grafo finito direto, supondo que:
  $\delta(q, a) = \{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$



5. Autômatos Finitos – AFND

- Exemplo: considere a linguagem $L = \{w \mid w$ possui aa ou bb como subpalavra$\}$ e o AFND
  $M = (\{a, b\}, \{q_0, q_1, q_2, q_f\}, \delta, q_0, \{q_f\})$ onde δ é como abaixo representado, reconhece L.



δ	a	b
q_0	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_2\}$
q_1	$\{q_f\}$	-
q_2	-	$\{q_f\}$
q_f	$\{q_f\}$	$\{q_f\}$

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

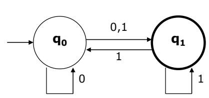
- Para cada Autômato Finito Não-Determinístico existe um Autômato Finito Determinístico equivalente.
- Para tal, devemos proceder com um algoritmo para a partir de um AFND, chegarmos a um AFD.
  - » Seja $M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F)$ um AFND então $\exists$ um AFD $M' = (\Sigma, Q', \delta', <q_0>, F')$ equivalente.

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Seja $M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F)$ e $M' = (\Sigma, Q', \delta', <q_0>, F')$
  - » Q' contém $\delta_0 = \{q_0\}$ (o estado inicial).
  - » Faça:
    - $\delta_0'(<q_0>,w) = <q_1 \ldots q_n>$
    - $\delta_1'(<q_1 \ldots q_n>,w) = \delta(q_1,w) \cup \ldots \cup \delta(q_n,w)$
    - E assim sucessivamente $\delta_2', \ldots, \delta_n'$
  - » $<q> \in F'$ para cada estado $q \in F$.
  - » $<q_n> \in Q'$ para cada estado $<q_n>$ gerado por δ'.

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Exemplo 1: dado um AFND $M=(\{0,1\}, \{q_0,q_1\}, \delta, \{q_0\}, \{q_1\})$
  - » Onde δ é dado pelo grafo abaixo:



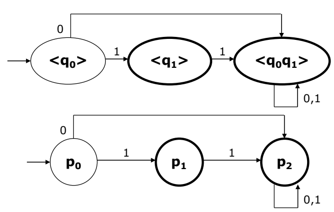
  - » Existe um $M'=(\{0,1\}, Q', \delta', <q_0>, F')$ equivalente.

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Dada a função programa δ’, temos:
  - » $\delta'(<q_0>, 0) = \delta(\{q_0\}, 0) = <q_0q_1>$
  - » $\delta'(<q_0>, 1) = \delta(\{q_0\}, 1) = <q_1>$
  - » $\delta'(<q_1>, 0) = \delta(\{q_1\}, 0) = \varnothing$
  - » $\delta'(<q_1>, 1) = \delta(\{q_1\}, 1) = <q_0q_1>$
  - » $\delta'(<q_0q_1>, 0) = \delta(\{q_0\}, 0) \cup \delta(\{q_1\}, 0) = <q_0q_1>$
  - » $\delta'(<q_0q_1>, 1) = \delta(\{q_0\}, 1) \cup \delta(\{q_1\}, 1) = <q_0q_1>$

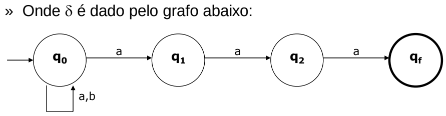
5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Chegamos então ao AFD M’:
  - » $Q' = (<q_0>, <q_1>, <q_0q_1>)$ ou $Q' = (p_0, p_1, p_2)$
  - » $F' = \{<q_1>, \{<q_0q_1>\}$ ou $\{p_1, p_2\}$, pois $q_1 \in F$.
  - » δ’ é dado pelo grafo a seguir:



5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Exemplo 2: dado um AFND $M=(\{a,b\}, \{q_0,q_1,q_2,q_f\}, \delta, \{q_0\}, \{q_f\})$
  - » Onde δ é dado pelo grafo abaixo:



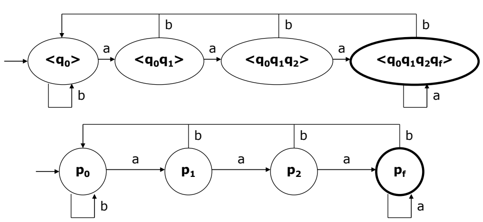
  - » Existe um $M'=(\{a,b\}, Q', \delta', <q_0>, F')$ equivalente.

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Dada a função programa δ', temos:
  - » $\delta'(\langle q_0\rangle, a) = \delta(\{q_0\}, a) = \langle q_0q_1\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0\rangle, b) = \delta(\{q_0\}, b) = \langle q_0\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0q_1\rangle, a) = \delta(\{q_0\}, a) \cup \delta(\{q_1\}, a) = \langle q_0q_1q_2\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0q_1\rangle, b) = \delta(\{q_0\}, b) \cup \delta(\{q_1\}, b) = \langle q_0\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0q_1q_2\rangle, a) = \delta(\{q_0\}, a) \cup \delta(\{q_1\}, a) \cup \delta(\{q_2\}, a) = \langle q_0q_1q_2q_f\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0q_1q_2\rangle, b) = \delta(\{q_0\}, b) \cup \delta(\{q_1\}, b) \cup \delta(\{q_2\}, b) = \langle q_0\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0q_1q_2q_f\rangle, a) = \delta(\{q_0\}, a) \cup \delta(\{q_1\}, a) \cup \delta(\{q_2\}, a) \cup \delta(\{q_f\}, a) = \langle q_0q_1q_2q_f\rangle$
  - » $\delta'(\langle q_0q_1q_2q_f\rangle, b) = \delta(\{q_0\}, b) \cup \delta(\{q_1\}, b) \cup \delta(\{q_2\}, b) \cup \delta(\{q_f\}, a) = \langle q_0\rangle$

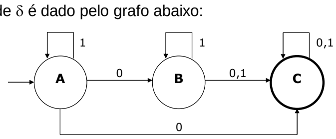
5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Chegamos então ao AFD M':
  - » $Q' = (\langle q_0\rangle, \langle q_0q_1\rangle, \langle q_0q_1q_2\rangle, \langle q_0q_1q_2q_f\rangle)$ ou $Q' = (p_0, p_1, p_2, p_f)$
  - » $F' = \{\langle q_0q_1q_2q_f\rangle\}$ ou $\{p_f\}$, pois $q_f \in F$.
  - » δ' é dado pelo grafo a seguir:



5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Exemplo 3: dado um AFND
  M=({0,1}, {A, B, C}, δ, {A}, {C})
  - » Onde δ é dado pelo grafo abaixo:



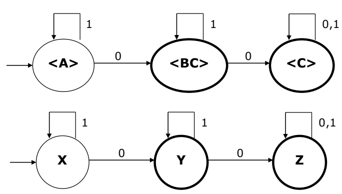
  - » Existe um M'=({0,1}, Q', δ', <A>, F') equivalente.

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Dada a função programa δ’, temos:
  - » δ’(<A>, 0) = δ({A}, 0) = <BC>
  - » δ’(<A>, 1) = δ ({A}, 1) = <A>
  - » δ’(<BC>, 0) = δ({B}, 0) ∪ δ({C}, 0) = <C>
  - » δ’(<BC>, 1) = δ({B}, 1) ∪ δ({C}, 1) = <BC>
  - » δ’(<C>, 0) = δ({C}, 0) = <C>
  - » δ’(<C>, 1) = δ({C}, 1) = <C>

5. Autômatos Finitos – Conversão AFND → AFD

- Chegamos então ao AFD M’:
  - » Q’ = (<A>, <BC>, <C>) ou Q’ = (X, Y, Z)
  - » F’ = {<BC>, <C>} ou {Y, Z}, pois C ∈ F.
  - » δ’ é dado pelo grafo a seguir:



Kroton Educacional

Anhanguera

Aqui o seu esforço ganha força.

Linguagens Formais e Autômatos

Ciência da Computação

clayton.valdo@anhanguera.com