

Linguagens Formais, Autômatos e Computabilidade

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

Universidade Estadual do Paraná - Unespar

30 de abril de 2024

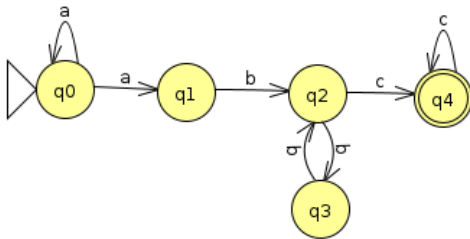
- Autômatos Finitos Determinístico (AFD);
- Autômatos Finitos Não Determinístico (AFND);
- Mecanismo reconhecedor para linguagens regulares;
- Para todo AFND existe um AFD equivalente;
- O que seria um AFND equivalente?

Transformação AFND para AFD

- Reconhecer a mesma linguagem;
- Aceitar e recusar as mesmas palavras;
- Como fazer essas transformações?
- A partir das funções de transições (Tabela);
- Sempre olhar para as "**funções de transição original**".

Transformação AFND para AFD

- Exemplo:



	a	b	c
q0	q0,q1	X	X
q1	X	q2	X
q2	X	q3	q4
q3	X	q2	X
q4	X	X	q4

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q0,q1	X	X
q1	X	q2	X
q2	X	q3	q4
q3	X	q2	X
q4	X	X	q4

Transformação AFND para AFD

- Cria-se um novo estado para esses casos;
- A tabela de função de transição receberá o novo estado;
- As funções de transições do novo estado será a junção da função de transição dos outros estados.
- Onde foi parar o estado q1?

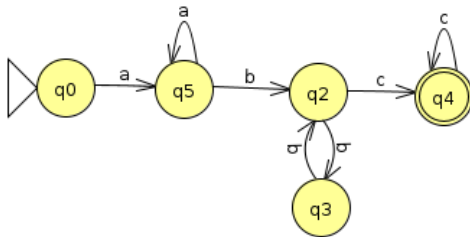
	a	b	c
q0	q5	X	X
q2	X	q3	q4
q3	X	q2	X
q4	X	X	q4
q5 = (q0,q1)	q5	q2	X

Transformação AFND para AFD

- Se tornou inacessível.

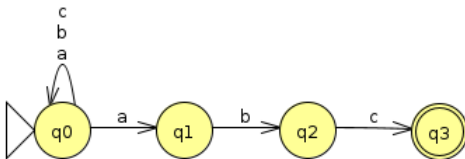
	a	b	c
q0	q5	X	X
q1	X	q2	X
q2	X	q3	q4
q3	X	q2	X
q4	X	X	q4
q5 = (q0,q1)	q5	q2	X

Transformação AFND para AFD



Transformação AFND para AFD

- Casos um pouco mais complexo;
- Qual a **Linguagem**?



	a	b	c
q0	q0,q1	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X

Transformação AFND para AFD

- $L = \{W \in \{a, b\}^* \mid W \text{ tem } \mathbf{a\,b\,c} \text{ como sufixo}\}$

	a	b	c
q0	q0,q1	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q0,q1	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	?	?	?

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q4	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q0,q2	q0

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q4	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q5	q0
q5 = (q0,q2)	?	?	?

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q4	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q5	q0
q5 = (q0,q2)	q4	q0	q0,q3

Transformação AFND para AFD

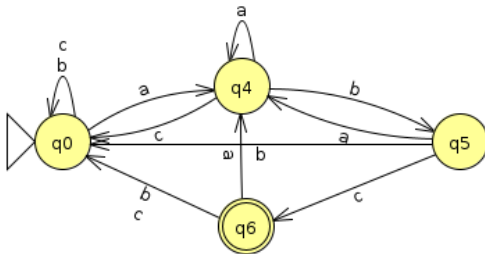
- Possui estados inacessíveis?

	a	b	c
q0	q4	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q5	q0
q5 = (q0,q2)	q4	q0	q6
q6 = (q0,q3)	q4	q0	q0

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q4	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q5	q0
q5 = (q0,q2)	q4	q0	q6
q6 = (q0,q3)	q4	q0	q0

Transformação AFND para AFD



Transformação AFND para AFD

- Exemplos:
- Estado inicial **q0**;
- Quais são os estados inacessíveis?

	a	b	c
q0	q0	q2	X
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	q4	q2	q4
q4 = (q0,q2)	q0	q2	q3

	a	b
q0	q0	q1
q1	X	q3
q2	X	X
q3 = (q1,q2)	X	q3

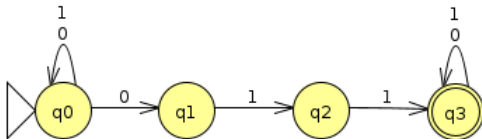
Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q0	q2	X
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	q4	q2	q4
q4 = (q0,q2)	q0	q2	q3

	a	b
q0	q0	q1
q1	X	q3
q2	X	X
q3 = (q1,q2)	X	q3

Transformação AFND para AFD

- Exemplo:



	0	1
q0	q0,q1	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q0,q2

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q0,q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	?	?

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q4,q3	q0,q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q0,q1,q3	q0,q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	?	?

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q0,q1,q3	q0,q2,q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	?	?

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	q0,q1,q3	q0,q3,q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	q0,q1,q3	q0,q3

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	q7	q6

Transformação AFND para AFD

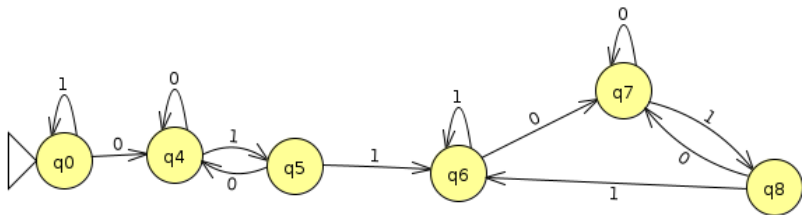
	0	1
q0	q4	q0
q1	X	q2
q2	X	q3
q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	q7	q6

Transformação AFND para AFD

	0	1
q0	q4	q0
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	q7	q6

Transformação AFND para AFD

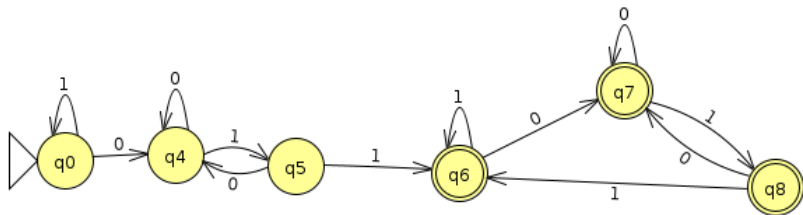
- Qual o estado final?
- Pode ter mais de um?



Transformação AFND para AFD

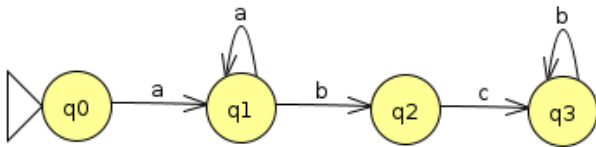
	0	1
q0	q4	q0
q4 = (q0,q1)	q4	q5
q5 = (q0,q2)	q4	q6
q6 = (q0,q3)	q7	q6
q7 = (q0,q1,q3)	q7	q8
q8 = (q0,q2,q3)	q7	q6

Transformação AFND para AFD



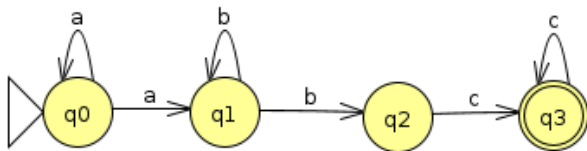
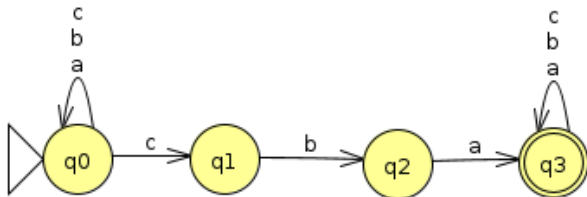
Transformação AFND para AFD

- Faça a transformação do seguinte autônomo:



Transformação AFND para AFD

- Exercícios:
 - Quais as Linguagens dos AFNDS?
 - Faça a transformação de AFND para AFD;
 - Dê a descrição formal.



Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q0	q0	q4
q4 = (q0,q1)	q0	q5	q4
q5 = (q0,q2)	q6	q0	q4
q6 = (q0,q3)	q6	q6	q7
q7 = (q0,q1,q3)	q6	q8	q7
q8 = (q0,q2,q3)	q6	q6	q7

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q4	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q5	X
q5 = (q1,q2)	X	q5	q3
q3	X	X	q3

Transformação AFND para AFD

- Transformação a partir da descrição formal;
- $E = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$;
- $\Sigma = \{a, b, c\}$;
- $I = \{q_0\}$;
- $F = \{q_2, q_3\}$;
- $\delta =$

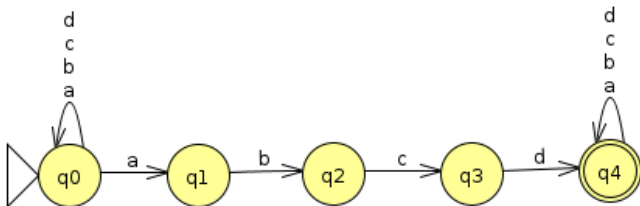
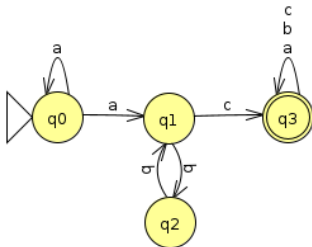
	a	b	c
q0	q0,q1	q1	X
q1	X	q0,q2	X
q2	x	q3	X
q3	q0	X	q4
q4	X	q4	q4

Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q5	q1	X
q1	X	q7	X
q4	X	q4	q4
q5 = (q0,q1)	q5	q6	X
q6 = (q1,q0,q2)	q5	q8	X
q7 = (q0,q2)	q5	q9	X
q8 = (q0,q1,q2,q3)	q5	q8	q4
q9 = (q1,q3)	q0	q7	q4

Transformação AFND para AFD

- Exercícios:
 - Quais as Linguagens dos AFNDS?
 - Faça a transformação de AFND para AFD;
 - Dê a descrição formal.



Transformação AFND para AFD

	a	b	c
q0	q4	X	X
q1	X	q2	q3
q2	X	q1	X
q3	q3	q3	q3
q4 = (q0,q1)	q4	q2	q3

Transformação AFND para AFD

	a	b	c	d
q0	q5	q0	q0	q0
q5 = (q0,q1)	q5	q6	q0	q0
q6 = (q0,q2)	q5	q0	q7	q0
q7 = (q0,q3)	q5	q0	q0	q8
q8 = (q0,q4)	q9	q8	q8	q8
q9 = (q0,q1,q4)	q9	q10	q8	q8
q10 = (q0,q2,q4)	q9	q8	q11	q8
q11 = (q0,q3,q4)	q9	q8	q8	q8

Obrigado! Dúvidas?

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

guilhermenakahata@gmail.com

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