

# Linguagens Formais, Autômatos e Computabilidade

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

Universidade Estadual do Paraná - Unespar

20 de abril de 2023

# Transformação AFND para AFD

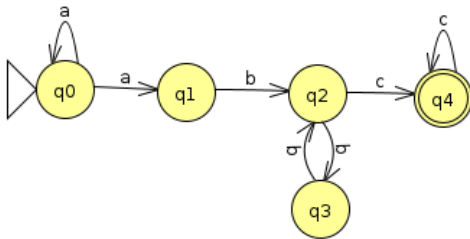
- Autômatos Finitos Determinístico (AFD);
- Autômatos Finitos Não Determinístico (AFND);
- Mecanismo reconhecedor para linguagens regulares;
- Para todo AFND existe um AFD equivalente;
- O que seria um AFND equivalente?

# 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  $q_1$ ?

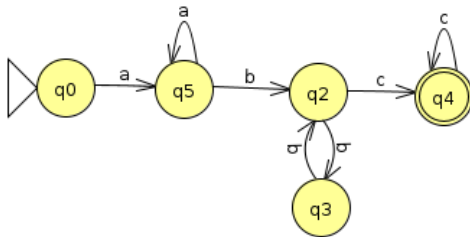
	a	b	c
q0	q5	X	X
q2	X	q3	q4
q3	X	q2	X
q4	X	X	q4
q5 = (q0,q1)	q5	q2	X

# 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

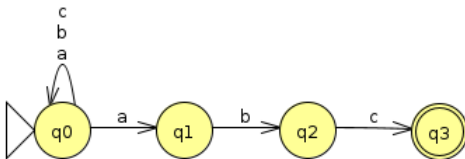
# Transformação AFND para AFD





# 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?

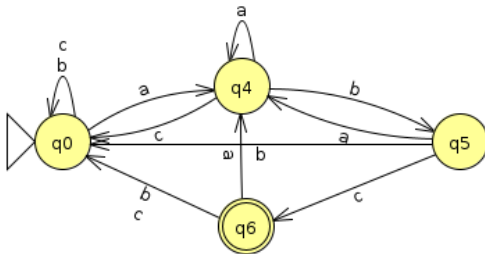
	a	b	c
q0	q4	q0	q0
q1	X	q2	X
q2	X	X	q3
q3	X	X	X
q4 = (q0,q1)	q4	q5	q0
q5 = (q0,q2)	q4	q0	q6
q6 = (q0,q3)	q4	q0	q0

# 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
s0	s0	s2	X
s1	X	s2	X
s2	X	X	s3
s3	s4	s2	s4
s4 = (s0,s2)	s0	s2	s3

	a	b
s0	s0	s1
s1	X	s3
s2	X	X
s3 = (s1,s2)	X	s3

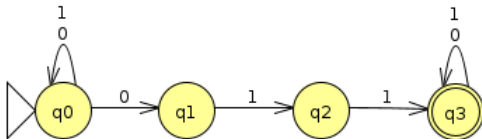
# Transformação AFND para AFD

	a	b	c
s0	s0	s2	X
s1	X	s2	X
s2	X	X	s3
s3	s4	s2	s4
s4 = (s0,s2)	s0	s2	s3

	a	b
s0	s0	s1
s1	X	s3
s2	X	X
s3 = (s1,s2)	X	s3

# Transformação AFND para AFD

- Exemplo:



	0	1
s0	s0,s1	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s0,s2

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s0,s3

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	?	?

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s4,s3	s0,s3



# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s0,s1,s3	s0,s3

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	?	?

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s0,s1,s3	s0,s2,s3

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	?	?

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	s0,s1,s3	s0,s3,s3

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	s0,s1,s3	s0,s3

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	s7	s6

# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s1	X	s2
s2	X	s3
s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	s7	s6

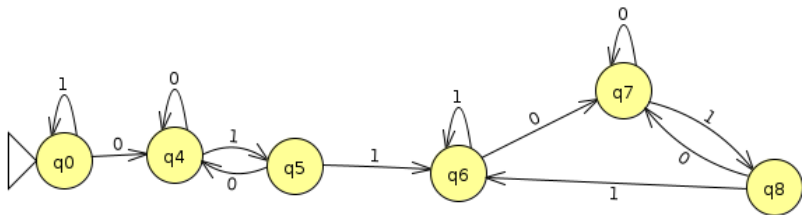


# Transformação AFND para AFD

	0	1
s0	s4	s0
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	s7	s6

# Transformação AFND para AFD

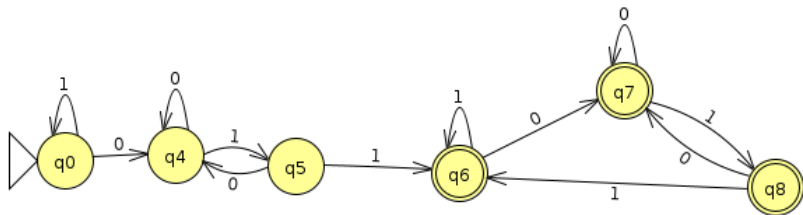
- Qual o estado final?
- Pode ter mais de um?



# Transformação AFND para AFD

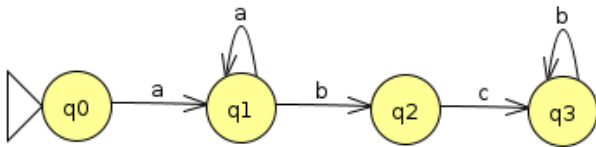
	0	1
s0	s4	s0
s4 = (s0,s1)	s4	s5
s5 = (s0,s2)	s4	s6
s6 = (s0,s3)	s7	s6
s7 = (s0,s1,s3)	s7	s8
s8 = (s0,s2,s3)	s7	s6

# Transformação AFND para AFD



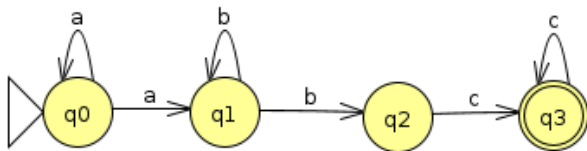
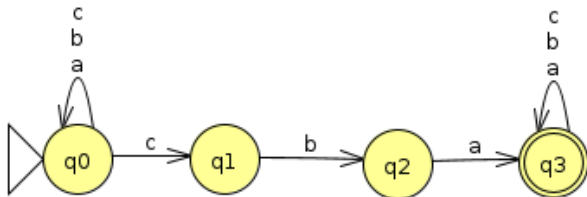
# Transformação AFND para AFD

- 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
s0	s0	s0	s4
s4 = (s0,s1)	s0	s5	s4
s5 = (s0,s2)	s6	s0	s4
s6 = (s0,s3)	s6	s6	s7
s7 = (s0,s1,s3)	s6	s8	s7
s8 = (s0,s2,s3)	s6	s6	s7

# Transformação AFND para AFD

	a	b	c
s0	s4	X	X
s4 = (s0,s1)	s4	s5	X
s5 = (s1,s2)	X	s5	s3
s3	X	X	s3



# Transformação AFND para AFD

- Transformação a partir da descrição formal;
- $E = \{s0,s1,s2,s3,s4\}$ ;
- $\Sigma = \{a,b,c\}$ ;
- $I = \{s0\}$ ;
- $F = \{s2,s3\}$ ;
- $\delta =$

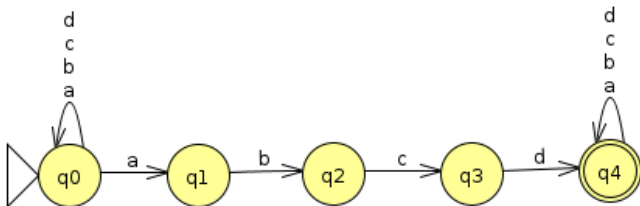
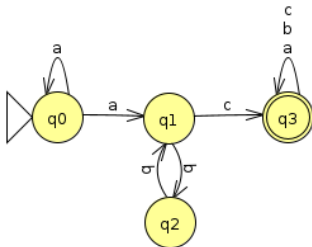
	a	b	c
s0	s0,s1	s1	X
s1	X	s0,s2	X
s2	x	s3	X
s3	s0	X	s4
s4	X	s4	s4

# Transformação AFND para AFD

	a	b	c
s0	s5	s1	X
s1	X	s7	X
s4	X	s4	s4
s5 = (s0,s1)	s5	s6	X
s6 = (s1,s0,s2)	s5	s8	X
s7 = (s0,s2)	s5	s9	X
s8 = (s0,s1,s2,s3)	s5	s8	s4
s9 = (s1,s3)	s0	s7	s4

# 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
s0	s4	X	X
s1	X	s2	s3
s2	X	s1	X
s3	s3	s3	s3
s4 = (s0,s1)	s4	s2	s3

# Transformação AFND para AFD

	a	b	c	d
s0	s5	s0	s0	s0
s5 = (s0,s1)	s5	s6	s0	s0
s6 = (s0,s2)	s5	s0	s7	s0
s7 = (s0,s3)	s5	s0	s0	s8
s8 = (s0,s4)	s9	s8	s8	s8
s9 = (s0,s1,s4)	s9	s10	s8	s8
s10 = (s0,s2,s4)	s9	s8	s11	s8
s11 = (s0,s3,s4)	s9	s8	s8	s8

# Obrigado! Dúvidas?

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

[guilhermenakahata@gmail.com](mailto:guilhermenakahata@gmail.com)

<https://github.com/GuilhermeNakahata/UNESPAR-2023>