

# Computação Quântica

## Aula 05

Murilo V. G. da Silva

DINF/UFPR

Axiomas da mecânica quântica:

Axiomas da mecânica quântica:

- Axioma da superposição

Axiomas da mecânica quântica:

- Axioma da superposição
- Axioma da medida

Axiomas da mecânica quântica:

- Axioma da superposição
- Axioma da medida
- Axioma da evolução unitária

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Bit flip (Porta NOT):

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Bit flip (Porta NOT):

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

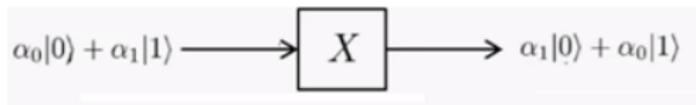
Bit flip (Porta NOT):

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Pergunta: O que a porta  $X$  faz com  $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ ?

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Bit flip (Porta NOT):



# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Phase flip:

Phase flip:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Phase flip:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Pergunta: O que a porta  $Z$  faz com  $\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle$ ?

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Phase flip:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Pergunta: O que a porta  $Z$  faz com  $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ ?

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Rotação:

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Rotação:

$$R_{\theta} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Rotação:

$$R_{\theta} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

Pergunta: O que a porta  $X$  faz com  $\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle$ ?

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias $2 \times 2$ )

Porta de Hadamard:

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Porta de Hadamard:

$$H = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Porta de Hadamard:

$$H = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

Pergunta: O que a porta  $H$  faz com  $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ ?

# Portas quânticas de 1-qubit (matrizes unitárias 2x2)

Porta de Hadamard:



# Parando para pensar um pouco

# Parando para pensar um pouco

- As matrizes que vimos anteriormente são unitárias?

# Parando para pensar um pouco

- As matrizes que vimos anteriormente são unitárias?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|0\rangle$

# Parando para pensar um pouco

- As matrizes que vimos anteriormente são unitárias?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|0\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|1\rangle$

# Parando para pensar um pouco

- As matrizes que vimos anteriormente são unitárias?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|0\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|1\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle$ ?

# Parando para pensar um pouco

- As matrizes que vimos anteriormente são unitárias?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|0\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|1\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle$ ?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|i\rangle$

# Parando para pensar um pouco

- As matrizes que vimos anteriormente são unitárias?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|0\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|1\rangle$
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle$ ?
- Dada uma matriz unitária  $U$ , o que ela faz com  $|i\rangle$
- O que podemos dizer sobre as colunas de matrizes unitárias

# Voltando as nossas portas $H$ , $X$ e $Z$

Relação entre estas portas:

# Voltando as nossas portas $H$ , $X$ e $Z$

Relação entre estas portas:

- $X = HZH$

# Voltando as nossas portas $H$ , $X$ e $Z$

Relação entre estas portas:

- $X = HZH$
- $Z = HXH$

# Portas quânticas de 2-qubit (matrizes unitárias 4x4)

Porta CNOT:

# Portas quânticas de 2-qubit (matrizes unitárias 4x4)

Porta CNOT:

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Portas quânticas de 2-qubit (matrizes unitárias 4x4)

Porta CNOT:

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Pergunta: O que a porta *CNOT* faz com  $\alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$ ?

# Portas quânticas de 2-qubits (matrizes unitárias 4x4)

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \delta \\ \gamma \end{pmatrix}$$

