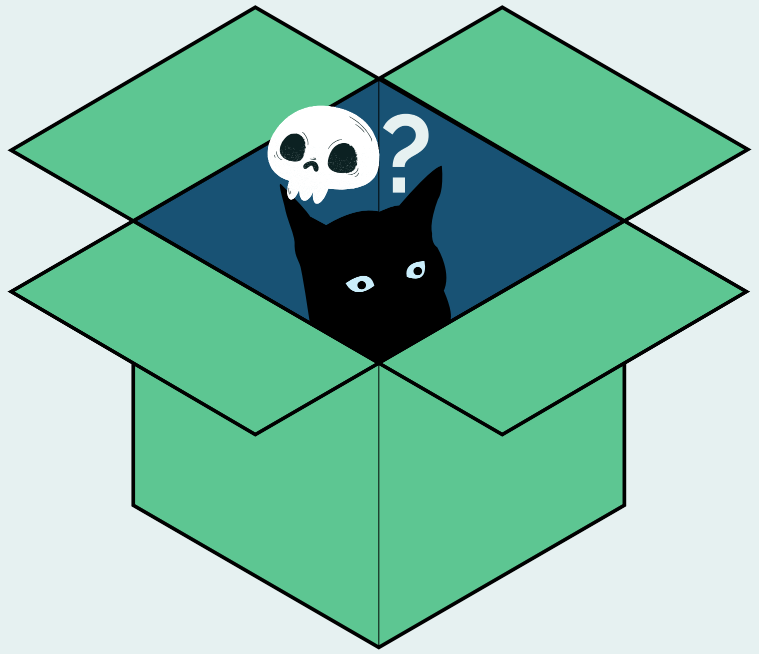
Computação Quântica e Informação Quântica

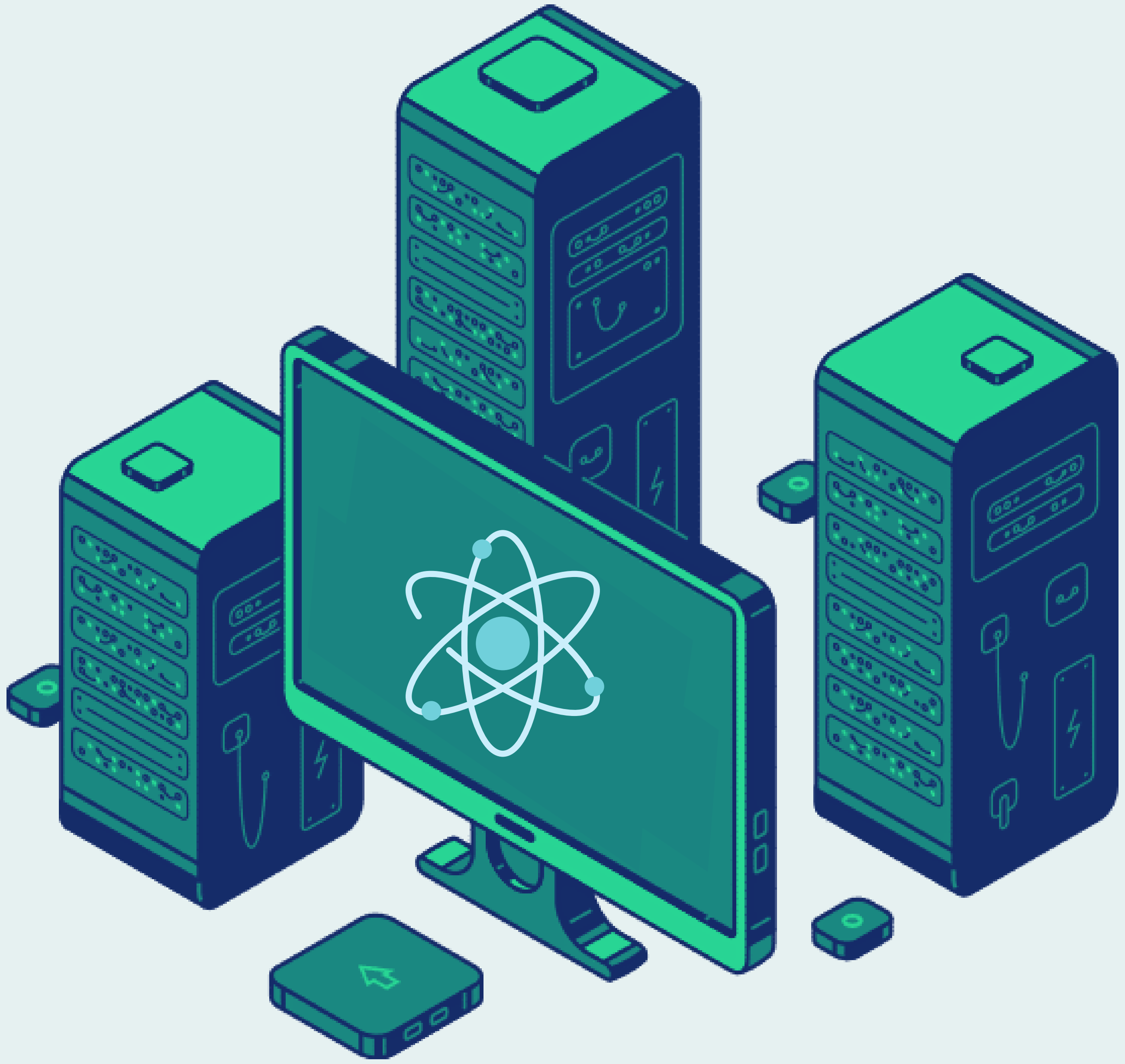
GERCOM - UFPA
13 de fevereiro de 2023

Agenda da apresentação

- Por que Computação Quântica?
- Algoritmos
- Critérios de DiVincenzo
- Tipos de Qubits
- Camadas de um Computador Quântico
- Tipos de Qubit
- Portas Lógicas

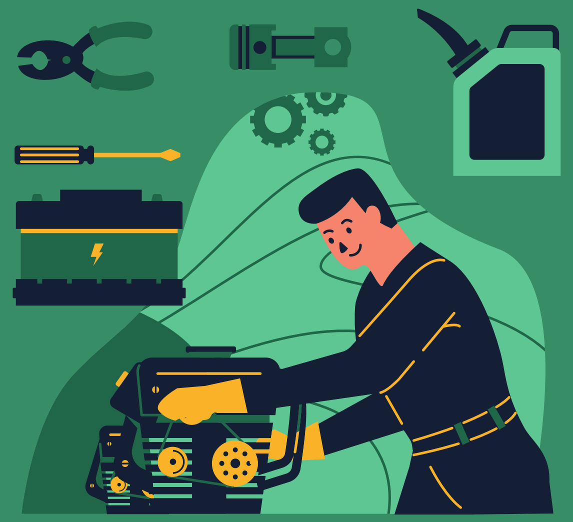
Por que Computação Quântica?





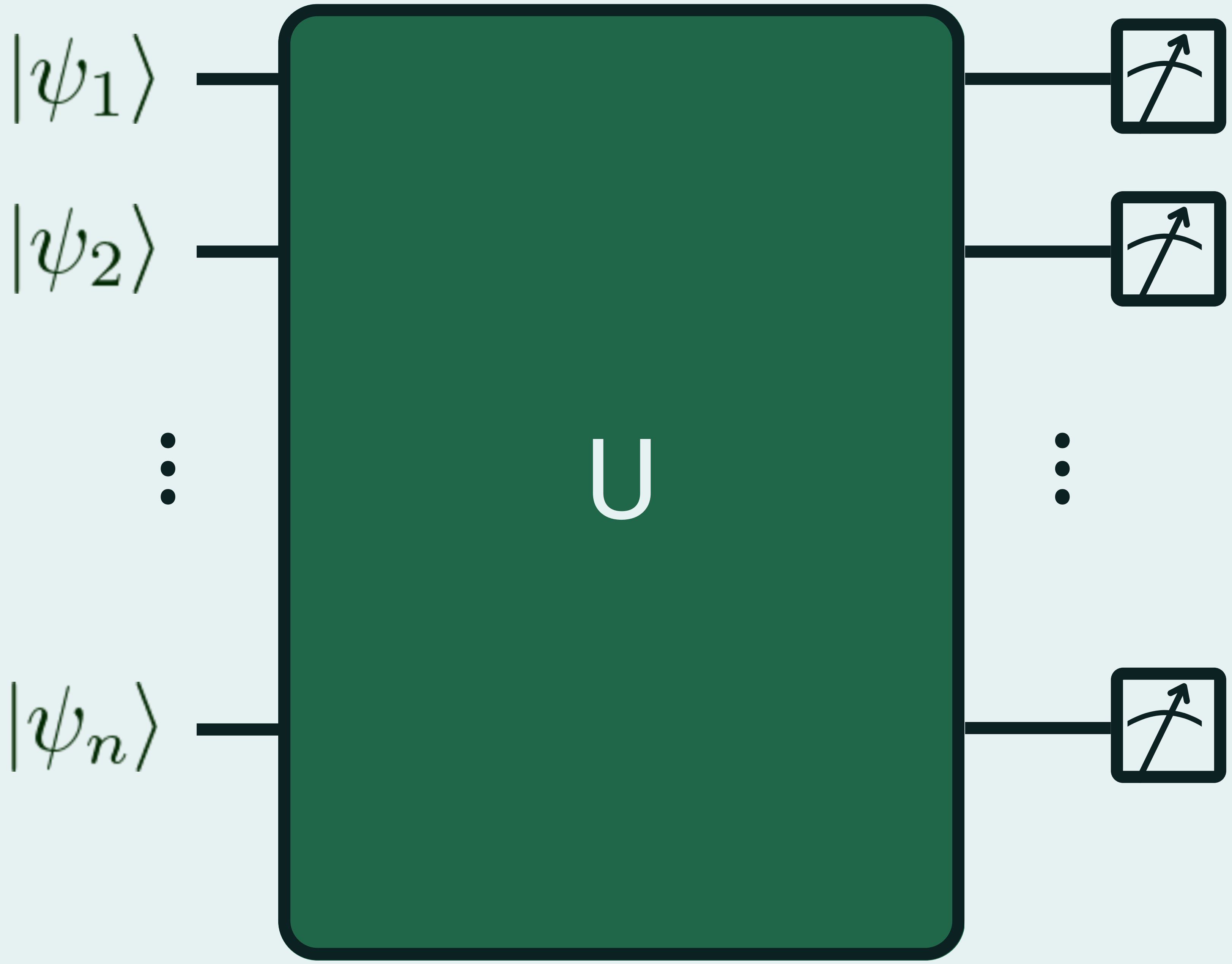
Processamento

Clássico



Quântico

Algoritmos



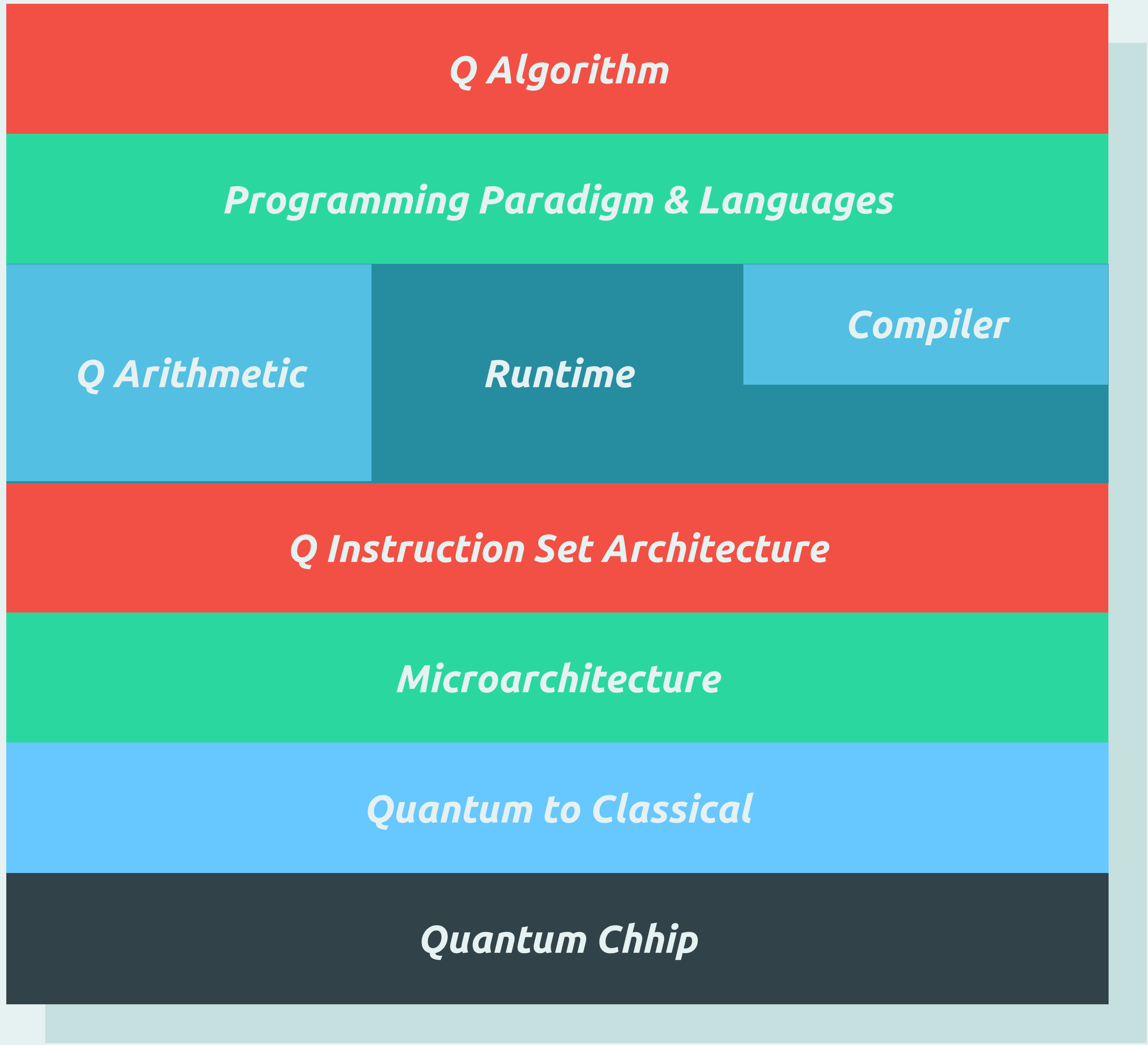
- Algoritmo de Grover
- Algoritmo de Shor
- Algoritmo de Deutsch-Jozsa
- Algoritmo de Simon
- Algoritmo HHL

Critérios de DiVincenzo

Cinco requisitos que devem ser atendidos para que uma tecnologia de computação quântica possa ser viável.

1. A capacidade de produzir qubits;
2. A capacidade de preservar coerencia quântica;
3. A capacidade de realizar operações unitárias;
4. A capacidade de medir o estado quântico;
5. A capacidade de escalar.

Camadas de um Computador Quântico



Tipos de Qubits

- Supercondutores
- Spins
- Íons presos
- Fótons

Notação de Dirac

A notação de Dirac é uma representação matemática usada na mecânica quântica para descrever estados quânticos, usando símbolos como "bra" e "ket".

Ket: $|\psi\rangle$

$$|\psi\rangle = \alpha\,|0\rangle + \beta\,|1\rangle$$

Generalizando:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i\,|i\rangle = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

Ou seja:

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Amplitudes de probabilidade são números complexos

$$\alpha = a + bi \qquad \alpha^* = a - bi$$

Destaca-se, que:

$$P\,|1\rangle = \alpha \times \alpha^*$$

Notação de Dirac

O Bra é usado para calcular a probabilidade de encontrar o sistema em um determinado estado.

Bra: $\langle\psi|$

Para N estados:

$$\sum_{j=1}^{n} a_j^* \langle j| = \begin{bmatrix} a_1^* & a_2^* & \dots & a_n^* \end{bmatrix}$$

Bra-Ket:

$$\langle\psi||\psi\rangle = \begin{bmatrix} a_1^* & a_2^* & \dots & a_n^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

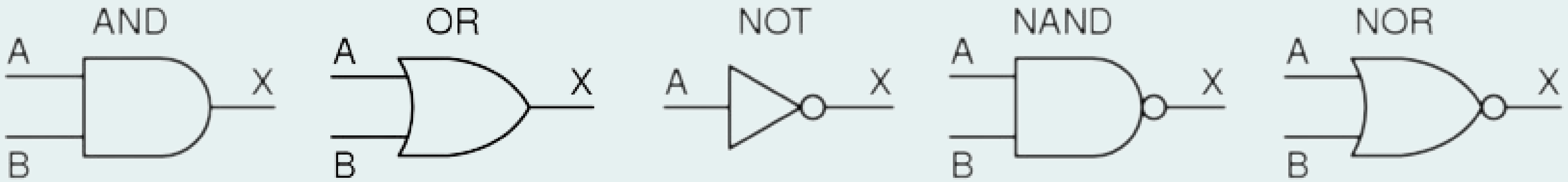
Ou seja:

$$\langle\psi|\psi\rangle = \underbrace{a_1^* a_1}_{P1} + \underbrace{a_2^* a_2}_{P2} + \dots + \underbrace{a_n^* a_n}_{Pn}$$

Soma n da probabilidade de encontrar o estado i

$$\langle\psi|\psi\rangle = \sum_i Pi$$

Portas Lógicas



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A	X
0	1
1	0

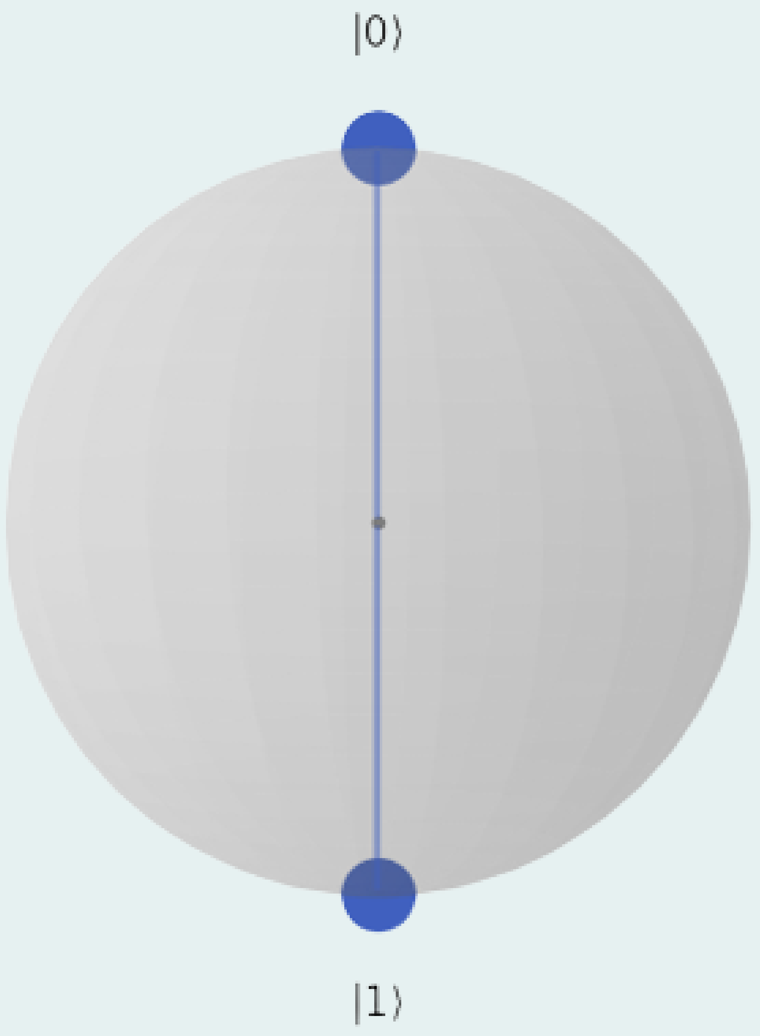
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Hadamard

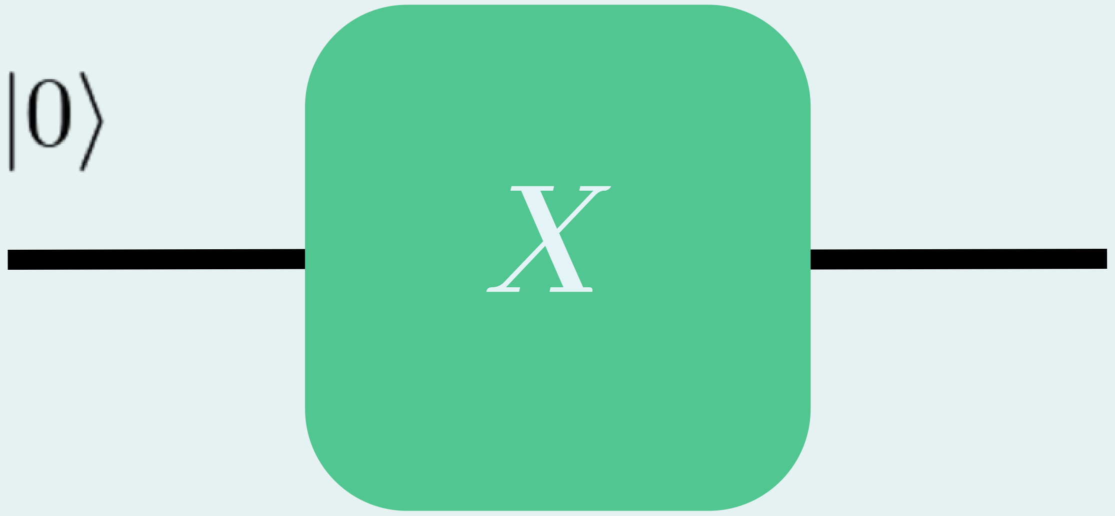
A porta de Hadamard coloca o Qubit em superposição, 0 e 1 ao mesmo tempo

Qsphere

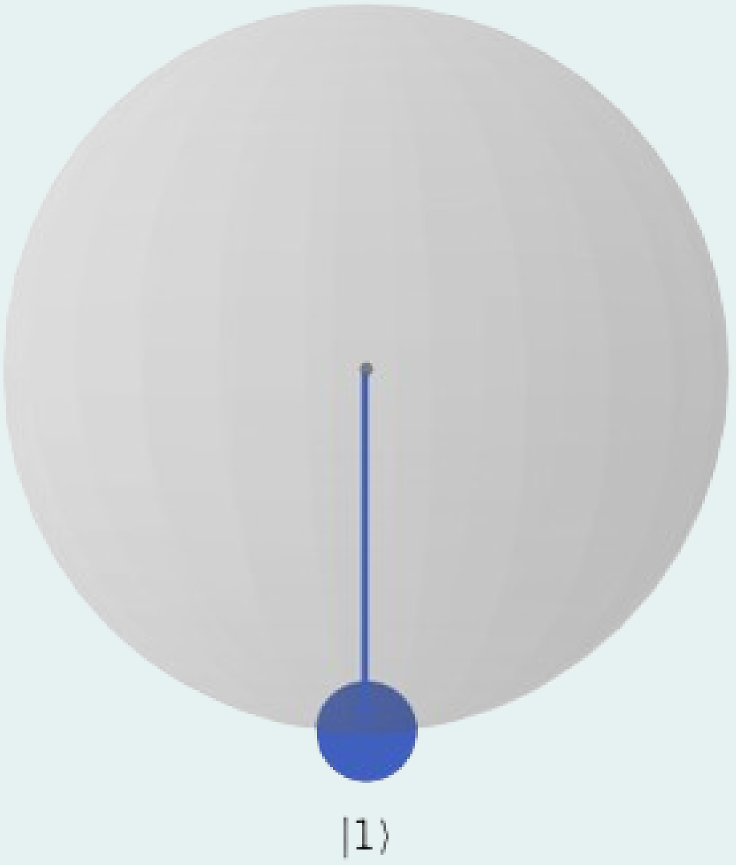


Not ou Pauli-X

A porta de NOT, assim como a clássica, inverte o valor do estado de entrada do Qubit.



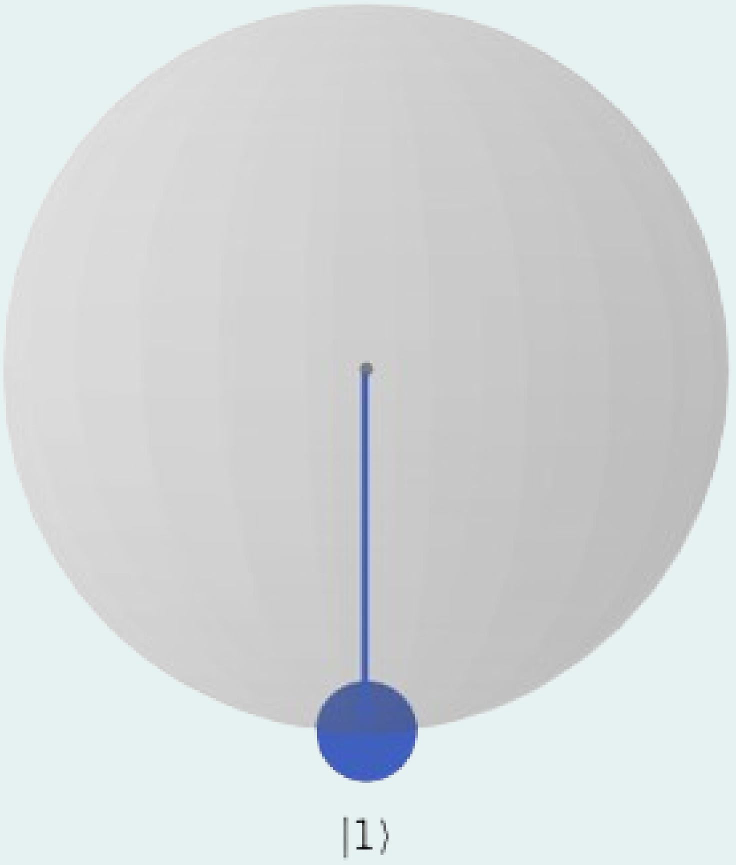
Qsphere



Porta Y

A Porta Y rotaciona 90° em torno do eixo Y no espaço de Bloch.

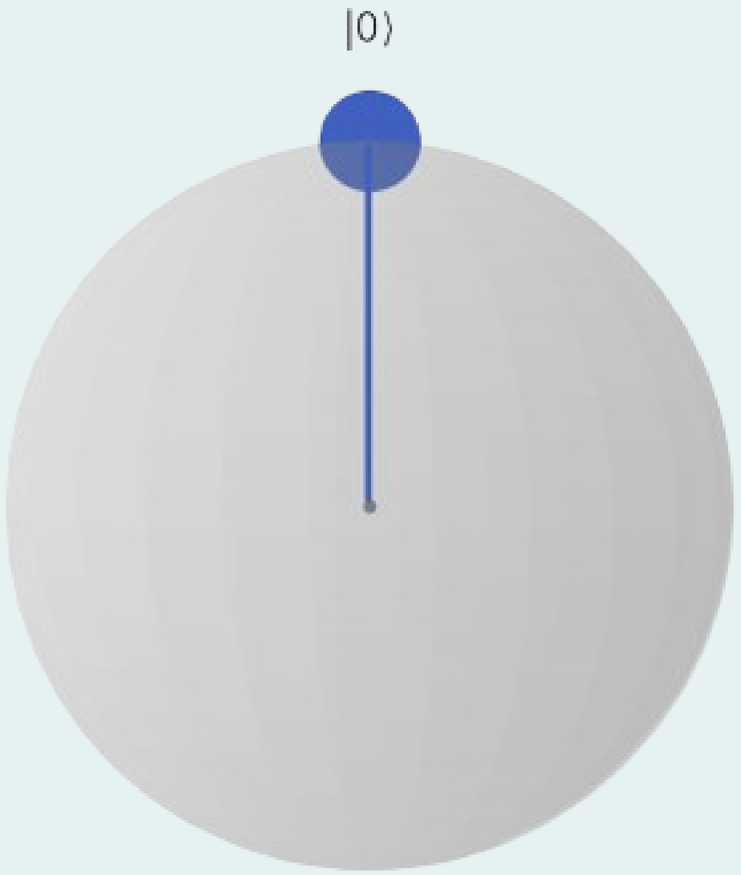
Qsphere



Porta Z

A porta Z rotaciona em π no eixo Z se, somente se, o estado anterior for |1⟩. Caso o estado anterior à porta seja |0⟩, nada acontece.

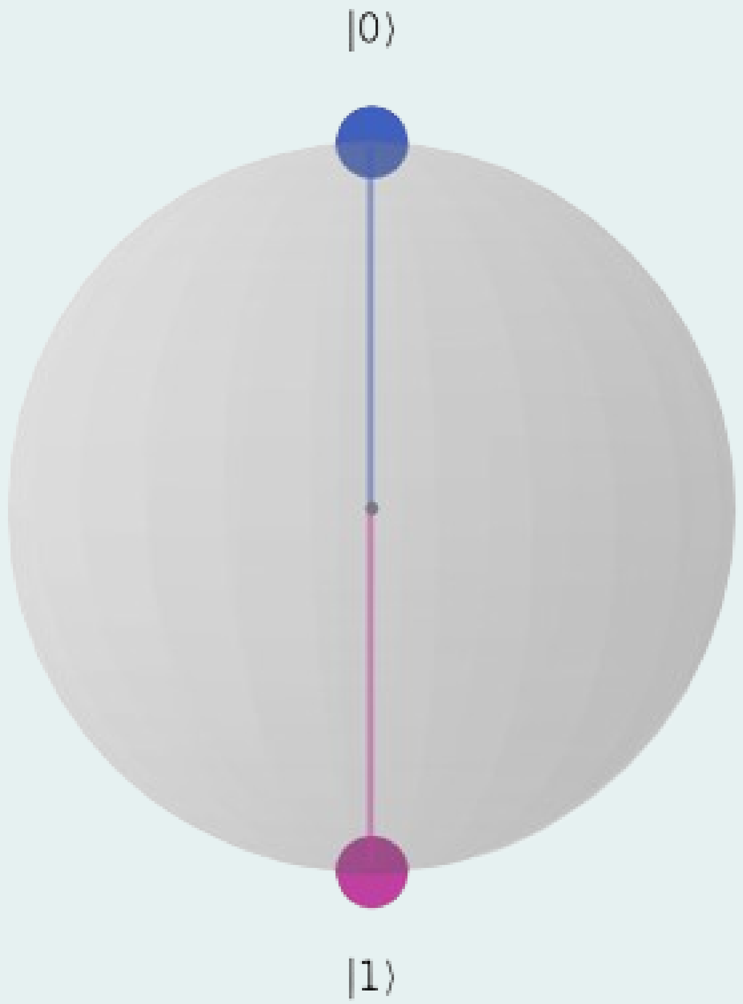
Qsphere



Porta S

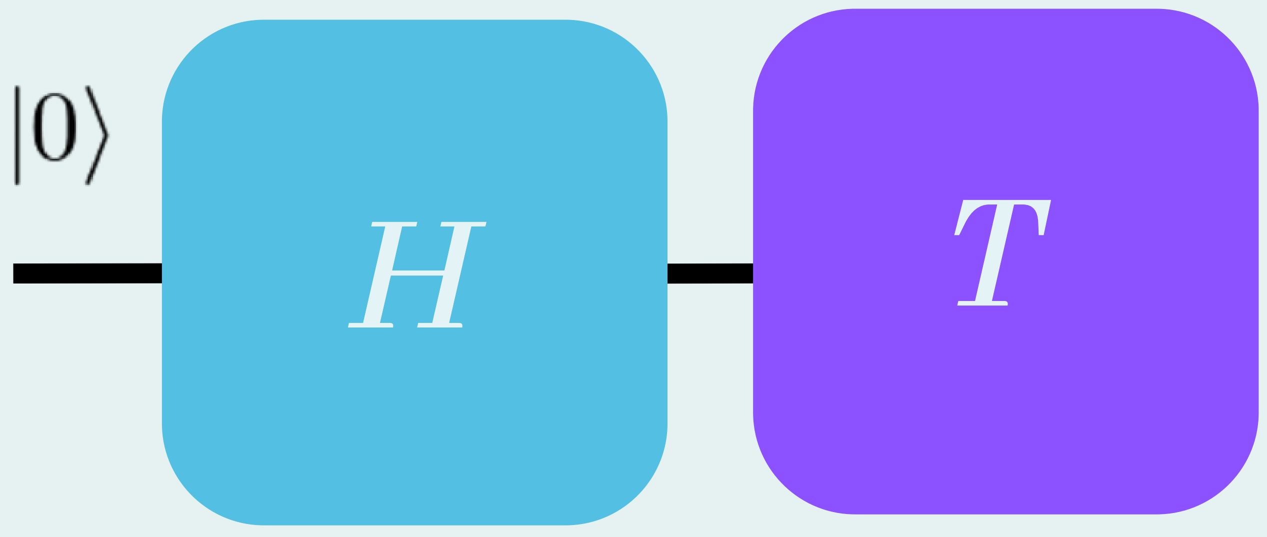
A porta S adiciona uma fase imaginária π/2 ao estado |1⟩. Nada é feito ao estado |0⟩.

Qsphere

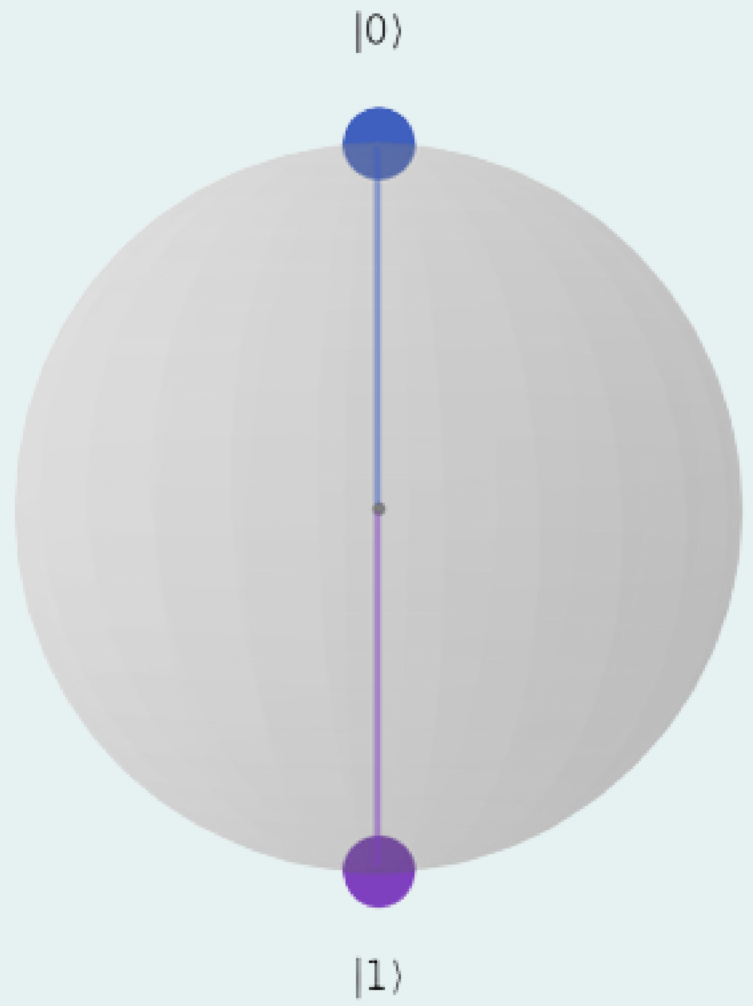


Porta T

A porta T adiciona uma fase imaginária π/4 ao estado |1⟩. Nada é feito ao estado |0⟩.

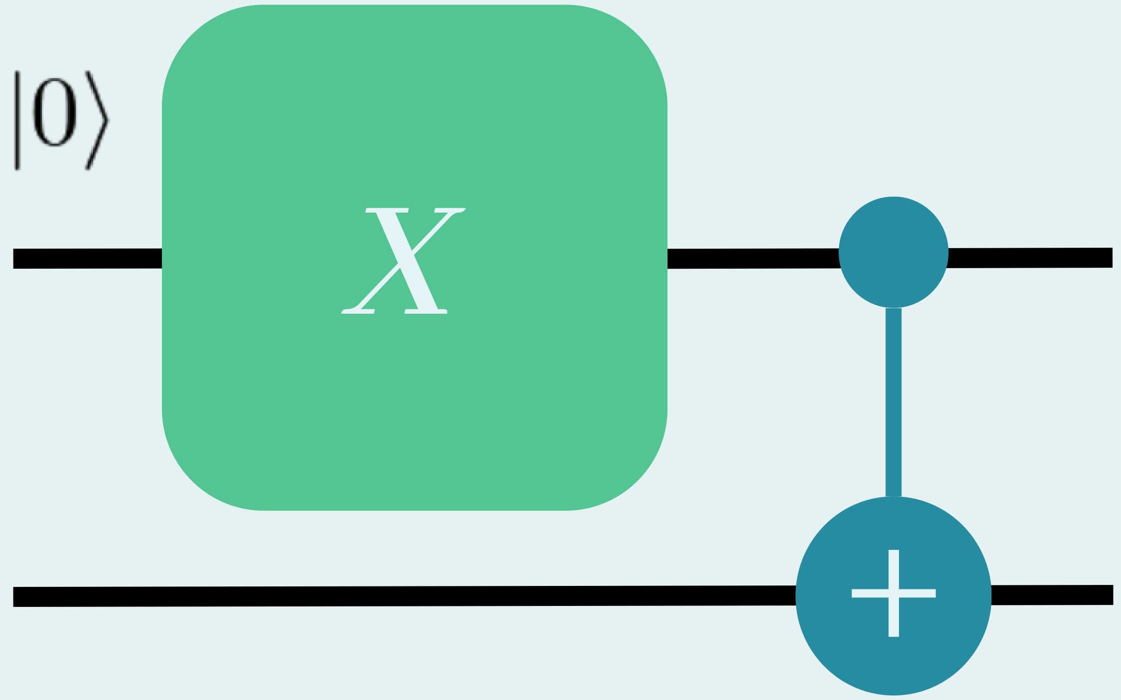


Qsphere

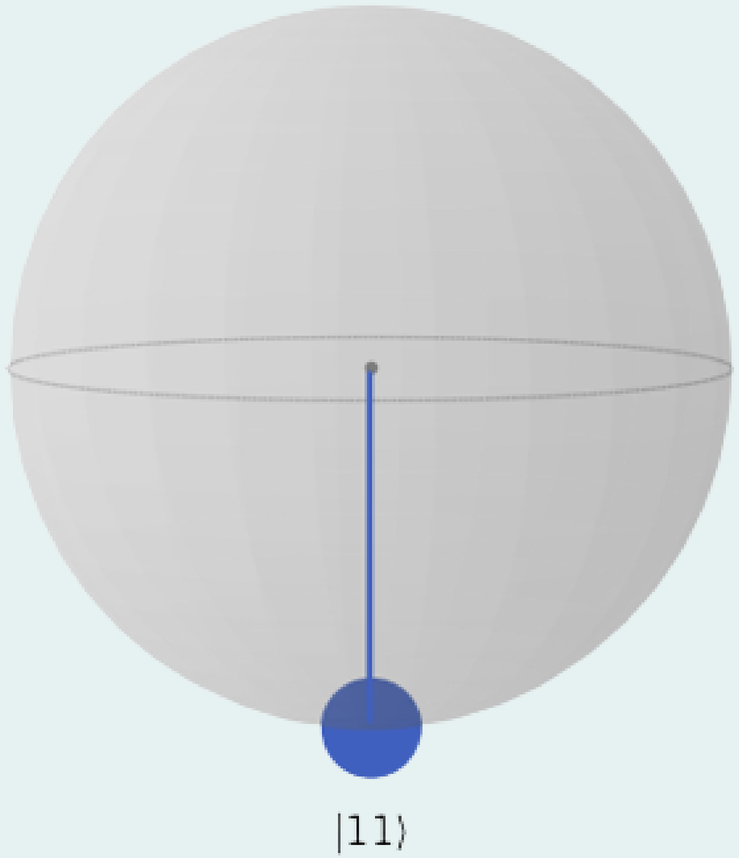


Porta CNOT

A porta CNOT, assim como a NOT, faz um bit-flip com o qubit alvo. No entanto, essa inversão de estado só ocorre caso o bit de controle esteja em $|1\rangle$.

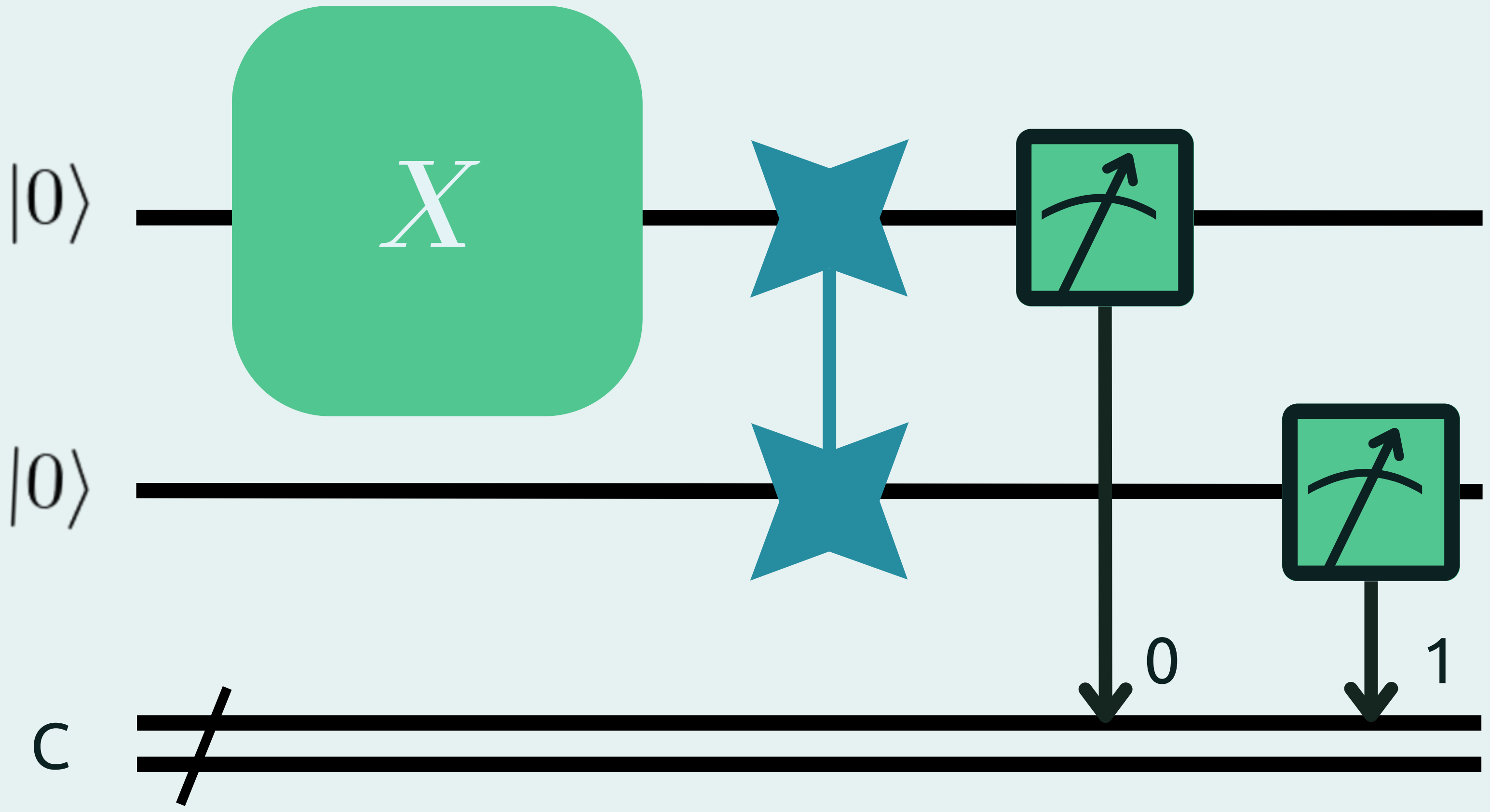


Qsphere



Porta SWAP

A porta SWAP troca entre si o estado de dois qubits selecionados.



Obrigado!