

## Exercício 2:

**Objetivos:** Ao completar esta sequência de tarefas, o estudante será capaz de:

- Compreender a representação de 1 q-bit na esfera de Bloch
- Entender a representação das portas unitárias de 1 q-bit como rotações na esfera de Bloch
- Visualizar dos resultados e implementar estes conceitos com a biblioteca qiskit

### Avaliação

Tão importante quanto escrever um código que funcione corretamente é escrever um código legível, que seja fácil de entender e possa ser facilmente reutilizado por outros ou por você mesmo. Por isso a avaliação é separada da seguinte forma:

- 60% conteúdo, se os resultados estão corretos.
- 40% apresentação, código bem comentado, cédulas texto bem escritas.

### Referências:

1. <https://learn.qiskit.org/course/ch-states/representing-qubit-states>
2. <https://learn.qiskit.org/course/ch-states/single-qubit-gates>
3. <https://qiskit.org/documentation/apidoc/visualization.html>
4. <https://qiskit.org/documentation/stubs/qiskit.circuit.library.RXGate.html#qiskit.circuit.library.RXGate>
5. <https://qiskit.org/documentation/stubs/qiskit.circuit.library.RYGate.html#qiskit.circuit.library.RYGate>
6. <https://qiskit.org/documentation/stubs/qiskit.circuit.library.RYGate.html#qiskit.circuit.library.RZGate>

## Tarefa 0:

Importe as bibliotecas necessárias.

```
In [ ]: #Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)
```

## Parte 1: Representação na esfera de Bloch

### Tarefa 1:

Considere um estado quântico  $|\psi\rangle$  de um q-bit dado por:

$$|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle,$$

onde  $c_0$  e  $c_1$  são coeficientes complexos. Mostre que este estado pode ser escrito em termos de dois ângulos na forma:

$$|\psi\rangle = \cos \frac{\theta}{2} |0\rangle + e^{i\varphi} \sin \frac{\theta}{2} |1\rangle.$$

Sua resposta aqui

### Tarefa 2

Escreva um código que sorteia um estado aleatório de um q-bit, imprima o estado, seu vetor de Bloch e a representação na esfera de Bloch deste estado.

In [ ]: `#Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)`

## Parte 2: Rotações na esfera de Bloch

### Tarefa 3:

Mostre que o operador unitário  $R_z(\alpha) = \exp^{-i\frac{\alpha}{2}Z}$ , quando aplicado a um estado qualquer de 1 q-bit, faz o estado girar de um ângulo  $\alpha$  na esfera de Bloch ao redor do eixo  $\hat{z}$ . O que você pode dizer sobre uma rotação ao redor de uma direção qualquer?

### Tarefa 4:

1. Sorteie um estado de 1 um q-bit,
2. Construa um circuito quântico com 6 q-bits e inicialize todos os q-bits com o estado sorteado.
3. Aplique um rotação em torno do eixo  $z$  de  $n\frac{\pi}{6}$  ao  $n$ -ésimo q-bit.
4. Imprima a representação na esfera de Bloch do estado de cada um dos q-bits

In [ ]: `#Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)`

## Tarefa 5

Um estado qualquer de 1 q-bit, pode ser inicializado a partir do estado  $|0\rangle$  com uma rotação em torno de eixo  $\hat{x}$  ou  $\hat{y}$ , seguida de uma rotação no eixo  $\hat{z}$ . Sorteie um estado aleatoriamente e use este método para produzi-lo com um circuito quântico a partir do estado padrão de inicialização do circuito  $|0\rangle$ .

In [ ]: `#Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)`

## Tarefa 6:

Considere um estado arbitrário dado por

$$|\psi\rangle = \cos \frac{\theta}{2}(|0\rangle + e^{i\varphi} \sin \frac{\theta}{2}|1\rangle).$$

Mostre que as componentes  $x$ ,  $y$  e  $z$  do vetor que representa  $|\psi\rangle$  na esfera de Bloch correspondem as valores médios de spin nas direções  $x$ ,  $y$  e  $z$ , respectivamente.

Sua resposta aqui

## Tarefa 7:

- Sorteie um estado aleatoriamente e calcule seu vetor de Bloch.
- use o método da tarefa 4 para produzi-lo em um circuito quântico.
- save o estado produzido e para poder certificar-se que ele correto mais tarde.
- complemente o circuito de maneira a realizar a medida dos valores médios de spin nas  $x$ ,  $y$  e  $z$  (são três circuitos).
- Verifique se os resultados medidos coincidem com o calculado no item a)

In [ ]: `#Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)`