Introdução à Computação Quântica

Glauco Reis

gsreis@br.ibm.com

glauco@portalbpm.com.br

- IBM Quantum Ambassador
- IBM Certified Associate Developer - Quantum Computation using Qiskit v0.2X
- IBM Certified Associate Developer – Quantum Computation using Qiskit v2.0X
- Badge IBM Quantum Conversations
- LFQ101 – Fundamentals of Quantum Computing – The Linux Foundation
- Badge IBM Quantum Safe Conversations

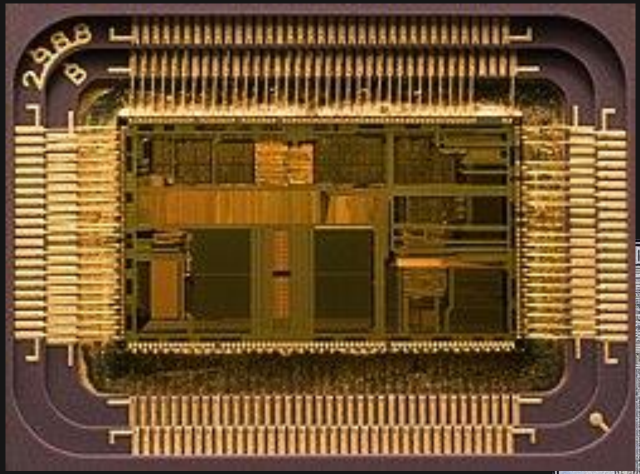
QUEM SOU EU ?

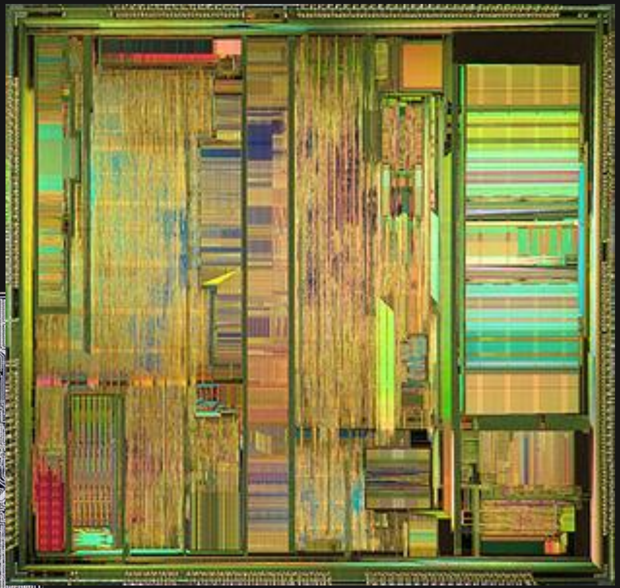
Tenho um mestrado em Engenharia Elétrica, com área de concentração em Inteligência Artificial e Teoria dos Fractais, Bacharel em Matemática e Cientista da Computação, trabalho com TI desde 1987, passando por segmentos como desenvolvimento de Hardware, Firmware e Assembler, C, C++, Pascal e Java.
Atuei por mais de 20 anos com desenvolvimento em linguagens orientadas para Objetos. Atualmente AI Engineer at IBM.
Tenho o tema inteligência artificial como um prazer pessoal

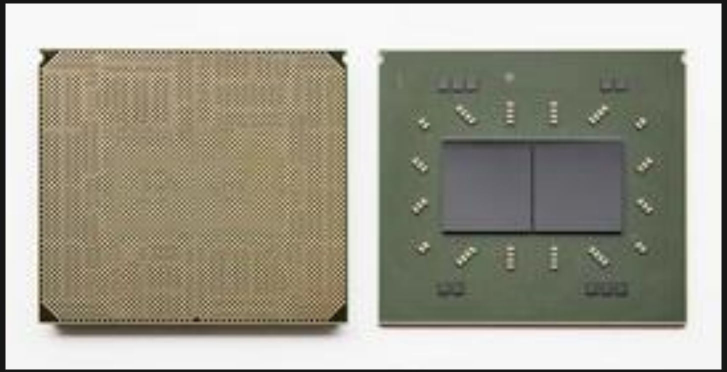
Atuei durante 10 anos com treinamentos, com mais de 4000 horas de treinamentos ministrados de OOP, Java, Modelagem UML, JEE, Websphere
Publiquei um livro sobre notação BPMN
Também fui editor chefe da revista PortalBPM, uma revista de BPM e Modelagem de processos, Fui colunista das revistas MundoJava, JavaMagazine e Developers Magazine, por mais 4 anos em cada uma destas revistas, tendo publicado mais de 100 artigos neste período
Publiquei alguns artigos no site Transformação digital da IBM.
Sou escritor muito ativo no Linkedin, com mais de 250 artigos publicados

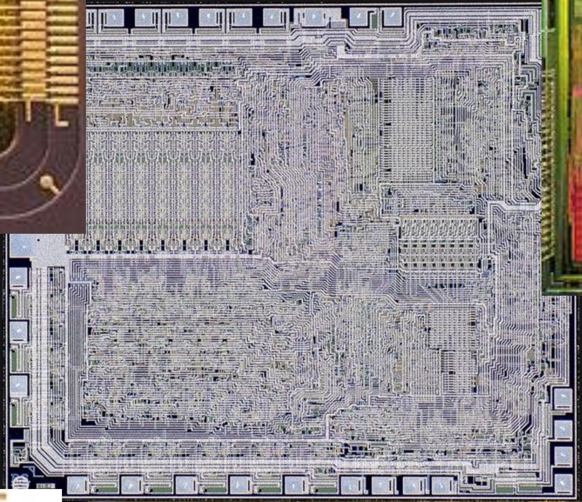
E TAMBÉM COLECIONO COMPUTADORES DA DÉCADA DE 70 E 80

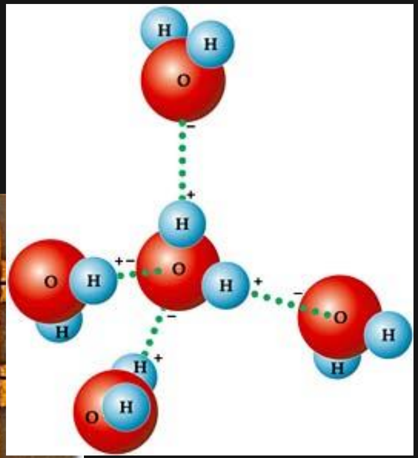
Porque Quantum agora?

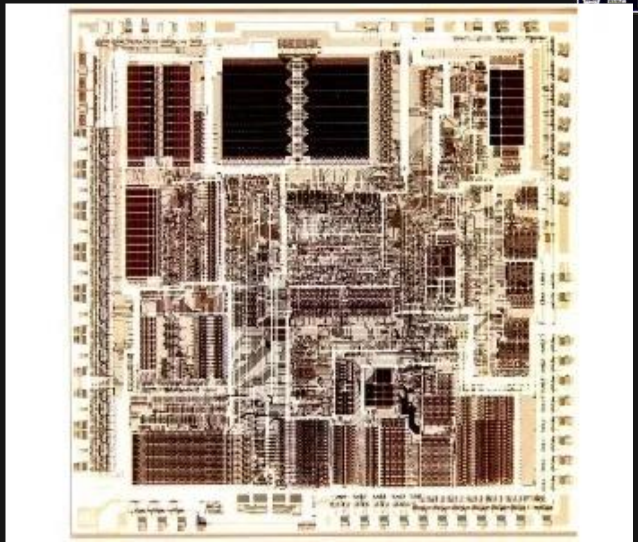


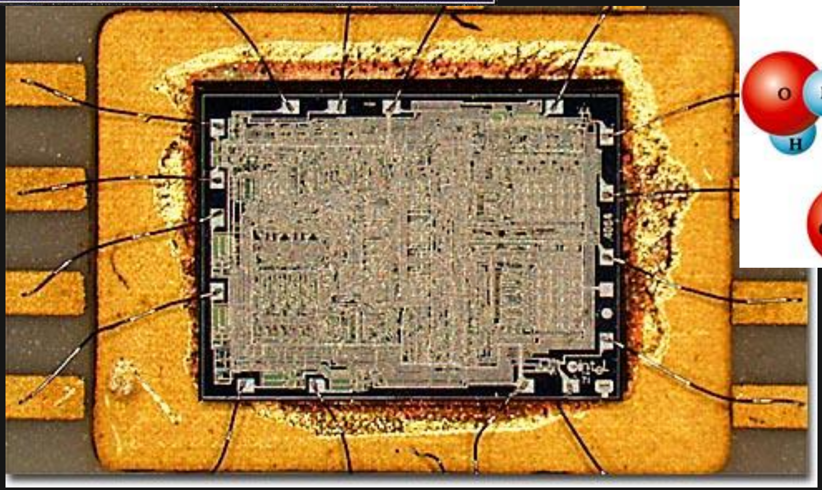












4004 10Micro

8080 6 Micro

80286 1.5 Micro

80486 600 nano

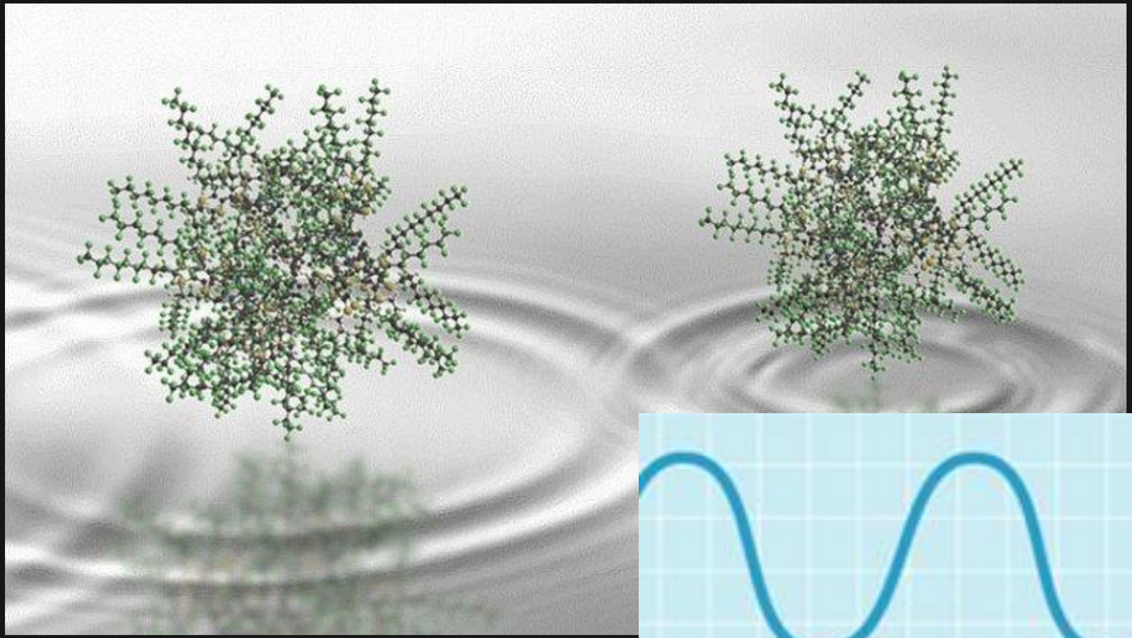
80686 400 nano

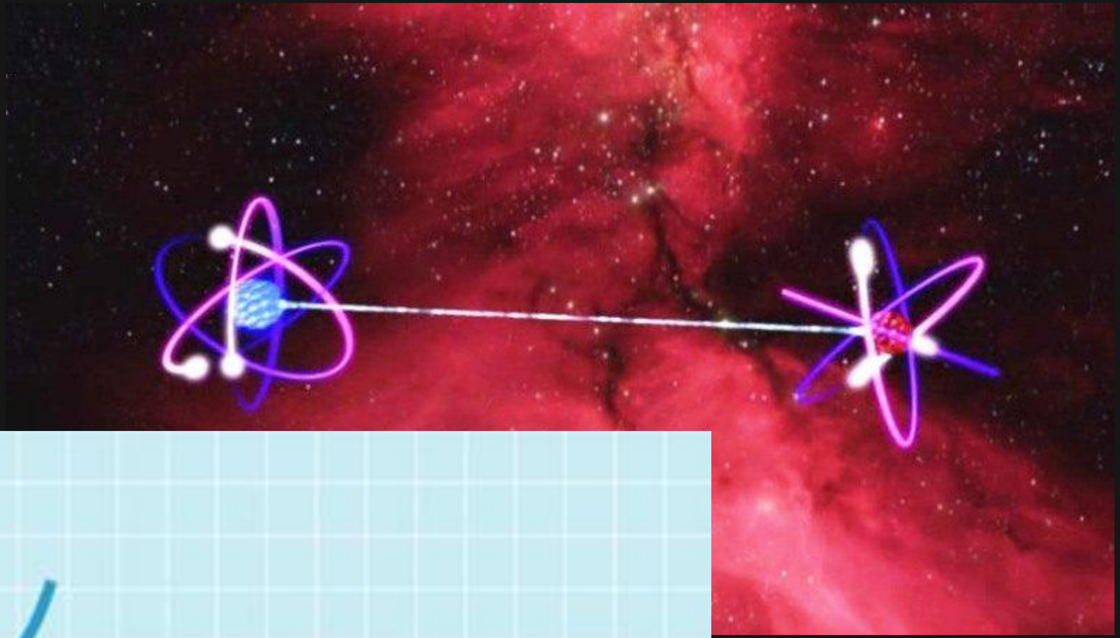
⋮

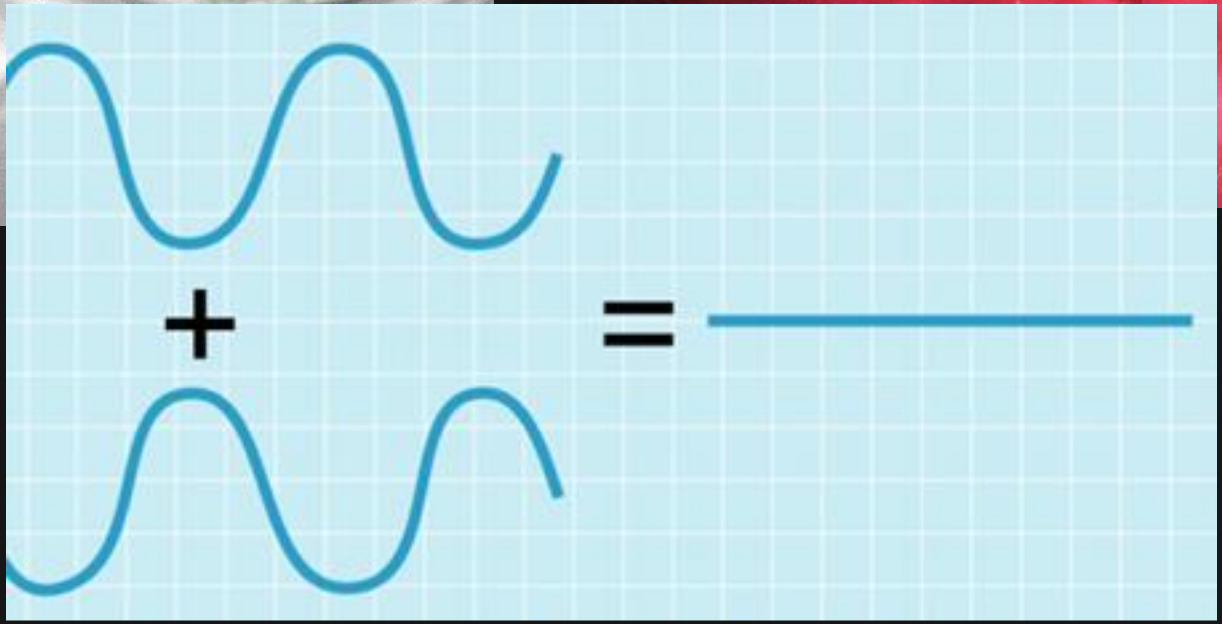
Telum 7 nano

Partícula água 0,3nm – 1 micro

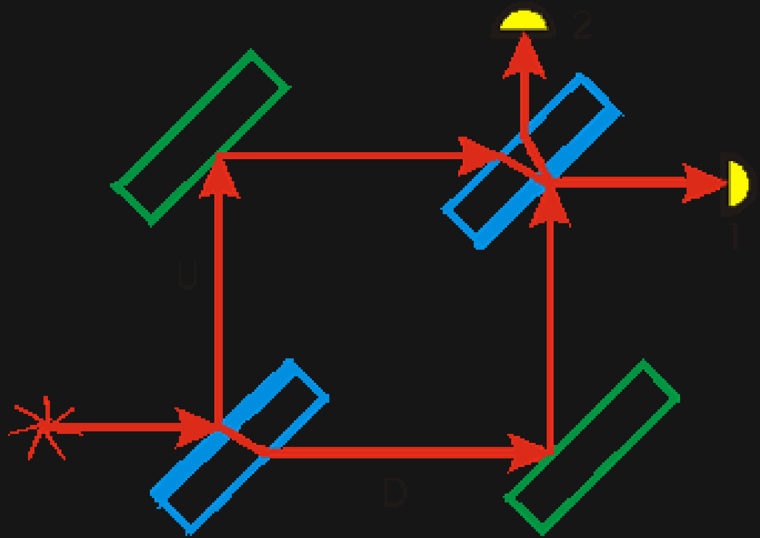
Superposição e entrelaçamento e interferência



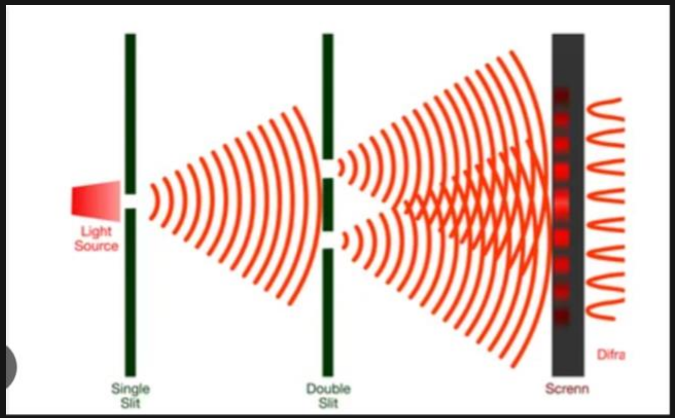


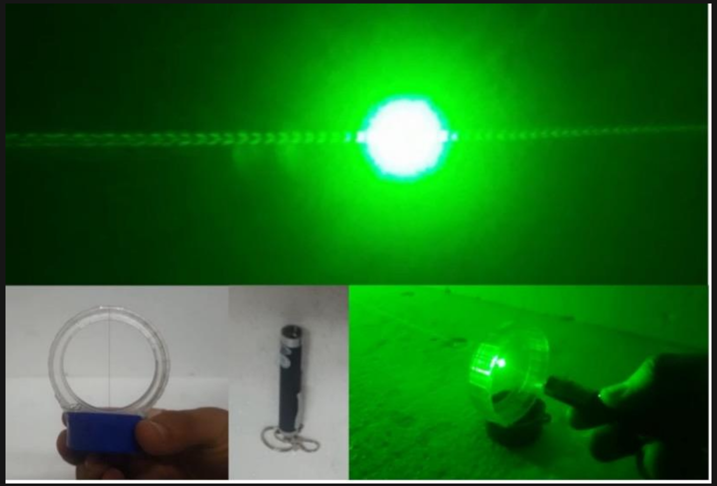


Coisas estranhas da mecânica quântica

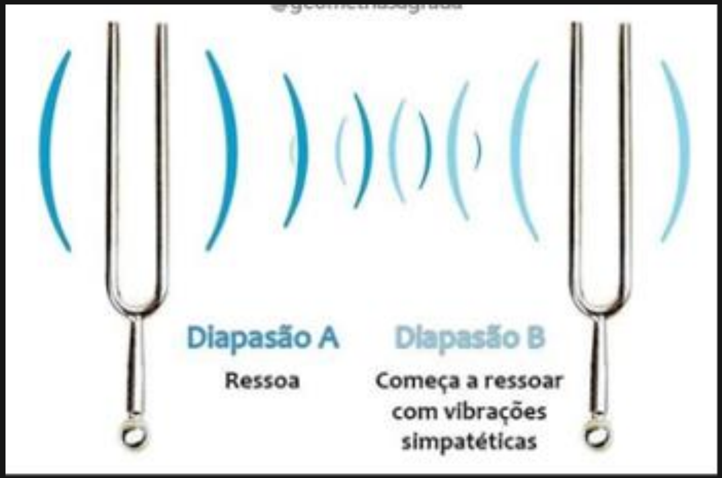


Vernstain Verlag

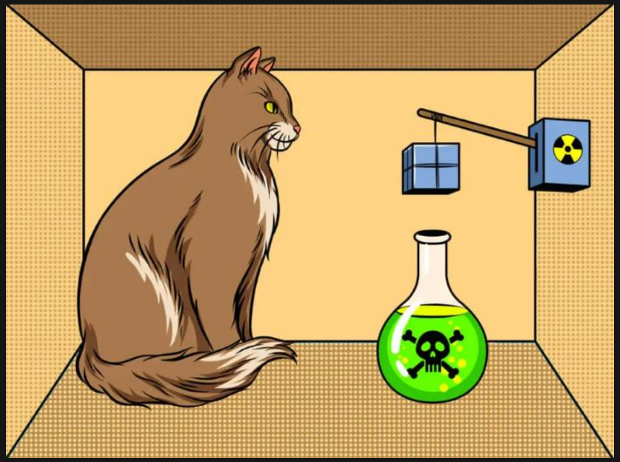


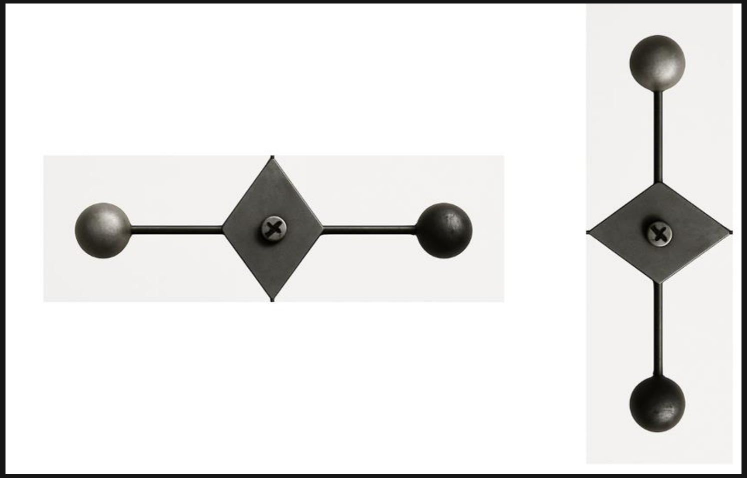


Double Slit



Interferência



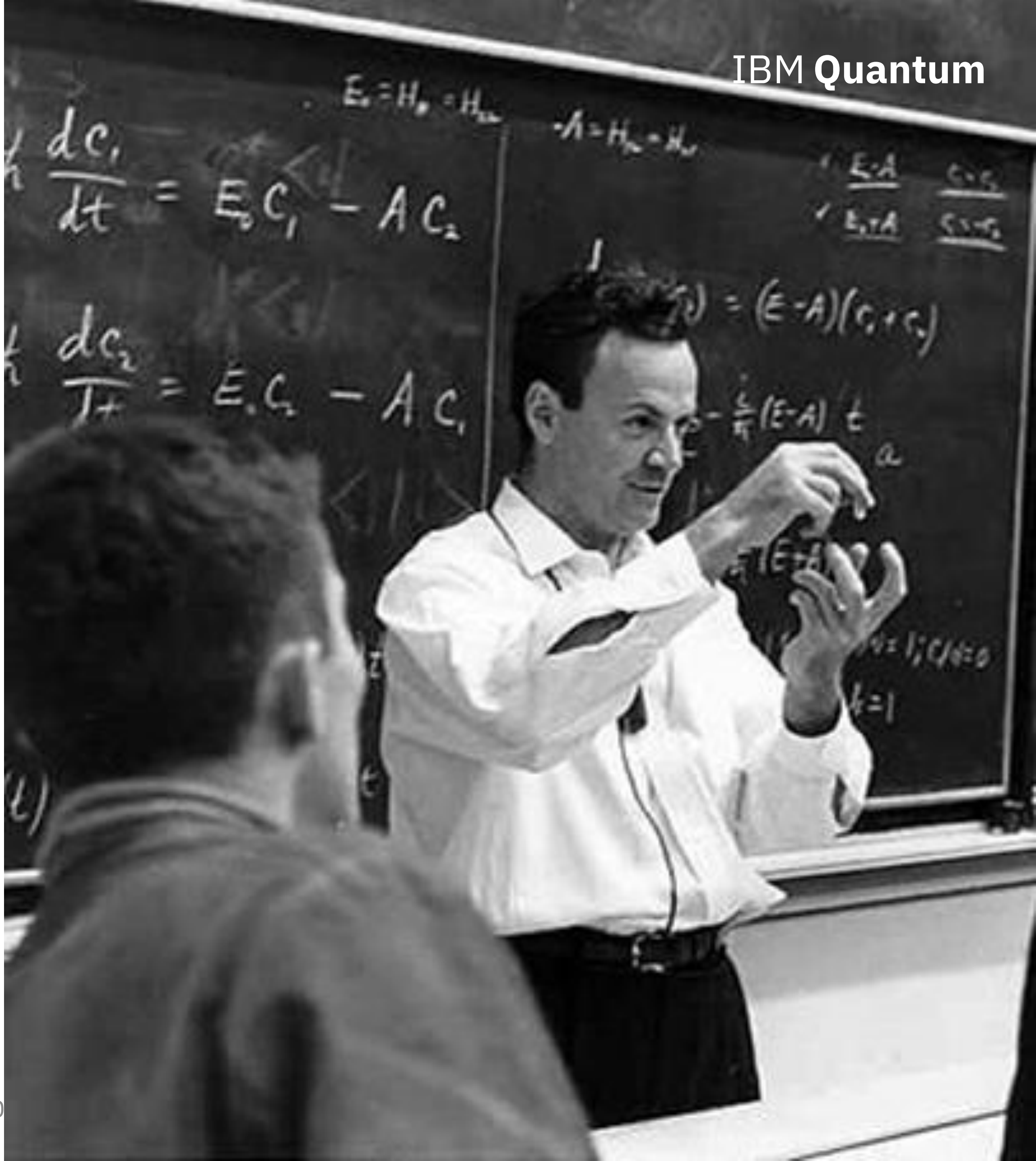


Shrodinger

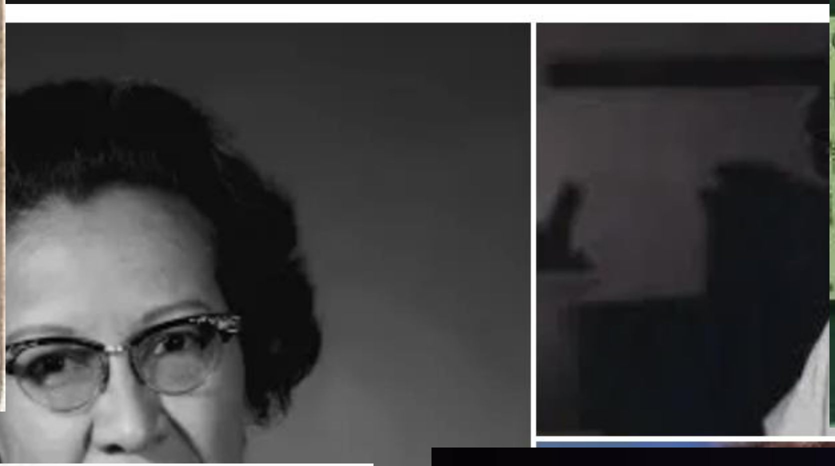
- "Não estou feliz com todas as análises que acompanham apenas a teoria clássica, porque a natureza não é clássica, caramba, e se você quiser fazer uma simulação da natureza, é melhor torná-la mecânica quântica ..."

  Richard P. Feynman
  Department of Physics,
  California Institute of Technology

  International Journal of Theoretical Physics,
  Vol 21, Nos. 6/7, 1982



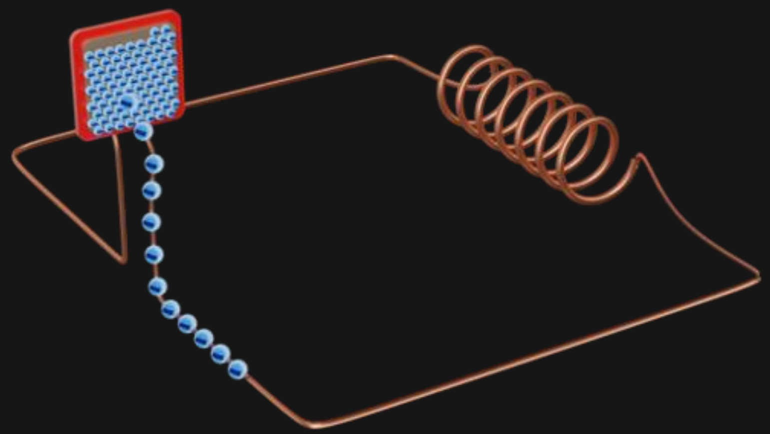
O que é um computador?



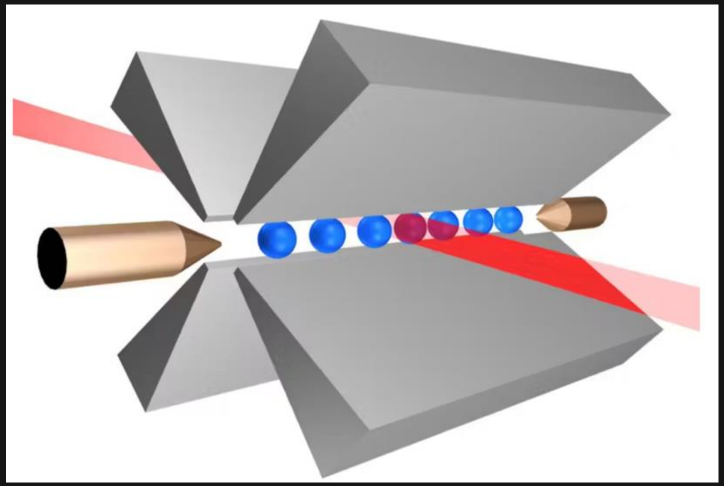
estados

operações

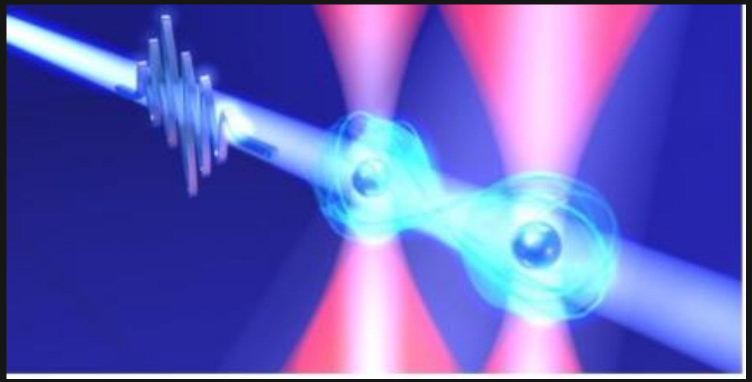
Computador quântico



supercondução



Armadilha de ions



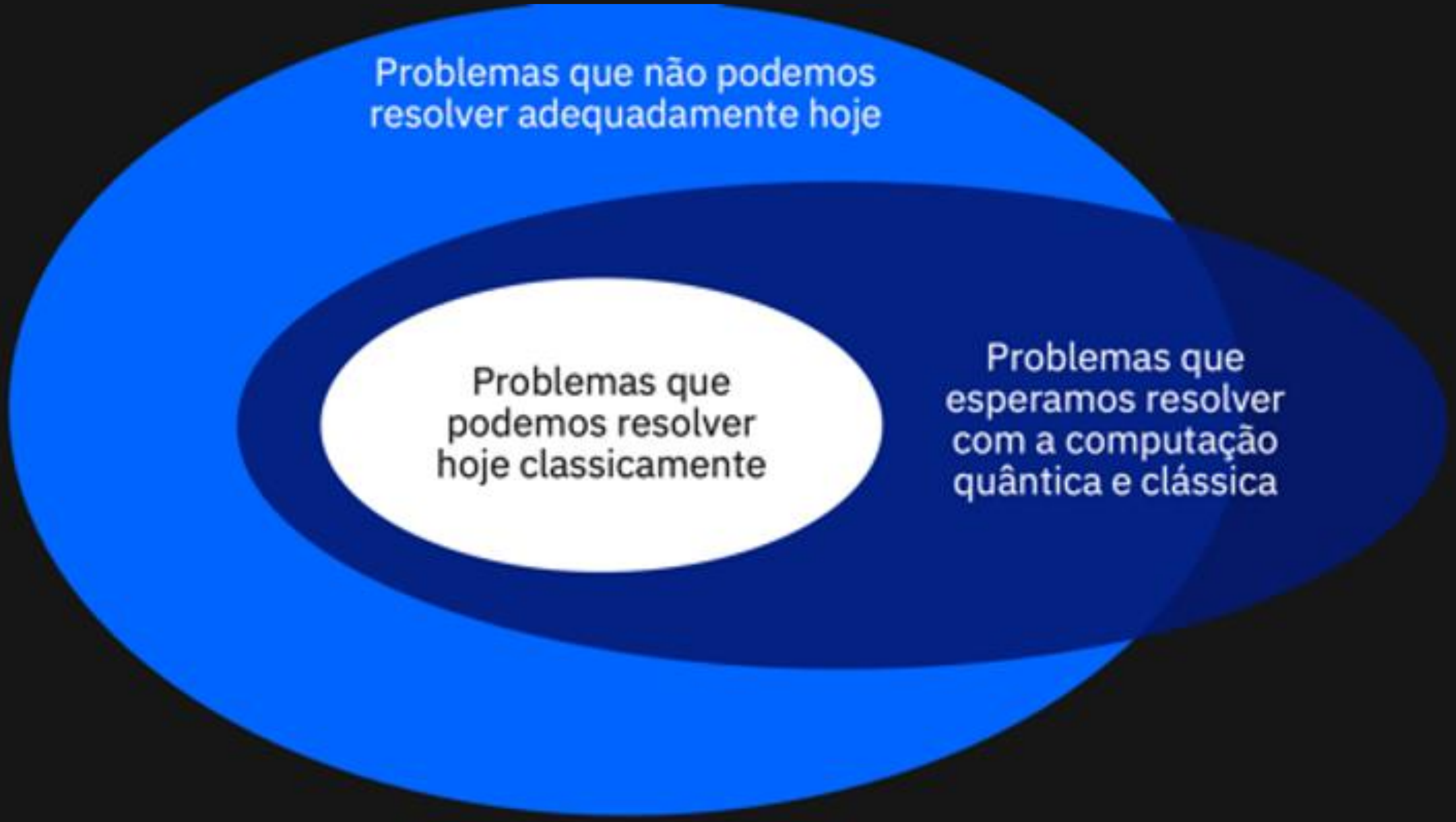
Fotons

Muitas outras tecnologias estudadas

Majorana

Germânio

Problemas computacionais



Um dos supercomputadores mais poderosos do mundo

Oak Ridge National Laboratory
US Department of Energy

Summit supercomputer specs

200 quadrillion calculations per second

9216 IBM Power 9 processors

27,648 NVIDIA GPUs

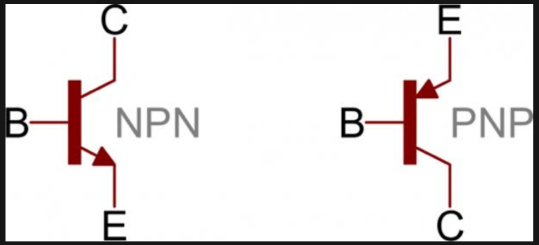
250 PB File System

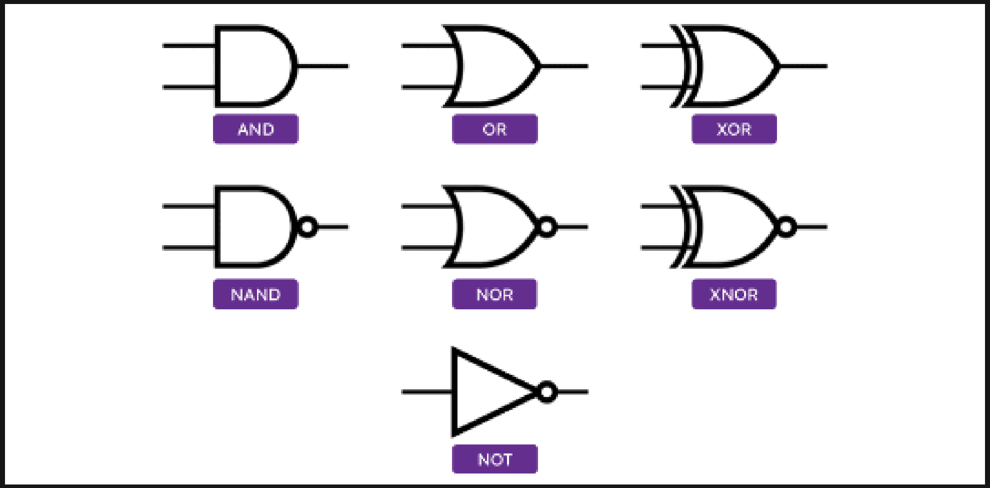
IBM Red Hat Enterprise Linux (RHEL) v 7.4 Operating System

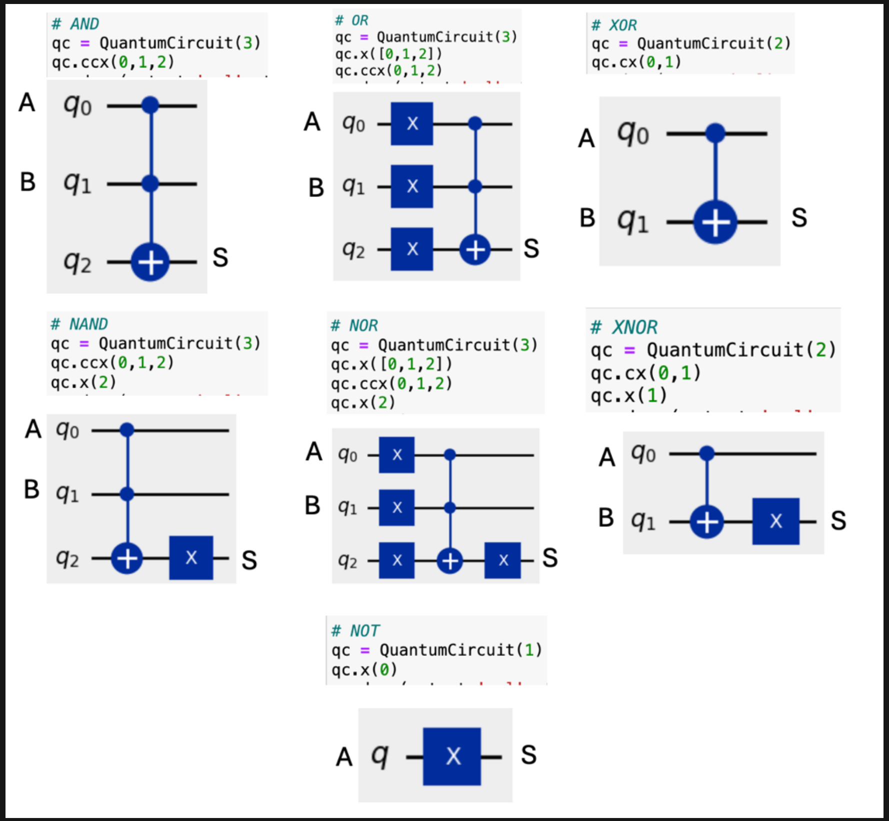
https://www.ibm.com/thought-leadership/summit-supercomputer/

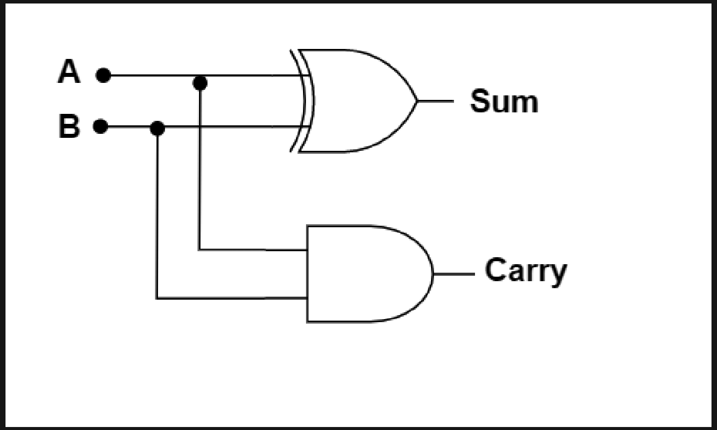
O que é um computador tradicional e Quântico?

“Um computador baseado em lógica booleana, como os que existem hoje em dia, não conseguem fazer operações aritméticas”

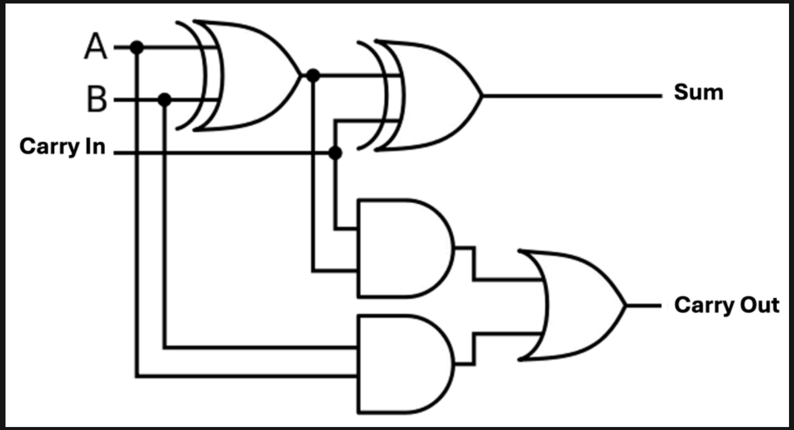






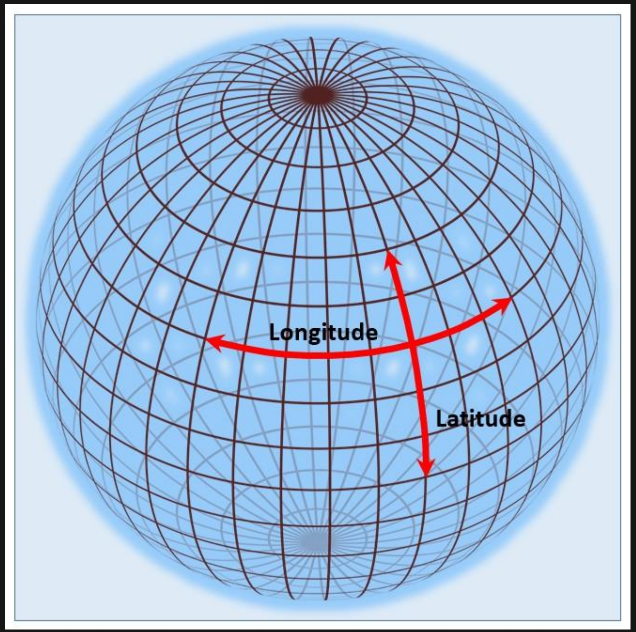


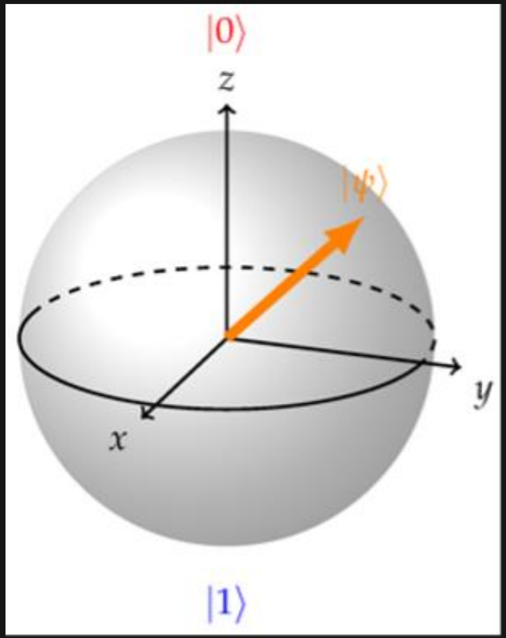
Meio somador

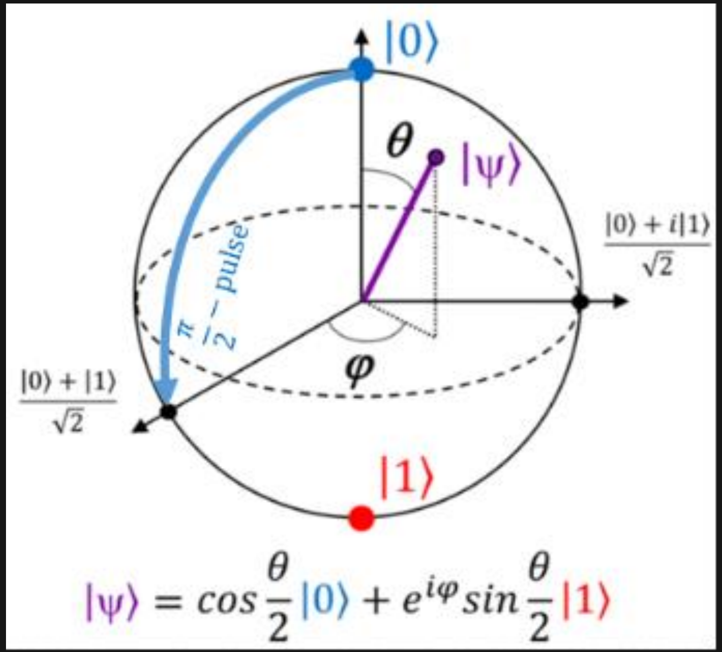


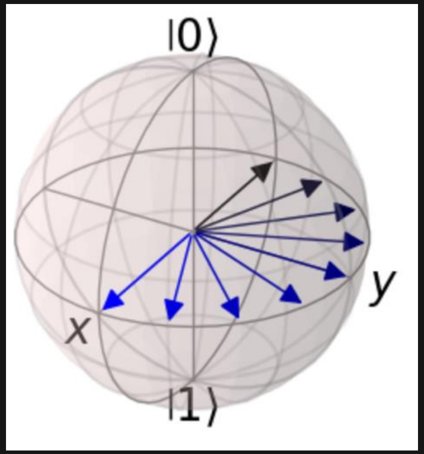
Somador completo

O que é um QUBIT ?

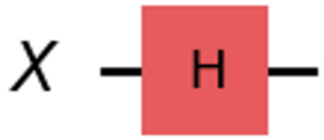




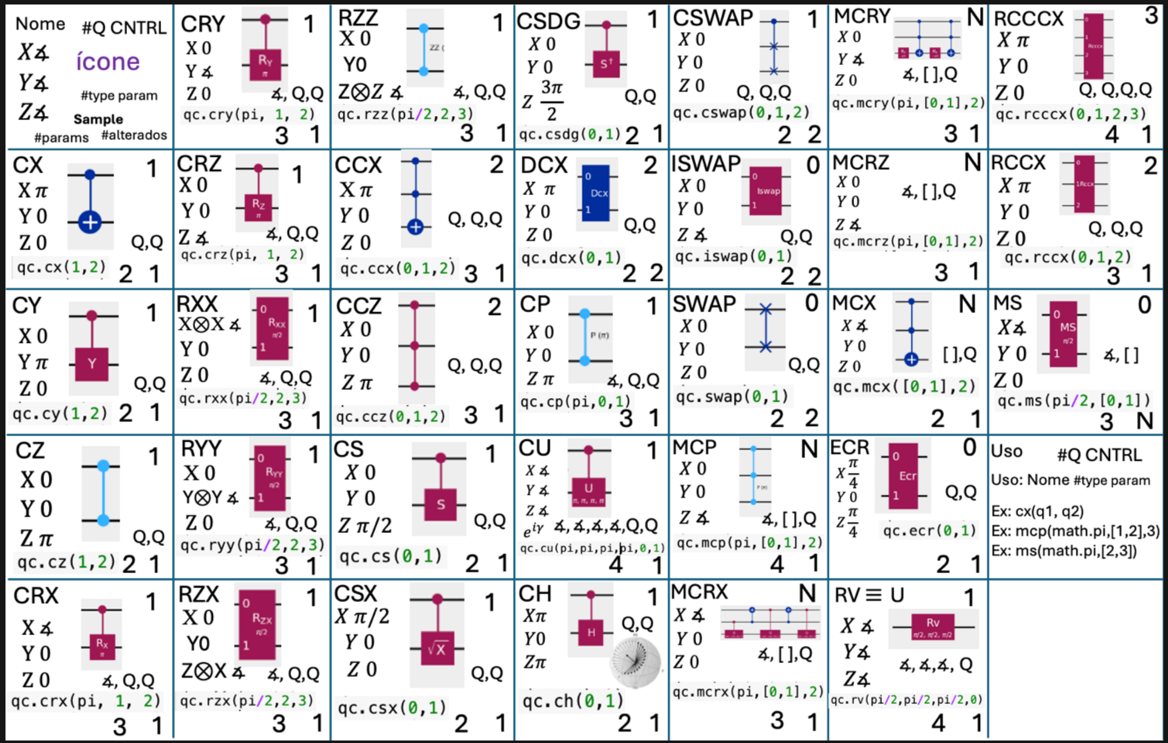


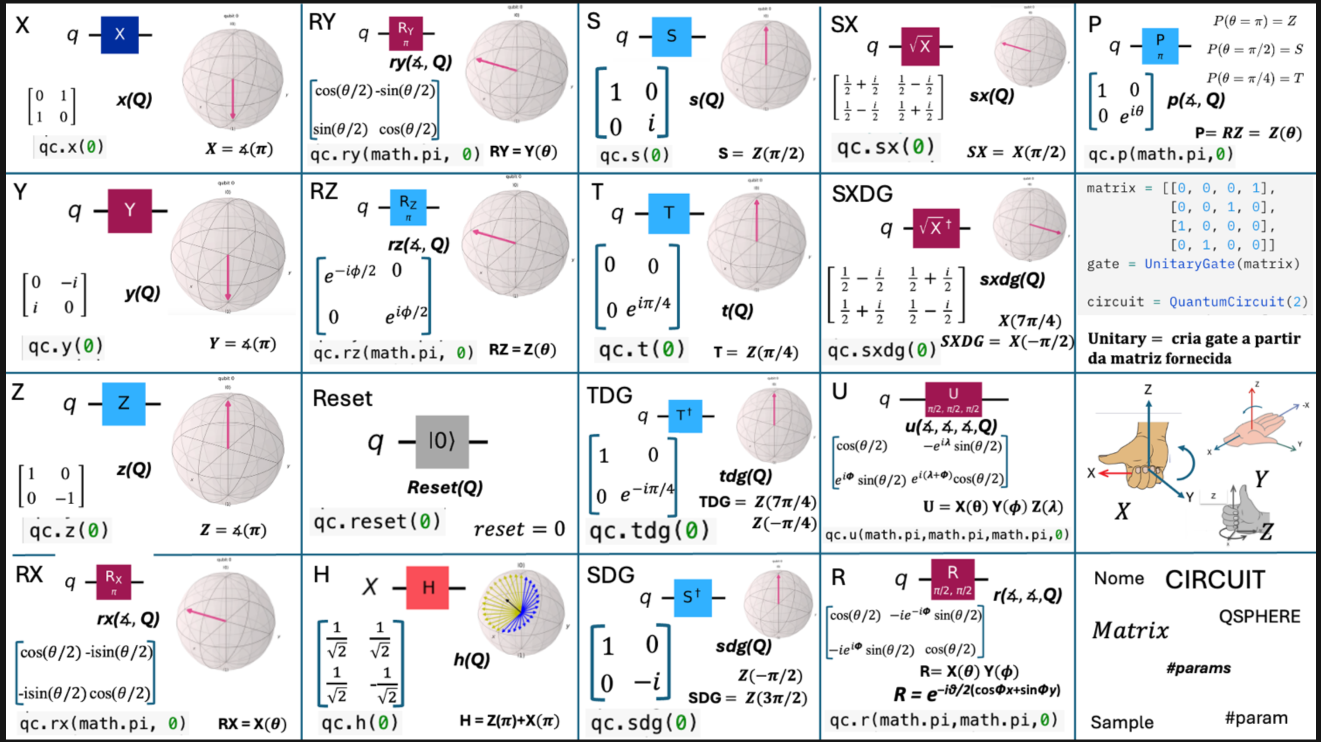


$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

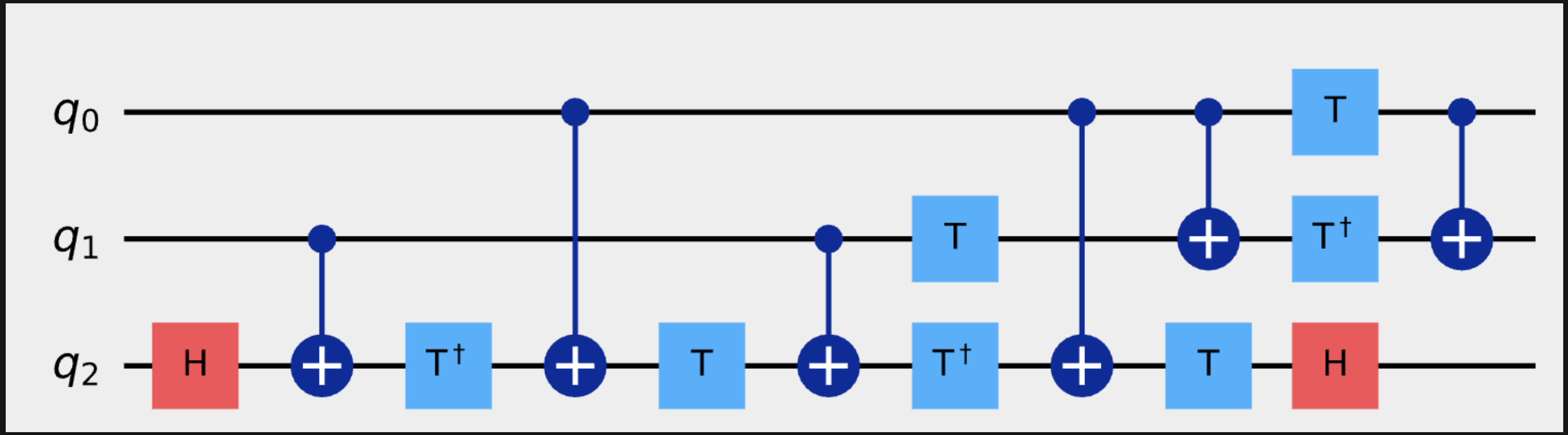


A tabela periódica de instruções dos computadores quânticos





Um circuito quântico

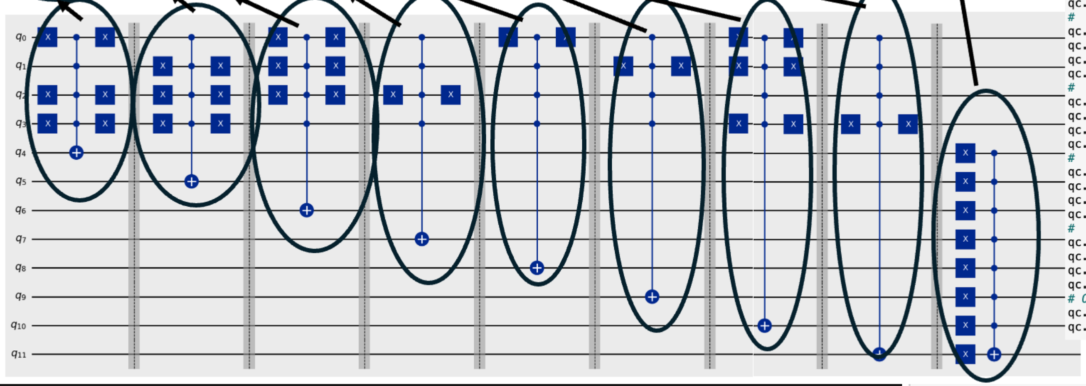


Porque é mais rápido?

AB\CD	"00"	"01"	"11"	"10"
"00"	0	1	0	1
"01"	1	0	1	0
"11"	0	1	0	1
"10"	1	0	1	0

$\bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + AB\bar{C}D + \bar{A}BCD + A\bar{B}CD + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + ABC\bar{D}$

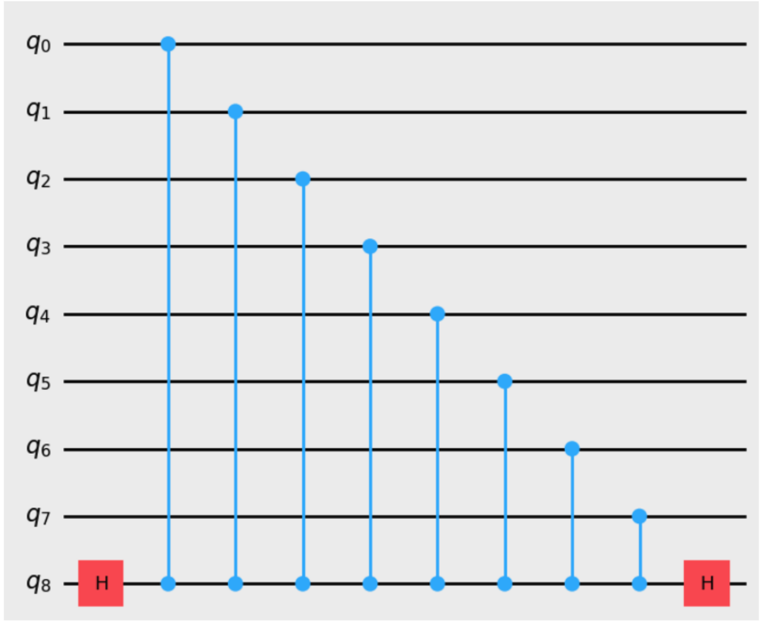
$\bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + AB\bar{C}D + \bar{A}BCD + A\bar{B}CD + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + ABC\bar{D}$



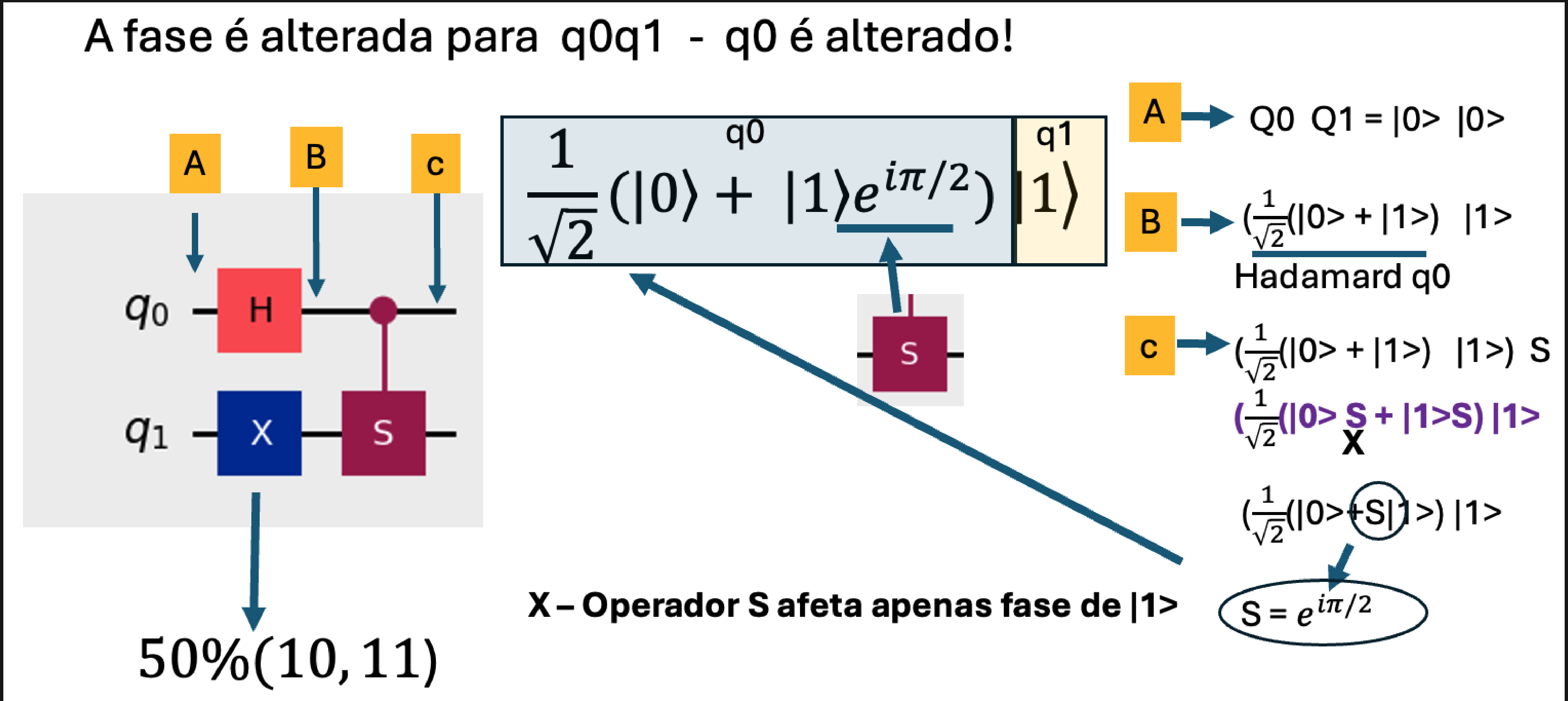
```
# paridade
qc = QuantumCircuit(12)
#NOT A * B * NOT C * NOT D
qc.x([0,2,3])
qc.mcx([0,1,2,3],4)
qc.x([0,2,3])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
# A * NOT B * NOT C *  D
qc.x([1,2,3])
qc.mcx([0,1,2,3],5)
qc.x([1,2,3])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
# NOT A * NOT B * NOT C * NOT D
qc.x([0,1,2])
qc.mcx([0,1,2,3],6)
qc.x([0,1,2])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
#  A *  B * NOT C *  D
qc.x([2])
qc.mcx([0,1,2,3],7)
qc.x([2])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
#  NOT A *  B *  C *  D
qc.x([0])
qc.mcx([0,1,2,3],8)
qc.x([0])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
#   A *  NOT B *  C *  D
qc.x([1])
qc.mcx([0,1,2,3],9)
qc.x([1])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
#   NOT A *  NOT B *  C *  NOT D
qc.x([0,1,3])
qc.mcx([0,1,2,3],10)
qc.x([0,1,3])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
#   NOT A *  NOT B *  C *  NOT D
qc.x([3])
qc.mcx([0,1,2,3],11)
qc.x([3])
qc.barrier(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)
# OR all ancillas
qc.x([4,5,6,7,8,9,10,11])
qc.mcx([4,5,6,7,8,9,10],11)
```

```
y = x^(x>>1)
y = y^(y>>2)
y = y^(y>>4)
y = y^(y>>8)
y = y^(y>>16)
y = y^(y>>32)
y = y^(y>>64)
y = y^(y>>128)
```

```
qc.h(8)     # baixar a vela do veleiro
qc.cz(0,8)  # enviar comandos para mdificar
qc.cz(1,8)  # o rumo do veleiro
qc.cz(2,8)
qc.cz(3,8)
qc.cz(4,8)
qc.cz(5,8)
qc.cz(6,8)
qc.cz(7,8)
qc.h(8)       # levantar a vela do veleiro
# e obter os resultados que desejamos
qc.draw(output='mpl',style={'backgroundcolor': '#EEEEEE'})
```

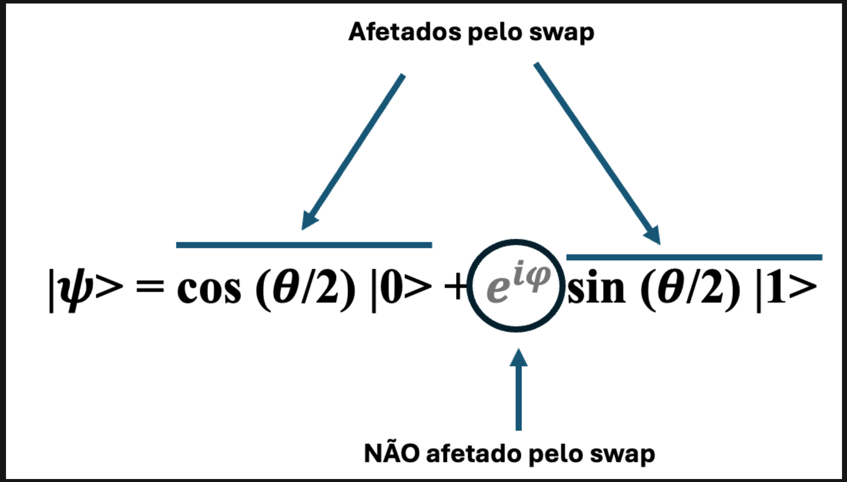


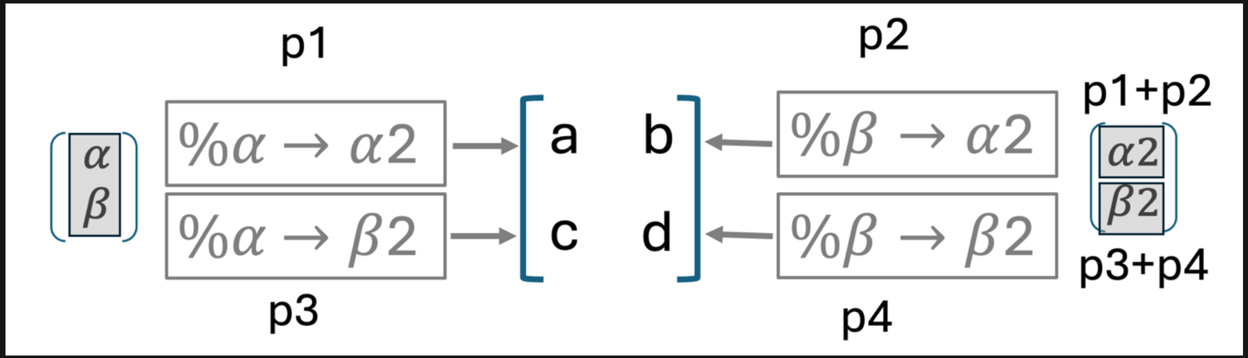
Outros fenômenos



O que é necessário para programar novos algoritmos?

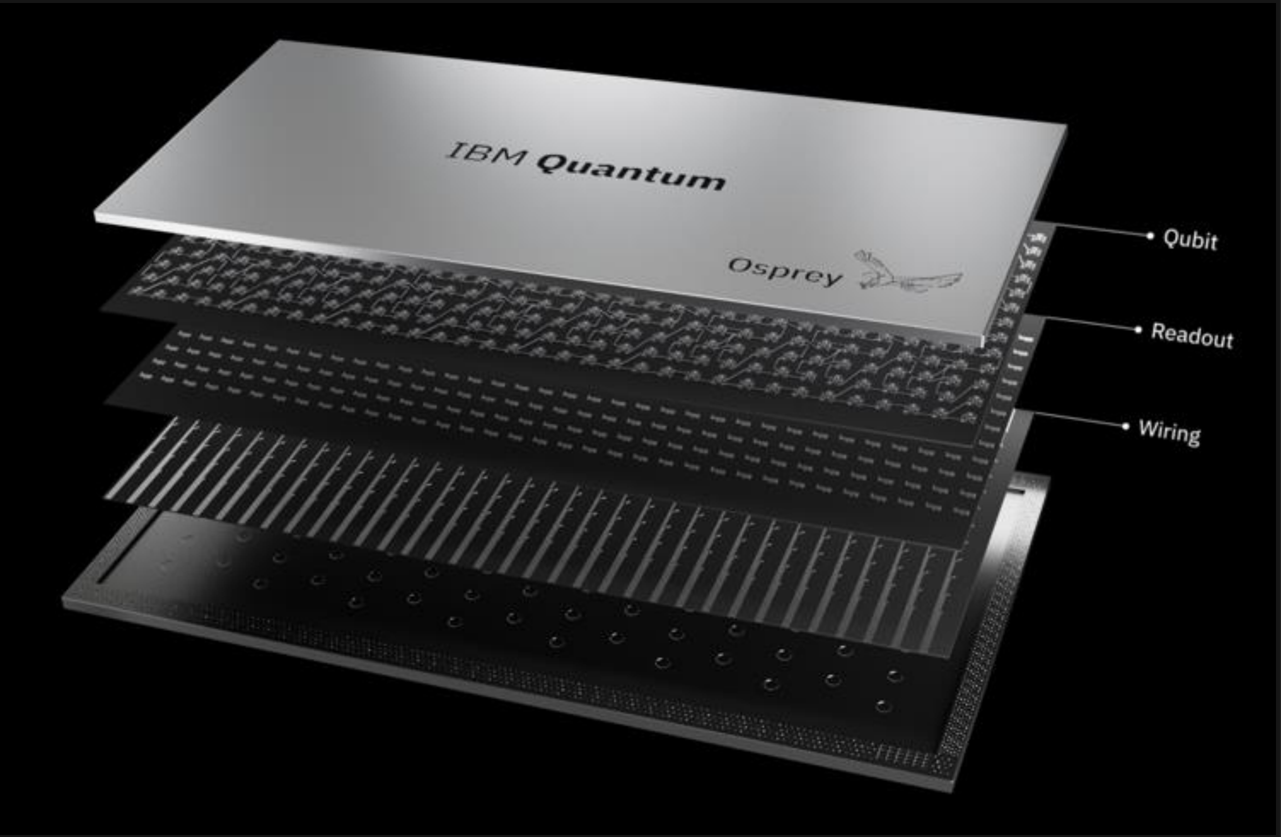
- Da computação clássica
  - Álgebra booleana
  - Algoritmos clássicos
- Da computação quântica
  - Álgebra linear
  - Trigonometria
  - Números complexos
  - Fourier (análise de sinais)

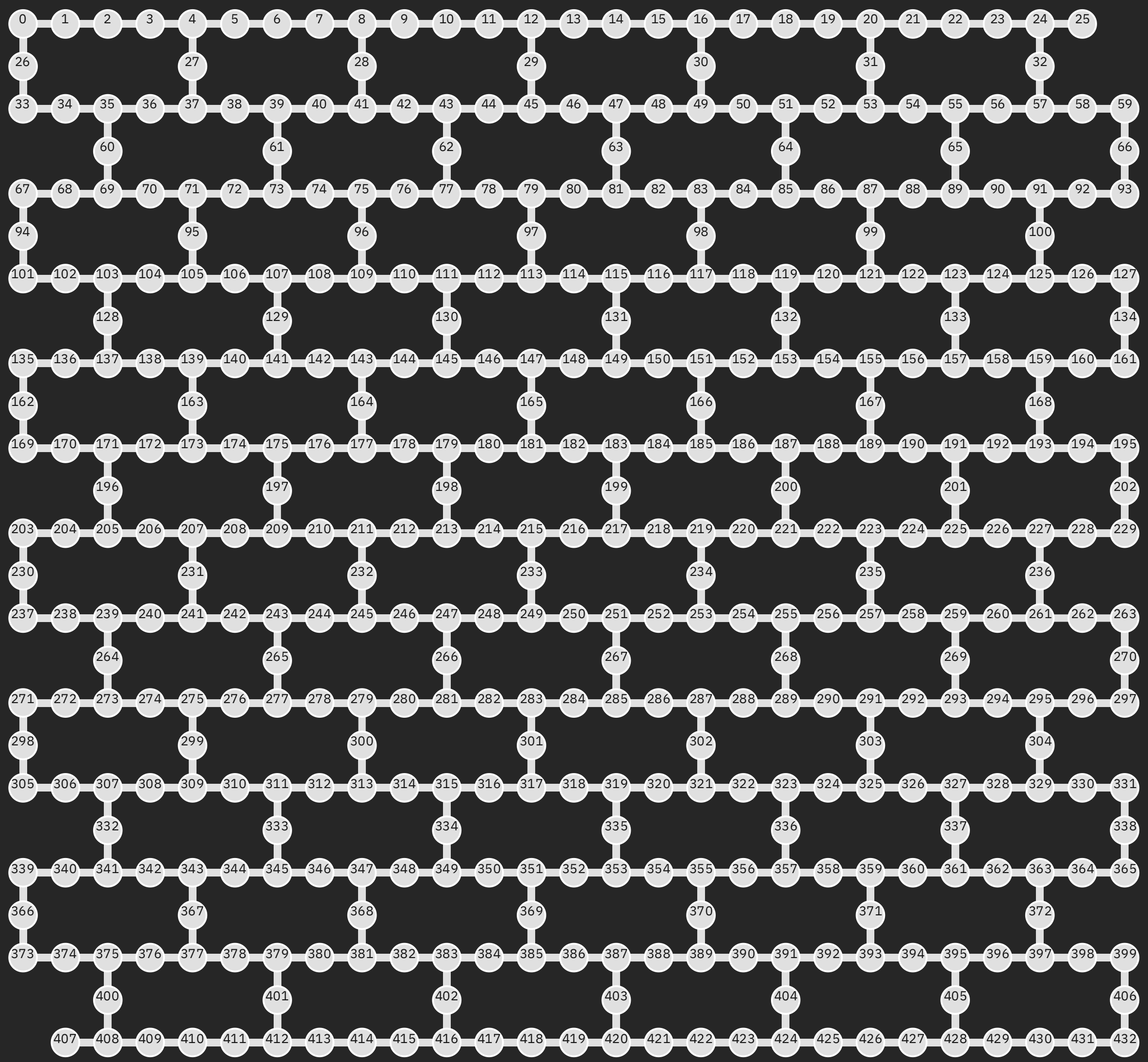




Intuição para juntar todos estes conhecimentos de forma inteligente

Osprey – 433 Qubits





Osprey connectivity map

IBM **Quantum**