Tópicos Especiais em Sistemas de Informação

Aula 05

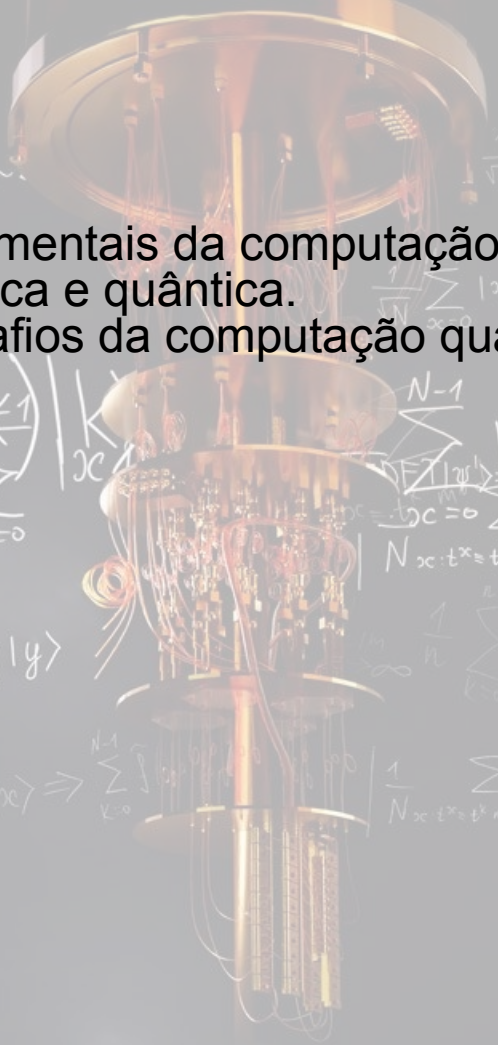
Introdução a Computação Quântica

Prof. Msc. Francisco de Assis de Souza Rodrigues

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Objetivo

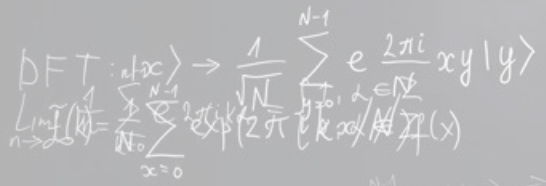
- Introduzir os conceitos fundamentais da computação quântica.
- Comparar computação clássica e quântica.
- Apresentar aplicações e desafios da computação quântica.

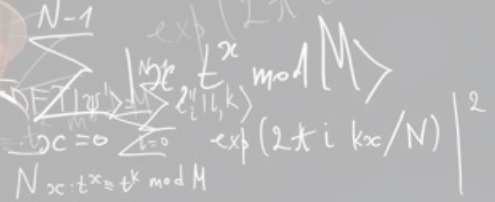


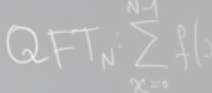
UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Introdução à Computação Quântica

A ideia desta introdução é contextualizar a **Computação Quântica**, explicando sua essência, como ela se diferencia da computação clássica e por que ela tem o potencial de transformar o futuro da tecnologia.









UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Introdução à Computação Quântica

O que é Computação Quântica?

A **Computação Quântica** é um modelo de computação que utiliza princípios da **mecânica quântica** para processar informações de maneira **radicalmente diferente** da computação tradicional. Enquanto os computadores clássicos operam com **bits** (que podem assumir valores **0 ou 1**), os computadores quânticos operam com **qubits**, que podem estar em uma superposição de estados (0 **e** 1 ao mesmo tempo).

Introdução à Computação Quântica

O que é Computação Quântica?

Exemplo intuitivo:

Imagine que você está procurando a saída de um labirinto.

- Um computador **clássico** testaria cada caminho, um por vez.
- Um computador **quântico**, graças à superposição, poderia testar **vários caminhos simultaneamente**, acelerando a busca.

🚀 **Conclusão:** A computação quântica **não substitui** a computação clássica, mas pode resolver problemas específicos de forma **muito mais eficiente**.

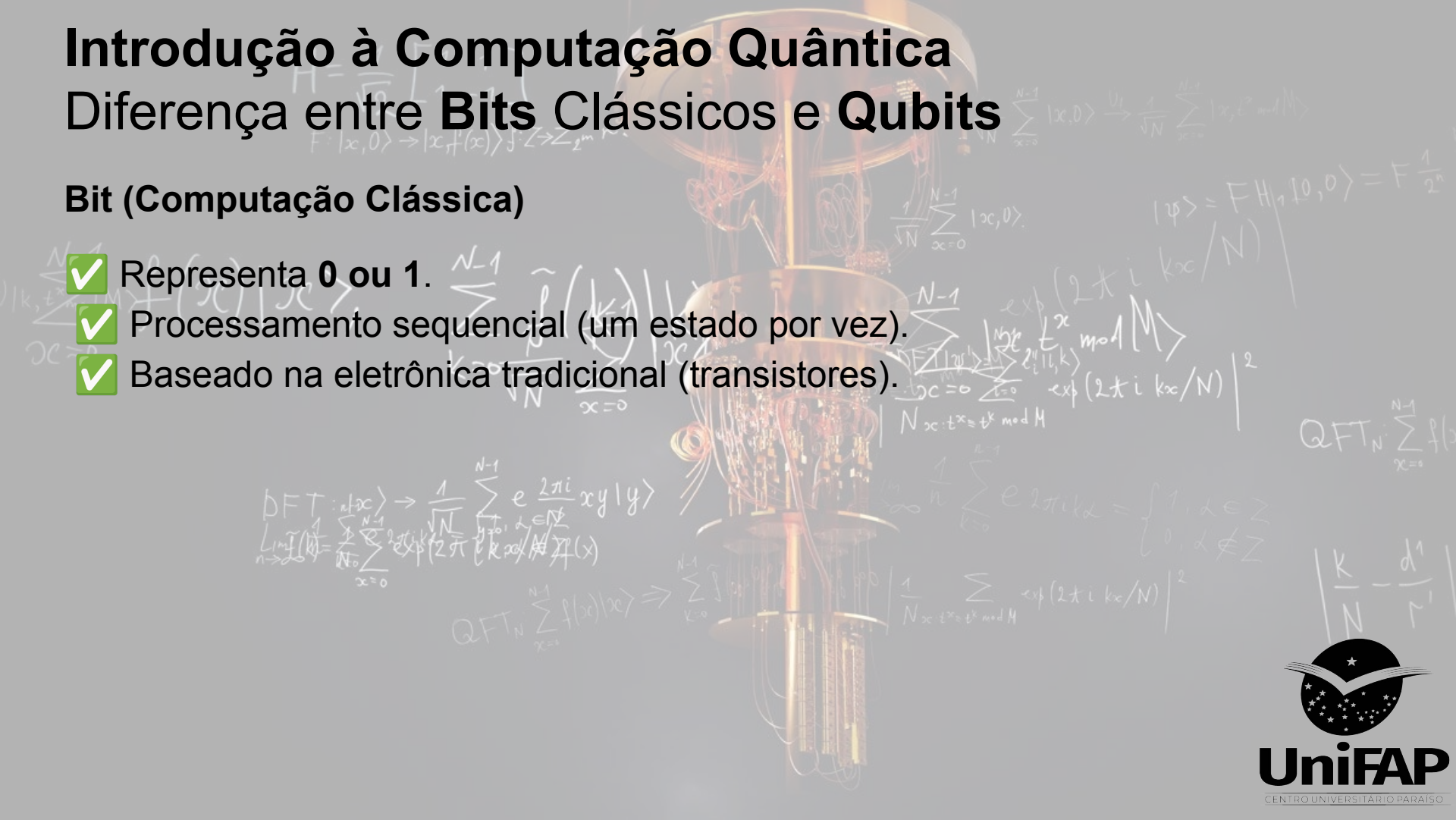
UniFAP

Introdução à Computação Quântica

Diferença entre **Bits** Clássicos e **Qubits**

Bit (Computação Clássica)

✅ Representa **0 ou 1**.
✅ Processamento sequencial (um estado por vez).
✅ Baseado na eletrônica tradicional (transistores).



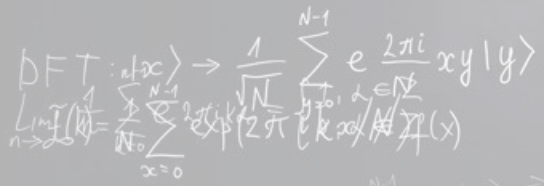
UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

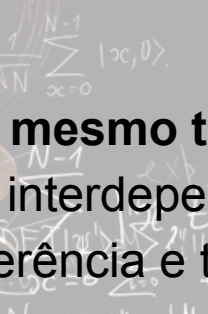
Introdução à Computação Quântica

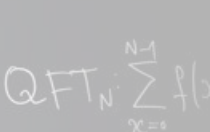
Diferença entre **Bits** Clássicos e **Qubits**

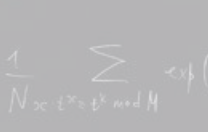
Qubit (Computação Quântica)

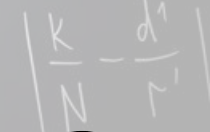
🚀 Pode estar em **superposição**, ou seja, **0 e 1 ao mesmo tempo**.
🚀 Pode ser **emaranhado** com outro qubit, criando interdependência entre eles.
🚀 Usa efeitos da **mecânica quântica**, como interferência e tunelamento.











UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Introdução à Computação Quântica

Diferença entre **Bits** Clássicos e **Qubits**

Exemplo prático

- Se tivermos **2 bits clássicos**, eles podem representar **apenas um dos quatro estados possíveis** (00, 01, 10 ou 11) por vez.
- Com **2 qubits**, podemos representar **todos os quatro estados ao mesmo tempo**! Isso cresce exponencialmente com o número de qubits.

🧠 **Pergunta para reflexão:** Como isso pode acelerar cálculos complexos?

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Introdução à Computação Quântica

Impacto da Computação Quântica no Futuro da Computação

A computação quântica pode revolucionar diversas áreas, pois permite resolver problemas que seriam **inviáveis** para computadores clássicos.

Áreas impactadas:

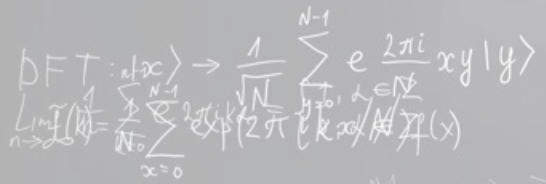
- **Criptografia:** Algoritmos quânticos podem quebrar sistemas de criptografia atuais (como RSA) e criar novas formas de segurança baseadas em mecânica quântica.
- **Inteligência Artificial e Machine Learning:** Algoritmos quânticos podem acelerar a análise de grandes volumes de dados.
- **Descoberta de Medicamentos:** Simulações quânticas podem modelar moléculas de forma muito mais eficiente do que supercomputadores atuais.
- **Otimização:** Soluções para problemas complexos, como logística e roteamento, podem ser encontradas muito mais rapidamente.

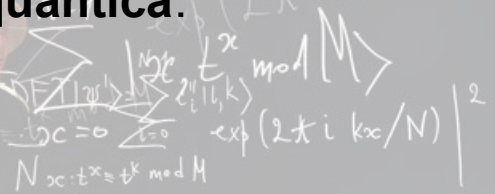
🎯 **Ponto chave:** A computação quântica **não é melhor em tudo**, mas **é revolucionária para certos problemas**!

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

A computação quântica se baseia em fenômenos da **mecânica quântica**, que diferem significativamente da computação clássica. Vamos explorar os três principais conceitos que tornam os computadores quânticos tão poderosos: **superposição, emaranhamento e interferência quântica**.







Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Superposição 🌀

Na computação clássica, um **bit** pode assumir apenas um dos dois estados:

- **0** (desligado)
- **1** (ligado)

Já um **qubit (bit quântico)** pode estar em uma **superposição** de ambos os estados **simultaneamente**. Isso significa que, antes da medição, o qubit tem **probabilidades** de estar em 0 e 1 ao mesmo tempo.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Superposição 🌀

Explicação intuitiva

Imagine uma moeda girando no ar: enquanto ela está girando, não podemos dizer se caiu em cara ou coroa. Apenas quando paramos a moeda (medimos o qubit), vemos um dos resultados.



UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Superposição 🌀



UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Superposição 🌀

Matematicamente falando

O estado de um qubit pode ser representado como uma combinação linear dos estados $|0\rangle$ e $|1\rangle$:

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

Onde:

- **α e β** são números complexos que representam as amplitudes de probabilidade.
- **$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$**, garantindo que a soma das probabilidades seja sempre 100%

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Porta Hadamard

A porta Hadamard (H) é uma porta quântica fundamental usada em computação quântica. Ela atua sobre um único qubit e tem a função de criar superposição. Quando aplicada a um qubit, a porta Hadamard transforma o estado do qubit em uma combinação linear de seus dois estados básicos.

Matematicamente, a porta Hadamard é representada pela matriz:

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

Se a porta Hadamard for aplicada a um qubit em um estado de base, como $|0\rangle|0\rangle|0\rangle$ ou $|1\rangle|1\rangle|1\rangle$, ela gera um estado de superposição. Por exemplo:

- Quando H é aplicada ao estado $|0\rangle$, o qubit passa para a superposição $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$.
- Quando H é aplicada ao estado $|1\rangle$, o qubit passa para a superposição $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$.

A porta Hadamard é essencial em muitas operações quânticas, especialmente em algoritmos como o algoritmo de Grover e o algoritmo de Shor, pois ajuda a criar estados de superposição que são explorados em cálculos quânticos.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Porta Hadamard

Na computação clássica, as portas lógicas, como AND, OR e NOT, operam sobre **bits**, que podem estar em um de dois estados: **0** ou **1**. Por exemplo:

- A porta NOT inverte o valor de um bit: se o bit é 0, ele se torna 1, e vice-versa.

- A porta AND, por exemplo, só retorna 1 quando ambos os bits de entrada são 1.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Porta Hadamard

Agora, na computação quântica, as coisas são um pouco mais "estranhas" e poderosas. A porta Hadamard é uma porta **quântica**, e ela age sobre **qubits** (unidades de informação na computação quântica). A principal diferença é que um qubit pode não ser apenas 0 ou 1, mas pode ser uma **superposição** de ambos os estados ao mesmo tempo. Ou seja, ele pode estar em uma mistura de 0 e 1 ao mesmo tempo, o que permite que a computação quântica seja muito mais poderosa em certos casos.

Quando a porta Hadamard é aplicada a um qubit, ela cria essa **superposição**. Então, em vez de um qubit estar apenas no estado 0 ou apenas no estado 1, ele pode estar em uma combinação dos dois, o que é essencial para o poder dos algoritmos quânticos.

Em resumo: Na computação clássica, as portas lógicas alteram o valor dos bits, enquanto na computação quântica, a porta Hadamard faz com que o qubit possa representar simultaneamente 0 e 1, permitindo uma gama de possibilidades muito maior para resolver problemas complexos.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Superposição 🌀

Exemplo prático

A **Porta Hadamard (H)** é usada para colocar um qubit em superposição:

```
from qiskit import QuantumCircuit
qc = QuantumCircuit(1, 1)
qc.h(0)  # Aplica a porta Hadamard no qubit 0
qc.measure(0, 0)
qc.draw()
```

Isso cria um estado em que, se medirmos o qubit várias vezes, aproximadamente **50% das vezes ele será 0 e 50% será 1**.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Emaranhamento 🔗

O **emaranhamento** quântico é um fenômeno no qual dois ou mais qubits se tornam interdependentes, independentemente da distância entre eles. Se um qubit mudar de estado, o outro mudará instantaneamente, mesmo que estejam separados por anos-luz.

UniFAP

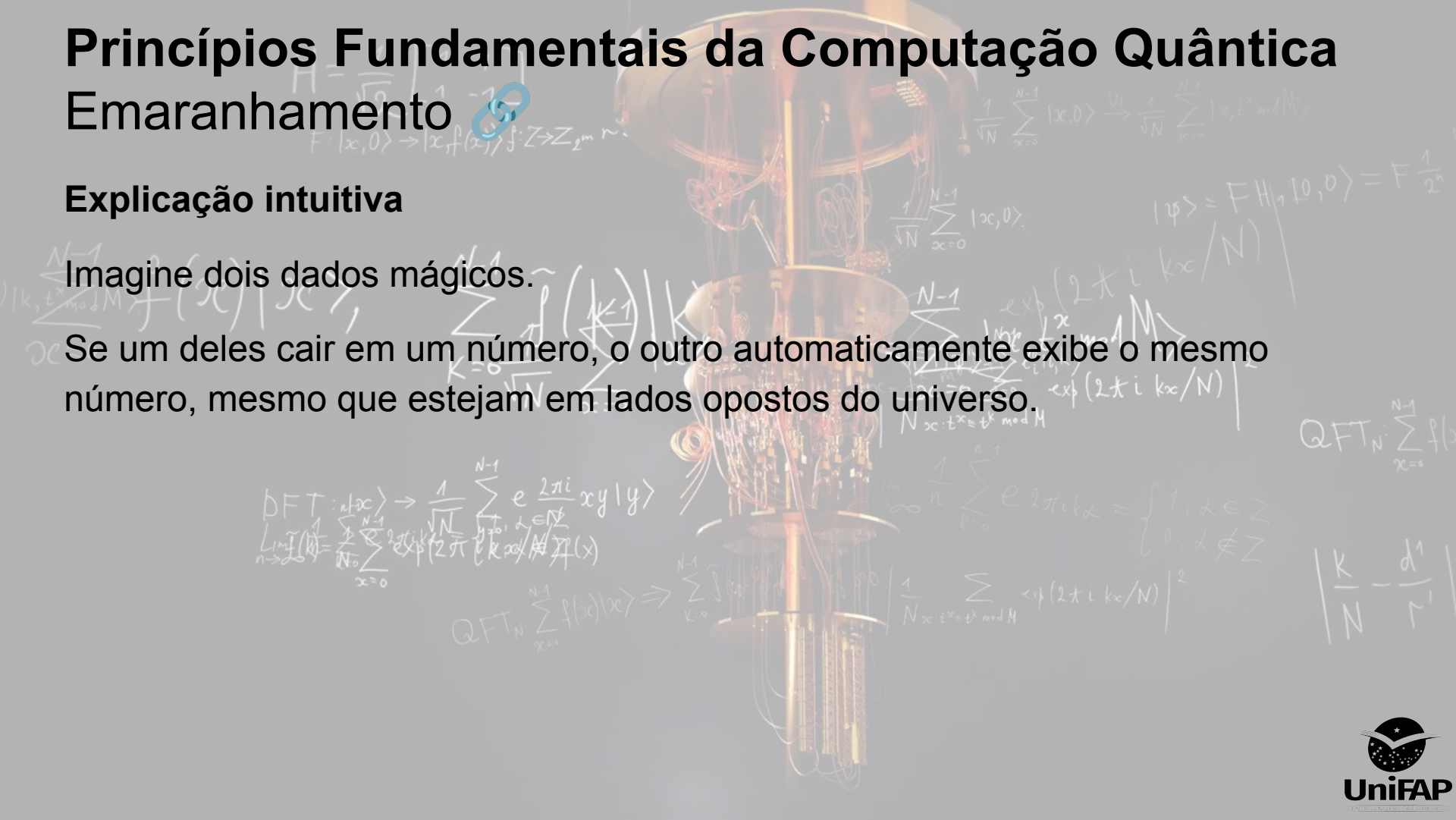
Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Emaranhamento 🔗

Explicação intuitiva

Imagine dois dados mágicos.

Se um deles cair em um número, o outro automaticamente exibe o mesmo número, mesmo que estejam em lados opostos do universo.



Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Emaranhamento 🔗

Matematicamente falando

Um exemplo clássico de estado emaranhado é o **estado de Bell**, que pode ser descrito como:

$$|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$

Isso significa que, se medirmos o primeiro qubit e ele for **0**, então o segundo qubit será **0**. Se o primeiro for **1**, o segundo também será **1.**

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Emaranhamento 🔗

Importância do emaranhamento

- Essencial para a **teleportação quântica**.
- Base para **circuitos quânticos** mais complexos.
- Utilizado em **criptografia quântica** para comunicação ultra-segura.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Emaranhamento 🔗

Exemplo prático com Qiskit

Criando dois qubits emaranhados:

```
from qiskit import QuantumCircuit
qc = QuantumCircuit(2, 2)
qc.h(0)  # Superposição no primeiro qubit
qc.cx(0, 1)  # Emaranhamento entre o primeiro e o segundo qubit
qc.measure([0, 1], [0, 1])
qc.draw()
```

Agora, sempre que medirmos um qubit, o outro refletirá o mesmo valor!

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Interferência Quântica 🌊

A interferência quântica ocorre porque os qubits seguem as leis das ondas, e suas amplitudes de probabilidade podem se combinar construtivamente (reforçando um resultado) ou destrutivamente (cancelando um resultado).

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Interferência Quântica 🌊

Explicação intuitiva

Pense em ondas do mar: quando duas ondas se encontram, elas podem se somar (formando uma onda maior) ou se cancelar. Os qubits funcionam da mesma forma!

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Interferência Quântica 🌊

Aplicação da interferência

A interferência quântica é usada para **controlar probabilidades** e aumentar a chance de um resultado correto em cálculos. Isso é essencial para **algoritmos quânticos**, como o **algoritmo de Grover**, que pode encontrar um item em uma lista não ordenada muito mais rápido que qualquer algoritmo clássico.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Interferência Quântica 🌊

Exemplo prático com Qiskit

```
from qiskit import QuantumCircuit
qc = QuantumCircuit(1, 1)
qc.h(0)  # Superposição
qc.h(0)  # Segunda Hadamard para interferência
qc.measure(0, 0)
qc.draw()
```

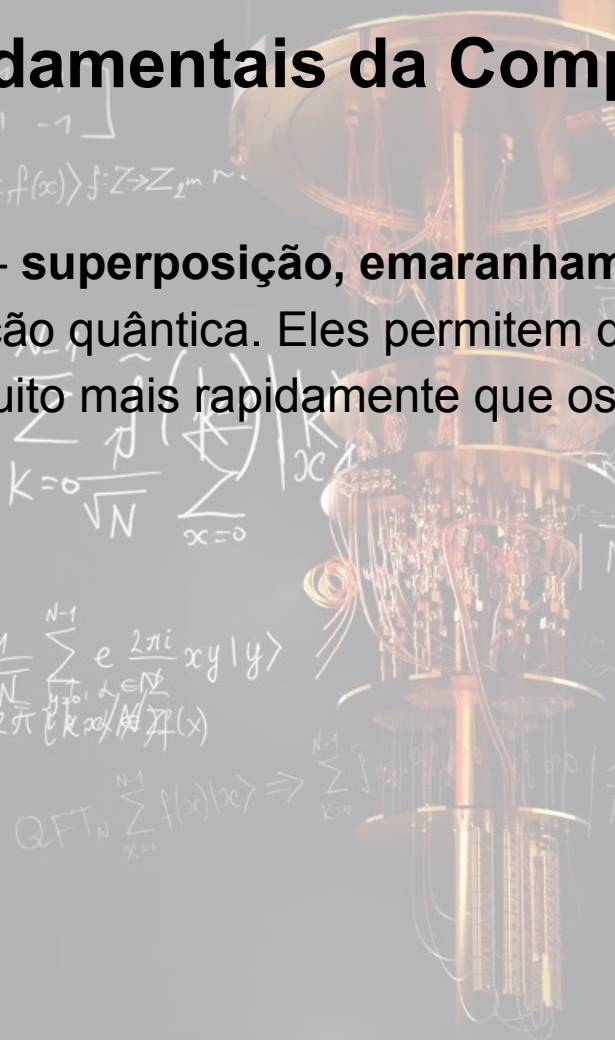
Se aplicarmos duas **portas Hadamard**, o qubit voltará para o estado inicial, demonstrando interferência.

UniFAP

Princípios Fundamentais da Computação Quântica

Conclusão

Esses três princípios — **superposição, emaranhamento e interferência** — são o coração da computação quântica. Eles permitem que **algoritmos quânticos** resolvam problemas muito mais rapidamente que os computadores clássicos.



UniFAP

Computação Clássica vs Computação Quântica

Como os computadores clássicos processam informações

Os **computadores clássicos** operam com base na **lógica binária**:

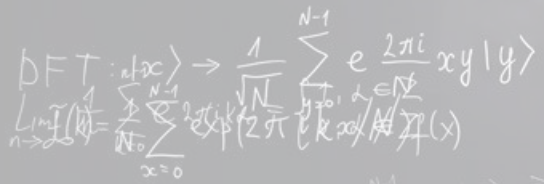
- As informações são representadas por **bits** (0 ou 1).
- O processamento ocorre através de **portas lógicas** (AND, OR, NOT, etc.), combinando e manipulando bits.
- Computadores clássicos são determinísticos: dado um estado inicial, a saída será sempre a mesma para a mesma entrada.

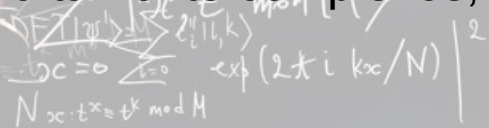
UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

📌 **Limitações da computação clássica:**

- Alguns problemas exigem um **tempo exponencial** para serem resolvidos (por exemplo, fatoração de números muito grandes).
- Limitações na capacidade de simular sistemas altamente complexos, como moléculas em interações químicas.







UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

Como os computadores quânticos diferem dos clássicos?

Os **computadores quânticos** usam **qubits (bits quânticos)**, que possuem propriedades especiais:

Superposição

- Um qubit pode estar simultaneamente nos estados 0 e 1.
- Isso permite que um computador quântico processe múltiplas possibilidades ao mesmo tempo.

Emaranhamento

- Quando dois qubits estão **emaranhados**, a mudança no estado de um afeta instantaneamente o outro, independentemente da distância.
- Isso permite um processamento muito mais rápido em algumas aplicações.

Interferência Quântica

- Pode ser usada para cancelar certos caminhos computacionais e aumentar a probabilidade de respostas corretas.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

📌 **Vantagens da computação quântica:**

- Resolve problemas **mais rapidamente** do que os computadores clássicos em algumas áreas específicas.
- Pode **simular sistemas complexos** que são impossíveis de serem modelados eficientemente em computadores clássicos.



Computação Clássica vs Computação Quântica

Algoritmos que se beneficiam da computação quântica

A computação quântica **não acelera todos os problemas**, mas existem algoritmos onde ela é extremamente vantajosa:

✔️ **Algoritmo de Shor**

- Resolve o problema de **fatoração de números primos** de forma **exponencialmente mais rápida** que algoritmos clássicos.
- Impacto direto na **criptografia RSA**, amplamente usada para segurança na internet.

✔️ **Algoritmo de Grover**

- Permite **pesquisa em bancos de dados não ordenados** com um aumento significativo de eficiência.
- Enquanto um computador clássico pesquisa em **O(N)** tempo, o algoritmo de Grover faz isso em **O(√N)**.

UniFAP

Computação Clássica vs Computação Quântica

Algoritmos que se beneficiam da computação quântica

✔️ **Simulação de sistemas quânticos**

- Simulação de reações químicas, permitindo avanços na **química quântica**, desenvolvimento de novos materiais e remédios.

✔️ **Machine Learning Quântico**

- Possibilidade de criar **redes neurais quânticas** mais eficientes para resolver problemas complexos.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

Comparação de tempo de execução entre algoritmos clássicos e quânticos

Problema	Computador Clássico	Computador Quântico
Fatoração de um número grande	Tempo **exponencial** (RSA pode levar milhões de anos)	**Algoritmo de Shor** resolve em **tempo polinomial**
Busca em banco de dados não ordenado	O(N)	O(√N) (**Algoritmo de Grover**)
Simulação de moléculas complexas	Computacionalmente inviável	Eficiência **muito maior**

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Aplicações da Computação Quântica

Cibersegurança e Criptografia Quântica

- Atualmente, grande parte da segurança digital depende de algoritmos de criptografia baseados na dificuldade de fatorar números primos grandes (como o RSA).
- O **Algoritmo de Shor**, desenvolvido em 1994, mostrou que um computador quântico pode fatorar números primos de forma **exponencialmente mais rápida** do que um computador clássico. Isso significa que a segurança das comunicações digitais poderia ser comprometida quando computadores quânticos suficientemente poderosos forem construídos.
- Para solucionar esse problema, surge a **criptografia quântica**, baseada em princípios da mecânica quântica, como o **entrelaçamento** e o **teorema da não clonagem**, que garantem segurança absoluta na transmissão de dados.

Exemplo prático: O protocolo **BB84**, um dos primeiros protocolos de criptografia quântica, permite que duas partes compartilhem uma chave secreta de forma absolutamente segura. Empresas e governos já testam esse tipo de segurança para comunicação ultra-segura.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Aplicações da Computação Quântica

Simulação de Moléculas e Desenvolvimento de Medicamentos

O estudo de interações químicas e biomoleculares envolve cálculos extremamente complexos, que demandam muito poder computacional.

Computadores quânticos podem simular moléculas de maneira mais eficiente, já que trabalham de forma **naturalmente paralela**, modelando interações atômicas e eletrônicas com mais precisão.

Impacto:

- Descoberta mais rápida de novos fármacos.
- Melhor entendimento de reações químicas complexas.
- Simulação de novos materiais com propriedades inovadoras.

Exemplo prático: A empresa **Google AI** e a empresa farmacêutica **Pfizer** estão estudando como computadores quânticos podem ser usados para simular interações moleculares, o que pode acelerar a criação de novos medicamentos.

UniFAP

Aplicações da Computação Quântica

Machine Learning Quântico (Quantum Machine Learning - QML)

Aprendizado de Máquina Quântico é uma área que explora como algoritmos quânticos podem **acelerar** ou **melhorar** os métodos tradicionais de aprendizado de máquina.
Alguns algoritmos quânticos podem realizar cálculos mais rápidos que seus equivalentes clássicos, o que poderia otimizar tarefas como:

- Processamento de grandes volumes de dados.
- Otimização de modelos de aprendizado profundo.
- Reconhecimento de padrões em conjuntos de dados complexos.

Exemplo prático:

- O Google e a IBM estão explorando como a computação quântica pode ser usada para **acelerar redes neurais** e **reduzir tempos de treinamento de IA**.
- A startup Xanadu está desenvolvendo **algoritmos de aprendizado de máquina quântico** usando seu framework **PennyLane**.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Desafios da Computação Quântica

Manutenção da Coerência Quântica

- Os **qubits são extremamente sensíveis** e podem perder seu estado quântico devido à interação com o ambiente. Isso leva a **erros computacionais** e dificulta a realização de cálculos precisos.
- Esse fenômeno é conhecido como **decoerência quântica**, e é um dos principais desafios para construir computadores quânticos mais estáveis.
- **Solução em estudo**: Desenvolver **correção de erros quânticos** e sistemas de isolamento de qubits para aumentar o tempo de coerência.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Desafios da Computação Quântica

Alta Taxa de Erro e Ruído

- Os processadores quânticos ainda apresentam **muitas falhas** na execução de cálculos, principalmente devido à instabilidade dos qubits.
- Para que a computação quântica seja viável, é necessário desenvolver **arquiteturas mais robustas** e **técnicas de supressão de ruído** nos circuitos quânticos.
- Empresas como **IBM e Google** estão investindo no desenvolvimento de **qubits supercondutores** e algoritmos de **correção de erros** para melhorar a precisão dos cálculos.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Desafios da Computação Quântica

Hardware Quântico Ainda em Desenvolvimento

- Construir e manter um **computador quântico funcional** é extremamente desafiador:
  - Os computadores quânticos exigem temperaturas próximas do **zero absoluto** para funcionar.
  - O número de qubits utilizáveis ainda é muito baixo (IBM e Google possuem processadores com **centenas de qubits**, mas para cálculos realmente avançados seriam necessários **milhares ou milhões** de qubits).
- Grandes empresas como **Google, IBM, Microsoft e startups como Rigetti Computing e D-Wave** estão investindo bilhões na construção de hardware quântico mais confiável.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

📢 Exemplo Prático

Supremacia Quântica do Google (2019)

Em **2019**, o Google anunciou ter alcançado a **supremacia quântica**, um marco em que um computador quântico executa um cálculo que um computador clássico **não conseguiria resolver em tempo viável**.
O experimento:

- O Google usou seu processador quântico **Sycamore**, com **53 qubits**, para realizar um cálculo aleatório extremamente complexo.
- O tempo de execução foi **200 segundos**.
- O mesmo cálculo levaria **cerca de 10.000 anos** para ser resolvido pelo supercomputador mais avançado da época.

Por que isso foi importante?

- Comprovou que a computação quântica pode superar a clássica em tarefas específicas.
- Mostrou que os computadores quânticos podem realizar cálculos que seriam impraticáveis para supercomputadores convencionais.

Controvérsia: A IBM contestou o experimento, alegando que um supercomputador clássico poderia resolver a mesma tarefa em **2,5 dias**, não 10.000 anos.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

💡 Discussão rápida

"Vocês acham que a computação quântica substituirá a computação clássica?"

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

Como os computadores clássicos processam informações:

Os computadores clássicos, como os que usamos no dia a dia, processam informações usando bits. Cada bit pode assumir um valor de 0 ou 1. Esses bits são manipulados por meio de operações lógicas, como AND, OR, NOT, entre outras. O poder de processamento desses computadores depende de como os bits são combinados e manipulados em larga escala, como em circuitos lógicos e operações matemáticas.

Características:

- **Determinísticos:** O valor de um bit é sempre 0 ou 1 em qualquer momento.
- **Processamento sequencial:** As operações, em sua maioria, são realizadas uma após a outra.
- **Escalabilidade limitada:** Aumentar a capacidade de processamento de um computador clássico geralmente exige mais recursos físicos (mais transistores, memória, etc.).

UniFAP

Computação Clássica vs Computação Quântica

Algoritmos que se beneficiam da computação quântica:

Na computação quântica, utilizamos **qubits** em vez de bits. Um qubit pode representar simultaneamente 0 e 1, graças a um fenômeno chamado **superposição**. Além disso, os qubits podem ser **entrelaçados (entrelacement)**, permitindo que estados de qubits diferentes influenciem uns aos outros instantaneamente, independentemente da distância.

Um exemplo clássico de um algoritmo que se beneficia da computação quântica é o **Algoritmo de Shor**, utilizado para fatoração de números primos. Esse algoritmo pode quebrar a segurança de muitos sistemas de criptografia usados atualmente (como RSA), que se baseiam na dificuldade de fatoração de números grandes.

Outros exemplos de algoritmos quânticos:

- **Algoritmo de Grover:** Utilizado para pesquisa em banco de dados não ordenado, oferecendo uma aceleração quadrática em relação aos algoritmos clássicos.

- **Algoritmo de Simon:** Resolve problemas específicos mais rapidamente que os melhores algoritmos clássicos.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

Comparação de tempo de execução entre algoritmos clássicos e quânticos:

A grande vantagem da computação quântica é sua capacidade de resolver certos problemas exponencialmente mais rápido que os computadores clássicos. Vamos comparar dois exemplos de tempo de execução para diferentes tipos de algoritmos:

- **Fatoração de números grandes (Algoritmo de Shor):** Nos computadores clássicos, a fatoração de um número de várias centenas de dígitos pode levar milhares ou até milhões de anos. Em computadores quânticos, o algoritmo de Shor pode realizar essa fatoração em tempo polinomial, o que significa que ele pode ser feito em uma fração de tempo comparado aos computadores clássicos.

- **Busca em banco de dados não ordenado (Algoritmo de Grover):** A busca em um banco de dados não ordenado de **N** elementos usando um algoritmo clássico leva tempo proporcional a **N**. O algoritmo de Grover pode encontrar um item específico em um banco de dados não ordenado em tempo proporcional a $\sqrt{N}$, o que oferece uma grande aceleração, especialmente com grandes volumes de dados.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Computação Clássica vs Computação Quântica

- A **computação clássica** é baseada em bits, funcionando de maneira sequencial e determinística. Ela é altamente eficiente para uma ampla gama de tarefas, mas tem limitações ao lidar com problemas complexos de grandes dimensões.
- A **computação quântica**, por sua vez, é baseada em qubits, permitindo o uso de superposição e entrelaçamento, o que pode resultar em acelerações significativas para algoritmos específicos. Ela ainda está em estágio inicial de desenvolvimento, mas possui o potencial de transformar áreas como criptografia, otimização, e simulações de sistemas complexos.

A computação quântica não substitui a clássica, mas oferece uma nova ferramenta que pode resolver problemas que são impraticáveis para os computadores tradicionais.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Frameworks para Computação Quântica

Existem diversos frameworks importantes para computação quântica, alguns dos quais são amplamente utilizados na pesquisa e desenvolvimento de algoritmos quânticos.

Aqui estão os principais:

Qiskit (IBM):

- Desenvolvido pela IBM, o Qiskit é um dos frameworks mais populares para computação quântica. Ele oferece uma biblioteca de código aberto para trabalhar com computadores quânticos e simulações quânticas. Os usuários podem escrever, testar e executar algoritmos em máquinas quânticas reais ou simuladores.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Frameworks para Computação Quântica

Cirq (Google):

- O Cirq é o framework da Google para computação quântica, projetado para ser usado com o hardware quântico da Google. Ele é focado no desenvolvimento de algoritmos quânticos para sistemas de qubits em circuitos lineares e oferece ferramentas para simulação e implementação de algoritmos.

Forest (Rigetti Computing):

- Forest é a plataforma de computação quântica da Rigetti Computing. Ela oferece ferramentas para escrever, testar e executar algoritmos quânticos em simuladores e máquinas quânticas reais da Rigetti. O framework é baseado no **pyQuil**, uma biblioteca Python para computação quântica.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Frameworks para Computação Quântica

Microsoft Quantum Development Kit (QDK):

- O QDK da Microsoft inclui o **Q#**, uma linguagem de programação de alto nível para computação quântica. Ele também vem com bibliotecas, simuladores e ferramentas para executar algoritmos quânticos em sistemas quânticos híbridos. O QDK pode ser integrado ao Visual Studio para facilitar o desenvolvimento.

PennyLane (Xanadu):

- PennyLane é um framework que integra computação quântica com aprendizado de máquina. Ele foi desenvolvido pela Xanadu para combinar técnicas de machine learning com computação quântica, facilitando o uso de algoritmos híbridos quântico-clássicos.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Frameworks para Computação Quântica

Quipper:

- Quipper é uma linguagem funcional para programação de algoritmos quânticos, projetada para fornecer uma maneira simples e elegante de escrever código quântico. Ela foca em operações quânticas e é utilizada para representar circuitos quânticos de maneira eficaz.

ProjectQ:

- ProjectQ é um framework de código aberto para simulação e execução de algoritmos quânticos. Ele oferece uma interface de alto nível para construção e execução de circuitos quânticos, podendo ser usado com simuladores ou máquinas quânticas reais.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

📌 Atividade Guiada

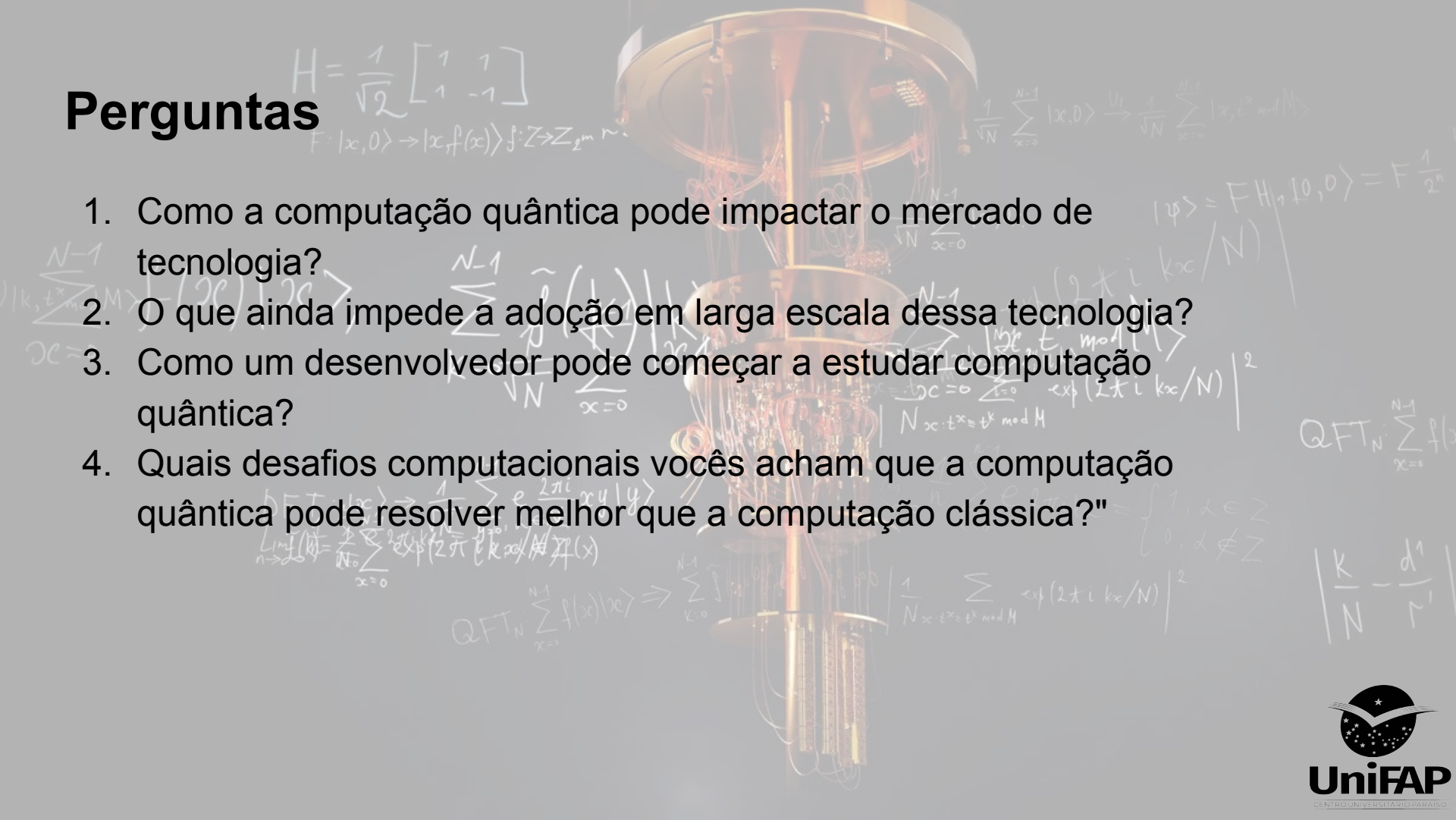
https://colab.research.google.com/drive/1218PDSDcj27W3aHN4lunfUnhCFs_0rkP?usp=sharing



UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Perguntas

1. Como a computação quântica pode impactar o mercado de tecnologia?
2. O que ainda impede a adoção em larga escala dessa tecnologia?
3. Como um desenvolvedor pode começar a estudar computação quântica?
4. Quais desafios computacionais vocês acham que a computação quântica pode resolver melhor que a computação clássica?"



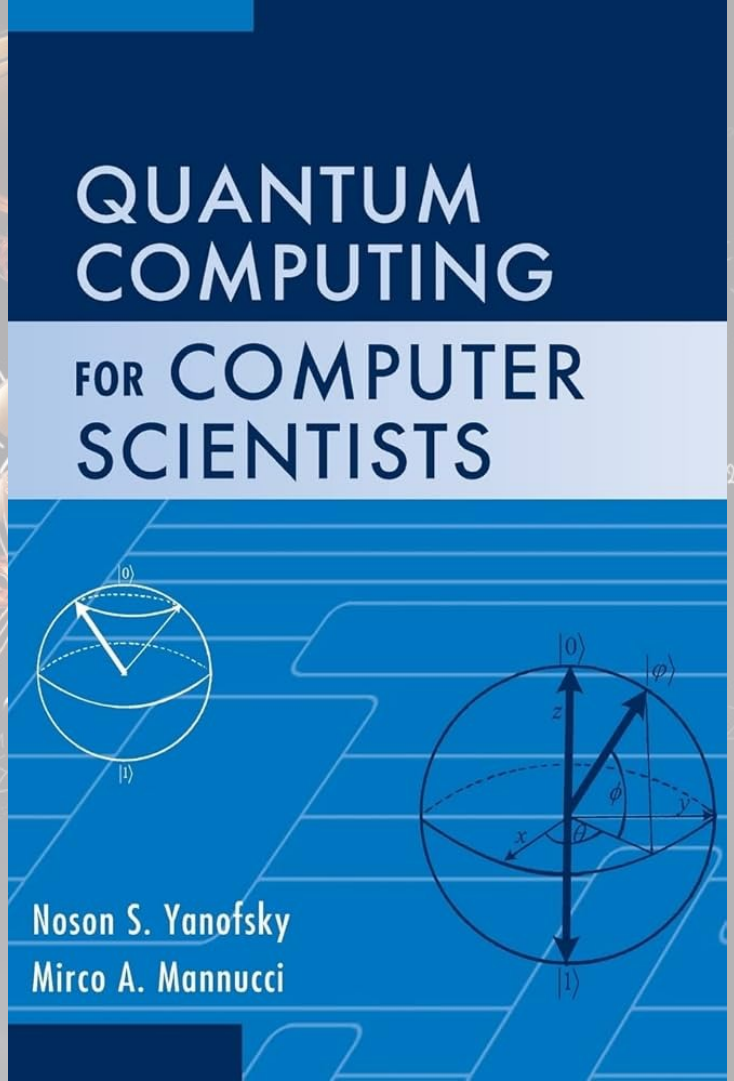
📢 Sugestão de materiais para estudo

- **IBM Quantum Experience** https://quantum-computing.ibm.com
- **Computadores Quânticos Explicados** https://www.youtube.com/watch?v=92eSz2X0AIU
- Quantum Circuit https://algassert.com/quirk
- Cirq https://quantumai.google/cirq

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Bibliografia

Quantum Computing for Computer Scientists - Noson S. Yanofsky, Mirco A. Mannucci



UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Referências

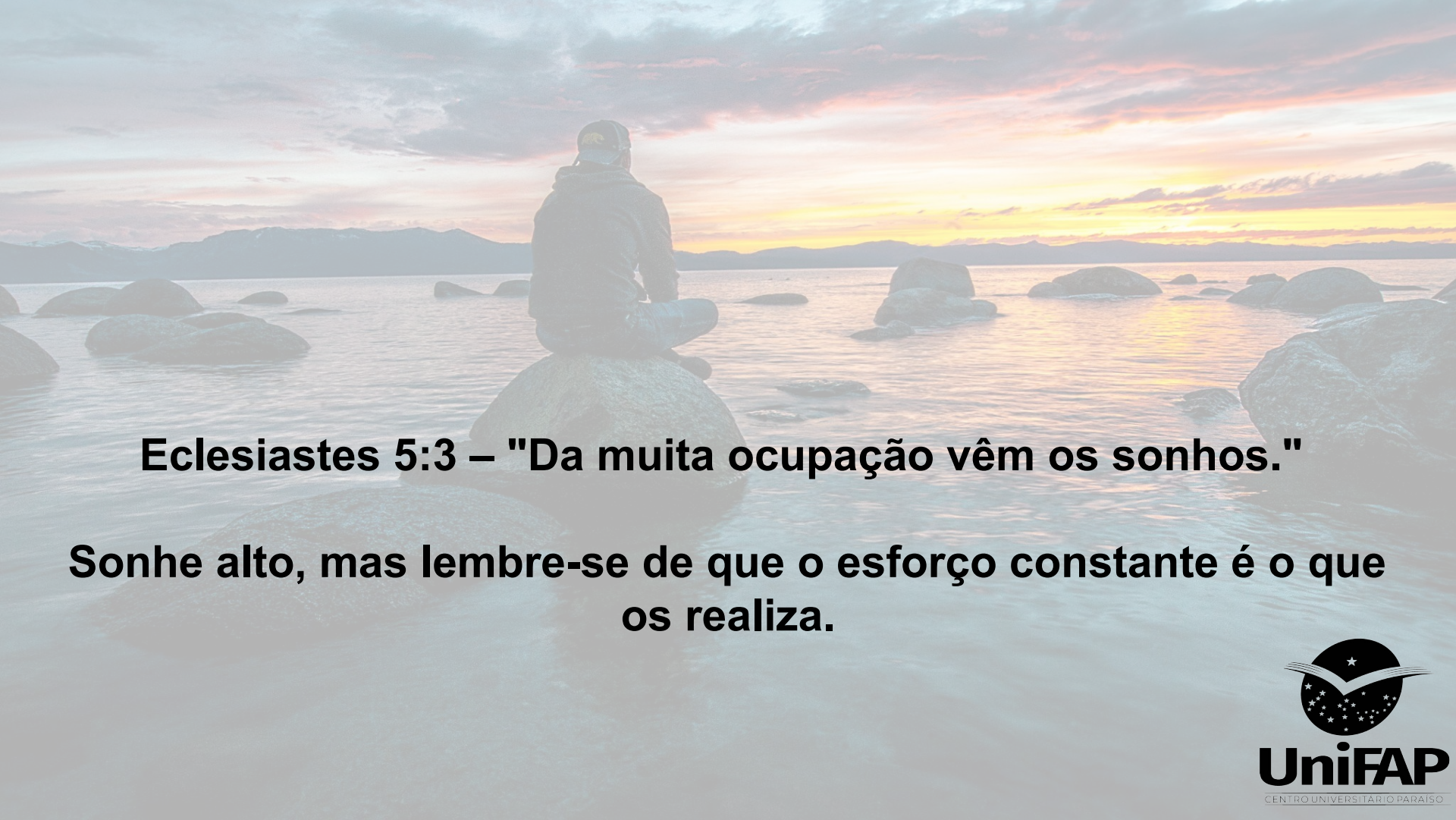
CHATGPT. **Fundamentos de Inteligência Artificial**. OpenAI, 2025. Disponível em: https://chat.openai.com. Acesso em: *20/03/2025*.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO

Perguntas?!



UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO



Eclesiastes 5:3 – "Da muita ocupação vêm os sonhos."

Sonhe alto, mas lembre-se de que o esforço constante é o que os realiza.

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO



Obrigado!

UniFAP
CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO