

<b>UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO</b>		
<b>UNIDADE – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO</b>		
<b>DISCIPLINA – COMPUTAÇÃO QUÂNTICA</b>		
<b>CÓDIGO DA DISCIPLINA – FIS48</b>		
<b>CARGA HORÁRIA TOTAL – 60 HORAS TEÓRICAS</b>		
<b>EMENTA</b> <i>Introdução à vetores e matrizes, fundamentos da mecânica quântica, introdução à ciência da computação, portas quânticas, circuitos quânticos e computação com qubits, algoritmos quânticos simples, transformada de Fourier quântica e suas aplicações, algoritmos de pesquisa quântica, computadores quânticos, realizações físicas de computadores quânticos.</i>		
<b>ÁREA/EIXO/NÚCLEO</b>  <i>CIÊNCIAS EXATAS FÍSICA DE MATERIAIS NÚCLEO PROFISSIONALIZANTE</i>	<b>COMPETÊNCIA(S)</b>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Compreender a visão geral da computação quântica.</i></li> <li>2. <i>Compreender as bases do formalismo matemático para a descrição da Mecânica Quântica.</i></li> <li>3. <i>Compreender a estrutura computação e análise de problemas computacionais.</i></li> <li>4. <i>Entender o conceito de qubits e circuitos quânticos.</i></li> <li>5. <i>Compreender processos de transformações integrais e algoritmos quânticos.</i></li> </ol>	<b>HABILIDADES</b>  <b>COMPETÊNCIA 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender a visão geral da computação quântica: perspectivas globais, história da computação quântica e informação quântica, direções futuras, bits quânticos, qubits múltiplos.</li> <li>• Compreender o funcionamento de portas de qubit único, portas de multi-qubit, medições em bases diferentes da base computacional.</li> <li>• Compreender circuitos quânticos simples, circuito de cópia do qubit, estados de Bell, teletransporte quântico, algoritmos quânticos, cálculos clássicos em um computador quântico, paralelismo quântico, algoritmo de Deutsch, o algoritmo Deutsch – Jozsa, algoritmos quânticos resumidos, processamento experimental de informações quânticas, o experimento de Stern – Gerlach, perspectivas para o processamento prático de informações quânticas e teoria da informação quântica.</li> </ul> <b>COMPETÊNCIA 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar conceitos fundamentais da álgebra linear e sua relação com a computação quântica: bases e independência linear, operadores e matrizes lineares, as matrizes de Pauli, produtos internos, autovetores e autovalores, adjuntos e operadores hermitianos, produtos tensores, funções do operador, o comutador e o anti-comutador, as decomposições de valores polares e singulares, os postulados da mecânica quântica, espaço de estados, evolução, medição quântica, estados quânticos distintos, medições</li> </ul>



6. *Compreender algoritmos quânticos fundamentais.*
7. *Compreender os fundamentos da engenharia dos computadores quânticos.*

projetivas, medições povm, fase, sistemas compostos, mecânica quântica: uma visão global, codificação superdensa, o operador de densidade, conjuntos de estados quânticos, propriedades gerais do operador de densidade, o operador de densidade reduzida, decomposição e purificação de Schmidt, EPR e a desigualdade de Bell.

### **COMPETÊNCIA 3**

- Compreender os modelos de computação e máquinas de Turing.
- Realizar a análise de problemas computacionais e sua relação com a quantificação de recursos computacionais,
- Compreender os conceitos de complexidade computacional, problemas de decisão e as classes de complexidade P e NP, infinidade de classes de complexidade,
- Entender a relação entre energia e computação e as perspectivas em ciência da computação.

### **COMPETÊNCIA 4**

- Compreender os fundamentos dos Circuitos Quânticos: algoritmos quânticos, operações de qubit único, operações controladas, medição.
- Entender os fundamentos das portas quânticas: portas quânticas universais, portas unitárias de dois níveis, portas de qubit único e CNOT, conjunto discreto de operações universais, a aproximação de portas unitárias arbitrárias,
- Compreender os conceitos da complexidade computacional quântica: resumo do modelo de computação quântica, simulação de sistemas quânticos, o algoritmo de simulação quântica, perspectivas sobre a simulação quântica.

### **COMPETÊNCIA 5**

- Compreender os fundamentos da Transformada de Fourier Quântica e suas aplicações: estimativa de fase, desempenho e requisitos, aplicações, busca de pedidos e fatoração,
- Entender as aplicações gerais da transformada de Fourier quântica: detecção de período, logaritmos discretos, o problema de subgrupos ocultos, outros algoritmos quânticos.

### **COMPETÊNCIA 6**



- Compreender o funcionamento de algoritmos de pesquisa quântica: o algoritmo de pesquisa quântica, o oráculo, procedimento, visualização geométrica, desempenho, pesquisa quântica como simulação quântica, contagem quântica,
- Compreender a solução de problemas em computação quântica: problemas NP-completos, pesquisa quântica de um banco de dados não-estruturado, otimização do algoritmo de pesquisa, limites do algoritmo de caixa preta.

**COMPETÊNCIA 7**

- Compreender o funcionamento de Computadores Quânticos: realização física, princípios orientadores, condições para computação quântica, representação de informações quânticas, desempenho de transformações unitárias, preparação de estados iniciais fiduciais, medição do resultado final.
- Compreender os exemplos de computadores quânticos e seus princípios de funcionamento: computador quântico do oscilador harmônico, computador quântico de fótons ópticos, computador quântico e a eletrodinâmica quântica da cavidade óptica, computador quântico de armadilhas de íons, computador quântico de ressonância magnética nuclear, absorção e refração de átomo único de fóton único, aparatos físicos, hamiltonianos e experiência.

**CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

1. *Introdução e Visão Geral: perspectivas globais, história da computação quântica e informação quântica, direções futuras, bits quânticos, qubits múltiplos, computação quântica, portas de qubit único, portas de multi-qubit, medições em bases diferentes da base computacional, circuitos quânticos, circuito de cópia do qubit, estados de Bell, teletransporte quântico, algoritmos quânticos, cálculos clássicos em um computador quântico, paralelismo quântico, algoritmo de Deutsch, o algoritmo Deutsch – Jozsa, algoritmos quânticos resumidos, processamento experimental de informações quânticas, o experimento de Stern – Gerlach, perspectivas para o processamento prático de informações quânticas, informação quântica, teoria da informação quântica.*
2. *Introdução à Mecânica Quântica: álgebra linear, bases e independência linear, operadores e matrizes lineares, as matrizes de Pauli, produtos internos, autovetores e autovalores, adjuntos e operadores hermitianos, produtos tensores, funções do operador, o comutador e o anti-comutador, as decomposições de valores polares e singulares, os postulados da mecânica quântica, espaço de estados, evolução, medição quântica, estados quânticos distintos, medições projetivas, medições povm, fase, sistemas compostos, mecânica quântica: uma visão global, codificação superdensa, o operador de densidade, conjuntos de estados quânticos, propriedades gerais do operador de densidade, o operador de densidade reduzida, decomposição e purificação de Schmidt, EPR e a desigualdade de Bell.*



3. *Introdução à Ciência da Computação: modelos de computação, máquinas de Turing, circuitos, a análise de problemas computacionais, quantificação de recursos computacionais, complexidade computacional, problemas de decisão e as classes de complexidade P e NP, infinidade de classes de complexidade, energia e computação, perspectivas em ciência da computação.*
4. *Circuitos Quânticos: algoritmos quânticos, operações de qubit único, operações controladas, medição, portas quânticas universais, portas unitárias de dois níveis, portas de qubit único e CNOT, conjunto discreto de operações universais, a aproximação de portas unitárias arbitrárias, complexidade computacional quântica, resumo do modelo de computação quântica, simulação de sistemas quânticos, simulação em ação, o algoritmo de simulação quântica, perspectivas sobre a simulação quântica.*
5. *A Transformada de Fourier Quântica e suas Aplicações: a transformação de Fourier quântica, estimativa de fase, desempenho e requisitos, aplicações, busca de pedidos e fatoração, aplicações gerais da transformada de Fourier quântica, detecção de período, logaritmos discretos, o problema de subgrupos ocultos, outros algoritmos quânticos.*
6. *Algoritmos de Pesquisa Quântica: o algoritmo de pesquisa quântica, o oráculo, o procedimento, visualização geométrica, desempenho, pesquisa quântica como simulação quântica, contagem quântica, solução de problemas NP-completos, pesquisa quântica de um banco de dados não-estruturado, otimização do algoritmo de pesquisa, limites do algoritmo de caixa preta.*
7. *Computadores Quânticos: realização física, princípios orientadores, condições para computação quântica, representação de informações quânticas, desempenho de transformações unitárias, preparação de estados iniciais fiduciais, medição do resultado final.*
8. *Exemplos de Computadores Quânticos: computador quântico do oscilador harmônico, computador quântico de fótons ópticos, computador quântico e a eletrodinâmica quântica da cavidade óptica, computador quântico de armadilhas de íons, computador quântico de ressonância magnética nuclear, absorção e refração de átomo único de fóton único, aparatos físicos, hamiltonianos e experiência.*

## BIBLIOGRAFIA

1. NIELSEN, M. A., and CHUANG, I. L. **Quantum Computation and Quantum Information**. 10<sup>th</sup> Anniversary Ed., Cambridge University Press, 2011.
2. NAKAHARA, M. and OHMI, T. **Quantum Computing - From Linear Algebra to Physical Realizations**. 1<sup>st</sup> Ed., CRC Press, 2008.
3. SUTOR, R. S. **Dancing with Qubits: From qubits to algorithms, embark on the quantum computing journey shaping our future**. 2<sup>nd</sup> Ed., Packt Publishing, 2024.
4. RUGGIERO, B., DELSING P., GRANATA, C., PASHKIN, Y. A., AND P. SILVESTRINI. **Quantum Computing in Solid State Systems**. 1<sup>st</sup> Ed., Springer, 2010.
5. KAYE, P., LAFLAMME, R., and MOSCA, M. **An Introduction to Quantum Computing**. 1<sup>st</sup> Ed., Oxford University Press, 2007.
6. HIDARY, J. D. **Quantum Computing: An Applied Approach**. 1<sup>st</sup> Ed., 2019.
7. IMRE, S. and BALAZS, F. **Quantum Computing and Communications: An Engineering Approach**. 1<sup>st</sup> Ed., 2005.



