

ESTUDO DA FÍSICA QUÂNTICA APLICADA À COMPUTABILIDADE E A INFORMAÇÃO QUÂNTICA

ISABELLE T. C. FERNANDES

¹Estudante do Ensino Técnico em Telecomunicações, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São Paulo, isa_chacom@hotmail.com.

Área de conhecimento: 1.05.01.02-9 Física Clássica e Física Quântica; Mecânica e Campos

Apresentado no
8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

RESUMO: A computação quântica é área de intensa atividade no mundo e acreditamos que é tema relevante para a ciência e tecnologia nacional. O presente projeto trata da computação na perspectiva da física quântica e tem como intuito a investigação de alguns algoritmos fisicamente possíveis e mais eficientes que seus equivalentes clássicos. Inicialmente serão apresentados os elementos relevantes da teoria quântica, para que seja possível entender o comportamento do bit quântico, que servirá de base teórica para o seguimento de toda a pesquisa. É feito um estudo de alguns algoritmos relevantes da computação quântica nos seus detalhes, como resultado da atuação de operadores e medições sobre os estados dos bits quânticos.

PALAVRAS-CHAVE: computação quântica; bit quântico; sistemas quânticos; algoritmos quânticos; criptografia quântica.

STUDY OF QUANTUM PHYSICS APPLIED TO COMPUTABILITY AND QUANTUM INFORMATION

ABSTRACT: Quantum computing is an area of intense activity in the world and we believe it is a relevant topic for national science and technology. The present project deals with computation in the perspective of quantum physics and its purpose is to investigate some quantum algorithms that are physically possible and more efficient than their classical equivalents. Initially the relevant elements of the quantum theory will be presented, so that it is possible to understand the behavior of the quantum bit, which will serve as a theoretical basis for the follow-up of all the research. It is done a study of some relevant algorithms of quantum computation in its details as a result of the performance of operators and measurements on quantum bit states.

KEYWORDS: Quantum computation; Bit quantum; Quantum systems; Quantum algorithms; Quantum cryptography.

INTRODUÇÃO

Uma das principais características de um computador quântico está na capacidade de executar diversas operações lógicas em diversos estados simultaneamente, explorando um aspecto fundamental da mecânica quântica que é a combinação de estados em um estado de superposição.

Um grande desafio é desenvolver dispositivos de controle com refinamento suficiente para poderem atuar sobre os bits quânticos individualmente (e também em pares) por um tempo suficientemente preciso, rápido e com um nível de eficácia suficiente para que atuem como portas lógicas e um algoritmo possa ser implementado (STOLZE 2004).

Nos anos 90 as Máquinas de Turing Quânticas começaram a serem investigadas. Bernstein e Vazirani mostraram que essas máquinas eram mais eficientes que os computadores clássicos para certos tipos de simulações (BERNSTEIN 1997). Também nos anos 90 certos algoritmos quânticos começaram a ser concebidos e, novamente, constatou-se que eram mais eficientes do que seus correspondentes clássicos, pelo menos quando utilizados para um grande volume de interações, como a fatoração de grandes números (SHOR 1997).

Com base nas questões apresentadas, foram feitas investigações sobre o modelo teórico da Computação Quântica, sua fundamentação física de acordo com a Mecânica Quântica e seu formalismo matemático, para que assim fosse possível analisar os algoritmos quânticos mais conhecidos e buscar formas de avaliar a eficácia desta teoria computacional segundo este e outros modelos da computação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados materiais de fácil manuseio e baixo custo para a elaboração de um modelo mecânico para representar os estados do bit quântico (Esfera de Bloch), como isopor, varetas de madeira e canetas para retroprojeter. Utilizou-se também o Geogebra, para desenvolver uma visualização da Esfera de Bloch e o papel dos parâmetros angulares na descrição dos estados de um sistema quântico de dois níveis como o spin $\frac{1}{2}$.

Parte considerável dos trabalhos fizeram uso de material bibliográfico técnico disponível em bibliotecas públicas ou em formato digital. Foram utilizadas aulas e apresentações provenientes de instituições de pesquisa de renome disponíveis para visualização gratuita (IBM Q, 2017) (POPKIN, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fez-se um detalhado estudo dos elementos constitutivos da Mecânica Quântica em Espaços de Hilbert de dimensão finita dando ênfase em representações matriciais: superposição de estados, operadores lineares, operadores auto-adjuntos e grandezas mensuráveis, equações de auto-valores, base de auto-vetores, medição e colapso do estado, produto escalar no Espaço de Hilbert, evolução temporal do estado quântico. Dedicou-se especial atenção ao Espaço de Hilbert de duas dimensões e a representação spinorial do estado quântico (STEANE, 2017). Estudou-se a descrição matemática desse estado e sua representação por meio da Esfera de Bloch e elaborou-se uma visualização no Geogebra para ela. Construiu-se, também, um modelo mecânico utilizando-se uma esfera de isopor onde são demarcados os parâmetros angulares localizando em sua superfície os estados. Estudou-se o produto tensorial desses estados e a atuação de portas lógicas sobre eles. Com base nesse arcabouço teórico adquirido, no momento estamos investigando alguns algoritmos quânticos, analisando-os como uma sucessão de aplicações das portas lógicas (AMOREIRA, 2017).

CONCLUSÕES

No atual estágio de desenvolvimento do projeto já está sendo possível investigar alguns algoritmos pertinentes à computação quântica como o de Grover, Deutsch e Deutsch-Jozsa (CHUANG; NIELSEN, 2003).

Com base em todo planejamento do projeto e o grau de complexidade do tema escolhido acreditamos que o presente estudo tem grande potencial para servir de base para futuras propostas de pesquisa no tema, inclusive em instituições nacionais da área (como o LNCC - Laboratório Nacional de Computação Científica, que tem projetos de pesquisa

sobre Computação Quântica) e também poder contribuir com estratégias para a divulgação científica do tema.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao órgão de fomento que tornou acessível a realização deste projeto, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

REFERÊNCIAS

AMOREIRA, L. J.M. Alguns algoritmos para computação quântica. Disponível em: < <http://www.dfisica.ubi.pt/~amoreira/lectnotes/ciq.pdf> >. Acesso em: 27 de Set 2017.

BERNSTEIN, E.; VAZIRANI, U. Quantum complexity theory. *SIAM Journal on Computing*, v. 26, n. 5, p. 1411-63, 1997.

CHUANG, I. L.; NIELSEN, M. A. *Computação Quântica e Informação Quântica*. São Paulo: Bookman, 2003. 734 p.

IBM Q. Learn about IBM Q and quantum computing: Applications of quantum computing. Disponível em:< <https://www.research.ibm.com/ibm-q/learn/quantum-computing-applications/> >. Acesso em: 27 de Set 2017.

POPKIN, G. Quantum computer simulates largest molecule yet, sparking hope of future drug discoveries. *Science*, v.3, n.9, Set. 2017. Disponível em: < http://www.sciencemag.org/news/2017/09/quantum-computer-simulates-largest-molecule-yet-sparking-hope-future-drug-discoveries?utm_campaign=news_weekly_2017-09-15&et rid=330393720&et cid=1548111 >. Acesso em: 27 de Set 2017.

SHOR, P. W. Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. *SIAM Journal on Computing*, v. 26, n. 5, p.1484-1509, 1997.

STEANE, A. M. An introduction to spinors. Disponível em: < <https://arxiv.org/pdf/1312.3824v1.pdf> >. Acesso em: 27 de Set 2017.

STOLZE, J.; SUTER, D. *Quantum computing: a short course from theory to experiment*. Wiley-VCH, 2004.