Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 12, n. 1, 2026.

Trabalho apresentado no XLIV CNMAC, Fundação Getulio Vargas - Rio de Janeiro - RJ, 2025.

Explorando o Algoritmo de Grover no IBM Quantum Composer

Raissa K. S. Rodrigues[1] Clarice D. Albuquerque[2] Analisse M. Alves[3]
CCT/UFCA, Juazeiro do Norte, CE

Devido às propriedades quânticas, como superposição e emaranhamento, acredita-se que, para tarefas específicas, um computador quântico pode ser mais eficiente do que um computador clássico, exigindo menos passos computacionais, realizando as tarefas mais rapidamente e oferecendo maior segurança. Um exemplo dessa melhoria de desempenho ocorre em algoritmos de busca.

Na computação clássica, a busca em um banco de dados desordenado exige, em média, $N/2$ operações. Em 1996, Lov Grover demonstrou que esse problema poderia ser resolvido de forma mais eficiente em um computador quântico [**2**]. O algoritmo de Grover reduz o número de operações para $O(\sqrt{N})$, tornando a busca significativamente mais rápida.

Para ilustrar o funcionamento do Algoritmo de Grover, utilizamos o **IBM Quantum Composer**, uma interface gráfica desenvolvida pela IBM que permite a implementação visual de circuitos quânticos.

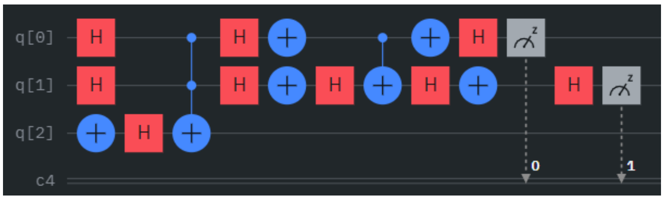

Figura 1: Circuito do Algortimo de grover para $n = 2$ e $i_0 = 11$. Fonte: Autores.

Suponha que se deseje encontrar um determinado item i_0 em uma lista desordenada com $N = 2^n$ elementos, onde $n \in \mathbb{N}$. O Algoritmo de Grover utiliza dois registradores quânticos: o primeiro, com n **qubits**, inicializado no estado $|0 \dots 0\rangle$, e o segundo, com um único *qubit*, inicializado no estado $|1\rangle$. Inicialmente, aplica-se a porta de Hadamard, H, a todos os *qubits* do primeiro registrador, criando uma superposição de todos os estados associados aos elementos da lista, [1]. Em seguida, uma porta NOT é aplicada ao *qubit* do segundo registrador para transformar seu estado de $|0\rangle$ para $|1\rangle$. Para completar a inicialização do algoritmo, o operador H é aplicado ao segundo registrador, resultando no estado $|-\rangle$. Logo após, é aplicado o operador Uf, que corresponde à função oráculo que reconhece i_0 e pode ser representada por uma porta Toffoli generalizada com n *qubits* de controle. Na Figura 1 ilustramos um exemplo de Uf para $n = 2$ em que $i_0 = 11$, no entanto, se o i-ésimo dígito binário de i_0 for 0, adicionam-se duas portas X no i-ésimo *qubit* de controle. Caso $i_0 = 00$, são necessários dois pares de portas X, um para cada *qubit* de controle [**1**]. Além disso, a aplicação de Uf sobre o estado $|-\rangle$ não altera o segundo registrador, [1]. Na sequência, o

[1]raissateixeir4@gmail.com
[2]clarice.albuquerque@ufca.edu.br
[3]analisse.magalhaes@aluno.ufca.edu.br

algoritmo amplifica a amplitude do elemento i_0 aplicando o operador $2\,|\psi\rangle\,\langle\psi| - I$ sobre o primeiro registrador, [2]. As portas que compõem esse operador podem ser observadas na Figura 2.

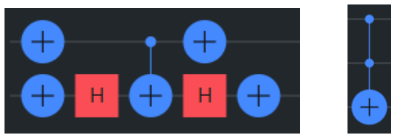

Figura 2: Circuito dos operadores $2\,|\psi\rangle\,\langle\psi| - I$ e Uf, respectivamente. Fonte: Autores.

A composição dos operadores U_f e $2\,|\psi\rangle\,\langle\psi| - I$ recebe o nome de operador de Grover G [1]:

$$G = ((2\,|\psi\rangle\,\langle\psi| - I) \otimes I)\,U_f. \tag{1}$$

Ao final do circuito da Figura 1, obtemos o estado $i_0 = 11$ com probabilidade de 89.26%, conforme a Figura 3.

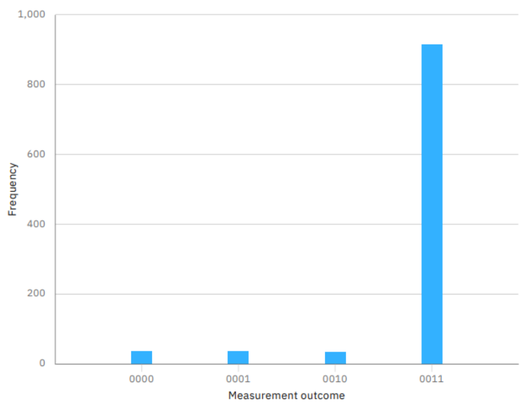

Figura 3: Histograma para o registrador "c". Fonte: Autores.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Cariri e ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica.

Referências

[1] R. Portugal, C. C. Lavor, L. M. Carvalho e N. Maculan. **Uma Introdução à Computação Quântica**. 2a. ed. Vol. 8. Notas em Matemática Aplicada. São Carlos, SP: SBMAC, 2012. ISBN: 978-85-86883-61-3.

[2] L. A. Vieira e C. D. Albuquerque. “Um estudo passo a passo dos algoritmos de Grover e Shor”. Em: **Revista Eletrônica Paulista de Matemática** 19 (2020), pp. 1–20. DOI: 10.21167/cqdvol19ic201023169664lavcda0120.

