

Solução Quântica para 3-SAT com Grover: Uma abordagem prática e amigável

Ricardo G. M. S. Ruiz, Gabriel A. R. Gomes
Prof. Dr. Calebe de Paula Bianchini

Motivação e Objetivo

O constante avanço da computação e a crescente demanda por soluções mais eficientes têm conduzido a um cenário de busca contínua por algoritmos que otimizem a resolução de problemas complexos. No entanto, o advento da computação quântica promete revolucionar a forma como essas questões são abordadas, oferecendo um novo paradigma de processamento que pode superar as limitações dos algoritmos clássicos em determinados contextos e superar o limite físico apresentado nos computadores convencionais. Enquanto a computação clássica utiliza *bits* que podem estar em estados 0 ou 1, a computação quântica utiliza *qubits* que podem existir em estados de sobreposição, representando simultaneamente 0 e 1. Essa capacidade de processamento paralelo quântico é o que confere à computação quântica sua notável vantagem em certos tipos de cálculos. 3-SAT é um desafio importante na Ciência da Computação que é difícil de resolver, mas a computação quântica, especialmente o algoritmo de Grover, pode oferecer uma solução mais eficiente.

Metodologia

Inicialmente, foi feito um estudo inicial sobre o modelo de computação quântica. Em seguida, para tratar do problema proposto neste trabalho, aprofundou-se na construção de circuitos quânticos, conforme descrito em [Silva 2018]. Em conjunto com o entendimento da biblioteca Qiskit, foram feitos experimentos para um melhor entendimento daqueles circuitos. O operador de Grover também foi estudado com profundidade, conforme apresentado em [Gambieri and Bianchini 2022]. Para tratar do problema 3SAT, foram analisados a viabilidade de implementar um oráculo representando uma expressão lógica, seguido pela aplicação do operador de Grover, conforme descrito em [Portilheiro 2018]. Por fim, foi construído uma versão inicial do circuito quântico, que é validado a partir de uma expressão clássica de 3SAT.

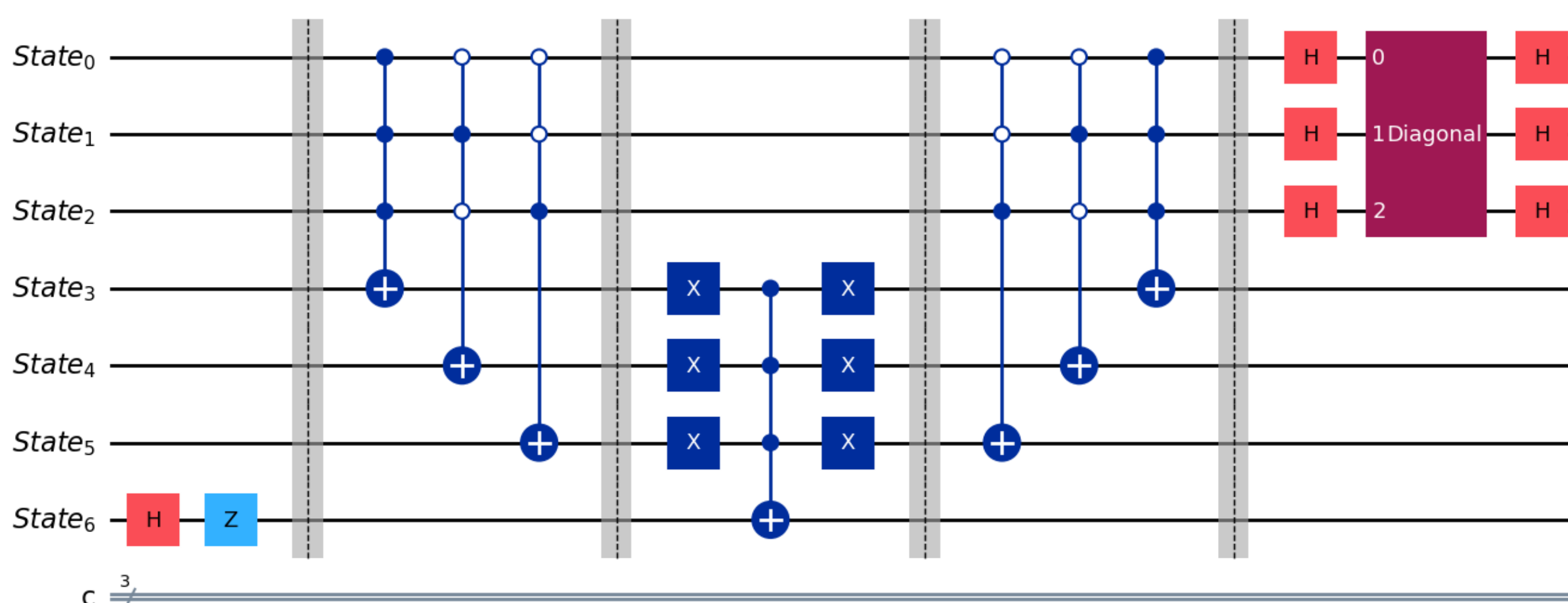


Figura 1: Circuito quântico para expressão 3-SAT.

Foi implementado um oráculo que representa a expressão lógica, em combinação com o operador de Grover, Onde foi escolhido a seguinte fórmula lógica em FNC - Forma normal Conjuntiva para ser utilizada como entrada para o oráculo: $(\neg A \vee \neg B \vee \neg C) \wedge (A \vee \neg B \vee C) \wedge (A \vee B \vee \neg C)$. Dito isso, em conjunto com o estudo explicado em [Portilheiro 2018], foi criado um circuito quântico que representa tal expressão lógica, conforme apresenta a Figura 1.

Neste circuito também foi utilizado o operador de Grover, derivado de [Gambieri e Bianchini 2002], seguido de uma porta Hadamard para cada *qubit*.

Executando o circuito obtido, conseguimos obter a probabilidade dos valores de entrada de C,B,A, respectivamente que resultam nas entradas que resultam na não satisfabilidade do circuito, e, portanto, as demais probabilidades de menor valor, resultam nos valores que representam a satisfabilidade, conforme apresenta a Figura 2.

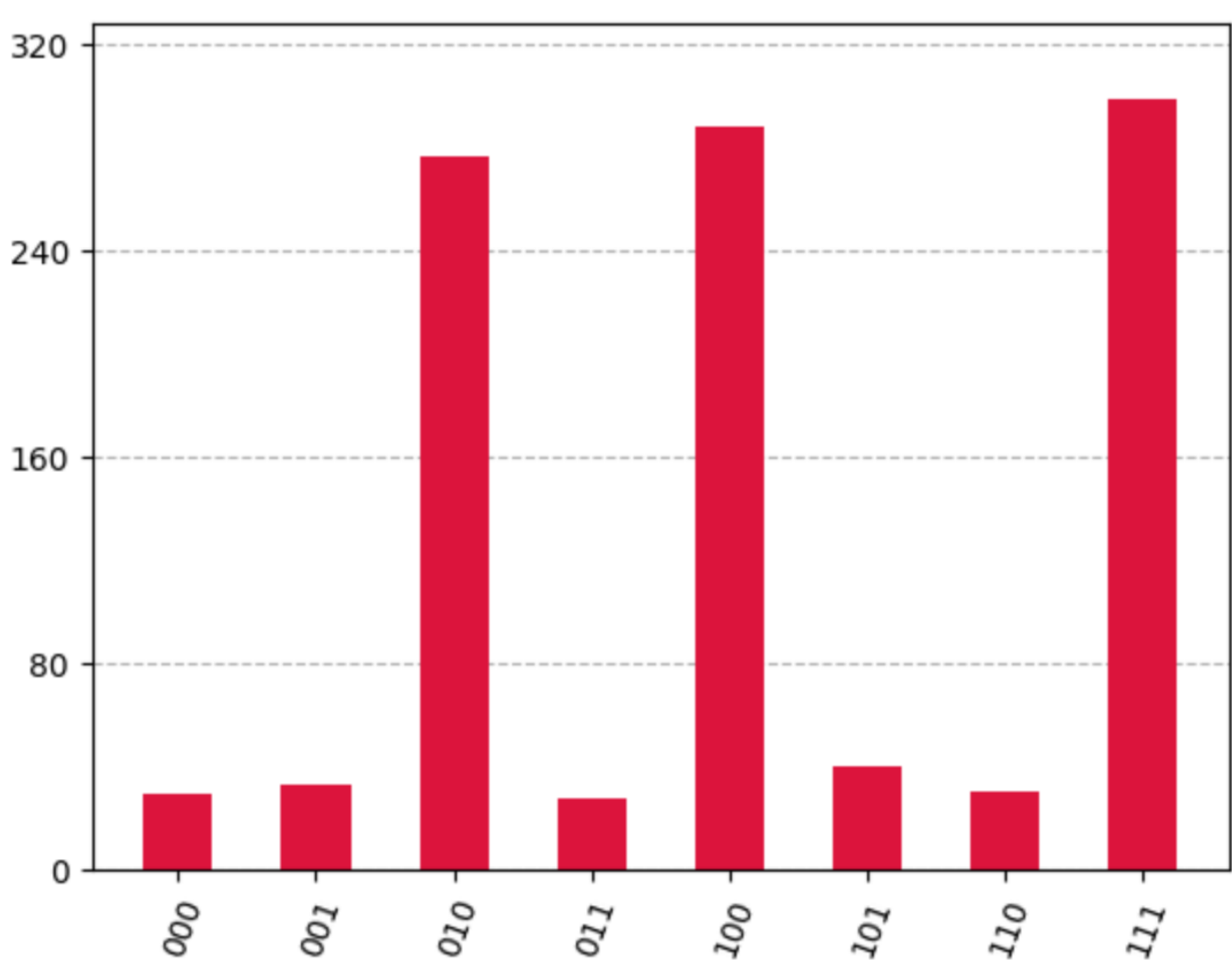


Figura 2: Histograma de resolução do problema 3-sat.

Conclusões

Os resultados obtidos até agora reforçam o papel promissor da computação quântica na resolução de problemas clássicos da computação. A característica não determinística da computação quântica nos permite obter resultados de várias maneiras. Especificamente, o algoritmo de Grover provou ser uma ferramenta versátil para lidar com o problema 3-SAT. Este trabalho apresentou uma abordagem prática para a implementação do algoritmo de Grover, demonstrando sua aplicabilidade e eficácia.

Referências

Gambieri, G. P. and Bianchini, C. D. P. (2022). Estudo de algoritmos quânticos e suas implementações.
Portilheiro V. (2018). Applying Grover's Algorithm to Unique-k-SAT.