

## APLICAÇÃO DE ALGORITMOS QUÂNTICOS EM PROBLEMAS DE SELEÇÃO DE PROJETOS

### ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura

Anna Luisa Ferreira Costa - [anna.l.costa@ufv.br](mailto:anna.l.costa@ufv.br)  
Alan Gabriel Martins Silva - [alan.g.silva@ufv.br](mailto:alan.g.silva@ufv.br)  
Leonardo Antônio Mendes de Souza (Orientador)

### Categoria: Pesquisa

Marcus Henrique Soares Mendes (Co-orientador)  
Romeu Rossi Júnior (Co-orientador)  
José Augusto Miranda Nacif (Co-orientador)

### Introdução

As primeiras concepções teóricas da computação quântica surgiram no início da década de 1980, ao propor um modelo computacional baseado em princípios da mecânica quântica, como superposição e emaranhamento. Utilizando qubits, os sistemas quânticos podem manipular múltiplos estados simultaneamente, oferecendo um potencial para resolver certas classes de problemas com mais eficiência. Entre esses desafios, destacam-se os problemas NP-difíceis, como o problema de Seleção de Projetos, no qual, o intuito é maximizar o retorno financeiro de cinco projetos, os quais estão sob avaliação para uma projeção de três anos. Além desses aspectos, os projetos em questão estão restringidos por um orçamento fixo para cada ano.

### Objetivos

Os objetivos propostos, envolvem a resolução do Problema de Seleção de Projetos através de diferentes algoritmos quânticos aproximados, como o Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA) e o Quantum Alternating Operator Ansatz (QAOAnsatz), com o intuito de analisá-los. Para alcançar tal objetivo, modela-se o problema em uma função do formato QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization), que basicamente consiste em minimizar uma função quadrática com variáveis binárias (0 ou 1), sem restrições:

$$H_C = -z + P(\mathbf{x}) = -\sum_{j=1}^5 w_j x_j + \alpha \sum_{i=1}^3 \left( \sum_{j=1}^5 a_{ij} x_j - b_i \right)^2 \quad (1)$$

### Material e Métodos ou Metodologia

O problema de Seleção de Projetos com restrições foi reformulado na forma QUBO e resolvido por meio dos algoritmos aproximados QAOA e QAOAnsatz. As implementações foram realizadas no ambiente IBM Quantum, utilizando a biblioteca Qiskit, com o objetivo de comparar o desempenho e a qualidade das soluções obtidas.

### Apoio Financeiro



### Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

O algoritmo QAOA mostrou-se ineficiente para a resolução de problemas com restrições rígidas. Apesar de apresentar o valor ótimo como uma das soluções possíveis, o algoritmo também retornou estados que violam as restrições, ou seja, estados ineficazes.

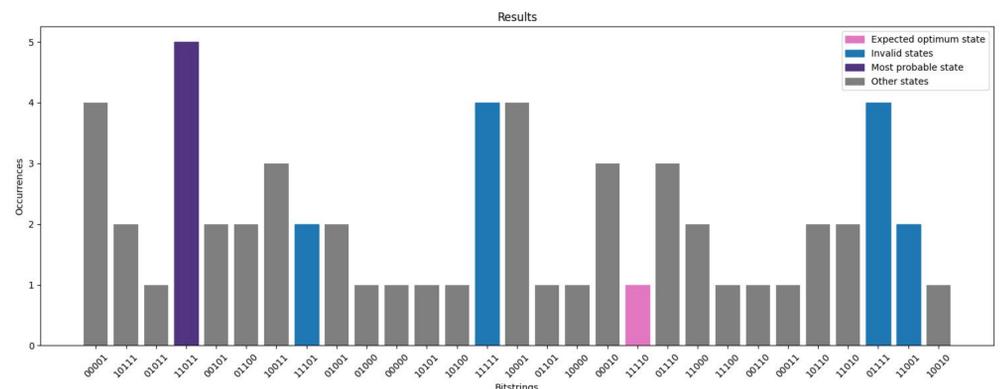


Figura 1: Resultado da aplicação do QAOA para o Hamiltoniano de custo [1], retornando uma baixa probabilidade para o resultado ótimo.

### Conclusões

Os resultados obtidos indicam que a utilização do QAOA com penalidades suaves não foi suficiente para garantir soluções factíveis, revelando limitações na aplicação direta do algoritmo a problemas com restrições rígidas. Dessa forma, torna-se necessário explorar variações do QAOA, como o *Quantum Alternating Operator Ansatz (QAOA-Ansatz)*, além de investigar estratégias baseadas em penalidades mais rígidas, de modo a aumentar a eficiência e a viabilidade das soluções.

### Bibliografia

- TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8. ed. [S.l.]: Pearson Universitária, 2008.
- GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2005.
- COMBARRO, E. F.; GONZÁLEZ-CASTILLO, S. **A Practical Guide to Quantum Machine Learning and Quantum Optimization: Hands-on Approach to Modern Quantum Algorithms**. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2023. Foreword by Alberto Di Meglio. ISBN 978-1-80461-383-2.
- Hadfield, S., Wang, Z., O’Gorman, B., Rieffel, E. G., Venturelli, D., & Biswas, R. (2019). **From the Quantum Approximate Optimization Algorithm to a Quantum Alternating Operator Ansatz**. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1709.03489>