

**Título:** Meta-heurísticas híbridas para otimização de gas-lift em redes de poços na maximização da produção de óleo.

**Resumo:** Quando a energia natural de um reservatório não é capaz de elevar o fluido até a superfície do poço, uma técnica de elevação artificial pode ser aplicada. Gas lift é uma destas técnicas. Uma fonte externa é usada para suplementar a formação de gás de modo a elevar o fluido no poço. O gás é injetado na tubulação reduzindo a densidade dos fluidos que são elevados devido à expansão do gás e a diminuição da pressão hidrostática da coluna de fluido. A quantidade de gás injetada não pode ser excessiva, sob pena de aumentar a pressão por atrito e, conseqüentemente, diminuir a pressão hidrostática. Determinar a quantidade ótima de gás a ser injetado em uma rede de poços produtivos é um problema de otimização investigado por diversos pesquisadores. Segundo Rasouli et al. (2015), muitas companhias ainda fazem uso do tradicional método de gradiente para alocar gás em poços de uma rede e maximizar a produção média de óleo. Com o desenvolvimento de sistemas em tempo real, a alocação de gás pode ser programada de acordo com as condições de operação. Uma vez lidas as variáveis de controle, o sistema pode ser otimizado de tempos em tempos ao longo de sua operação. Outra abordagem é a previsão do comportamento do reservatório. Benter (2014) apresentou uma metodologia para analisar tal comportamento durante a produção. Após tal previsão, pode-se proceder a etapa de otimização da alocação de gás. Em ambos os casos, algoritmos de otimização são aplicados, sejam eles segundo abordagens exatas ou heurísticas. Devido à complexidade do problema, as abordagens heurísticas são preferidas, uma vez que são capazes de produzir soluções de alta qualidade em tempos de processamento aceitáveis. O ponto de partida para a investigação da injeção de gás para melhoria da produção de óleo foi o trabalho de Mayhill (1974) que propôs a curva de desempenho de injeção de gás. A partir de então, diversas abordagens para otimização foram apresentadas, muitas das quais utilizando as chamadas técnicas meta-heurísticas para o desenvolvimento de algoritmos heurísticos. Meta-heurísticas são técnicas de alto nível que guiam o projeto de algoritmos heurísticos capazes de realizar buscas e encontrar soluções para problemas complexos. Dentre as abordagens apresentadas para o problema do gas-lift, encontram-se algoritmos de busca local (Wang and Litvak, 2008), evolucionários (Ray and Sarker, 2007; Zerafat et al., 2009; Singh et al., 2013; Mahdiani e Khamehchi, 2015), nuvem de partículas (Hamedi et al., 2011), colônia de formigas (Ghaedi et al., 2014) distribuição de estimacão (Miresmaeili et al., 2015), ciclo da água (Namdar e Shahmihammadi, 2019), e redes neurais (Tavakoli et al., 2017), Miresmaeili et al., 2019). Pesquisadores de técnicas heurísticas também investigam a combinação de diferentes meta-heurísticas para o desenvolvimento de algoritmos híbridos. Com tal abordagem, tem-se como objetivo compensar possíveis fragilidades de uma técnica com o potencial de outra. No caso do problema investigado neste projeto, uma abordagem recente nesta área foi apresentada por Rasouli et al. (2015) que introduziram um algoritmo genético hibridizado com um modelo de programação matemática surrogate. Entretanto, algoritmos híbridos para o problema do gas lift ainda são pouco explorados. Este projeto tem como objetivo principal desenvolver abordagens através de meta-heurísticas híbridas para o problema de injeção de gás em redes de poços. As hibridizações serão implementadas na plataforma AMHM (Arquitetura Multiagentes para Hibridização de Meta-heurísticas). A AMHM faz uso dos conceitos de Sistemas Multiagentes e é inspirada na Otimização por Nuvem de Partículas. Na modelagem da AMHM, agentes autônomos munidos de memória, métodos de decisão e de aprendizagem, realizam a hibridização de meta-heurísticas para encontrar soluções de alta

qualidade para problemas de otimização. A AMHM foi aplicada com sucesso a diversos problemas de otimização mono e multiobjetivo (Souza et al. 2013, 2018; Fernandes et al., 2020). As técnicas desenvolvidas serão comparadas às existentes na literatura.

**Objetivo geral:** Implementar algoritmos meta-heurísticos para a otimização de alocação de gás para produção de óleo.

**Objetivos específicos:**

- Modelar o problema da otimização de alocação de gás para produção de óleo.
- Desenvolver algoritmos meta-heurísticos para o problema da alocação de gás para produção de óleo.
- Produzir uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

**Atividades:**

- **Atividade 1:** cursar disciplinas do projeto PRH-ANP42:
  - GEO0042 Elementos de Geologia;
  - DIM0097 Tópicos Especiais em Computação VIII;
  - DIM0333 Elementos de Pesquisa Operacional Aplicados à Indústria do Petróleo;
  - DIM0335 Aplicações de Grafos à Exploração e Distribuição do Petróleo;
  - DIM0448 Qualidade de Software;
  - DIM0502 Programação Distribuída.
- **Atividade 2:** Pesquisa bibliográfica e conceituação teórica.
- **Atividade 3:** Modelagem do problema.
- **Atividade 4:** Projeto, implementação e teste dos algoritmos.
- **Atividade 5:** Realização de experimentos computacionais.
- **Atividade 6:** Análise dos experimentos.
- **Atividade 7:** Preparação de relatório técnico ou artigo a ser submetido a evento da área.
- **Atividade 8:** Escrita da monografia.
- **Atividade 9:** Defesa da monografia.

## Cronograma

2020.1

Atividade	ago	set	out	nov	dez
1: Cursar disciplinas	X	X	X	X	X
2: Pesquisa bibliográfica e conceituação teórica	X	X	X	X	X
3: Modelagem do problema				X	X
4: Projeto, implementação e teste dos algoritmos					
5: Realização de experimentos computacionais					
6: Análise dos experimentos					
7: Preparação de relatório técnico ou artigo					
8: Escrita da monografia					
9: Defesa da monografia					

2020.2

Atividade	jan	fev	mar	abr	mai	jun
1: Cursar disciplinas	X	X	X	X	X	X
2: Pesquisa bibliográfica e conceituação teórica	X	X	X			
3: Modelagem do problema	X	X	X	X	X	X
4: Projeto, implementação e teste dos algoritmos					X	X
5: Realização de experimentos computacionais						
6: Análise dos experimentos						
7: Preparação de relatório técnico ou artigo						X
8: Escrita da monografia						
9: Defesa da monografia						

2021.1

Atividade	jul	ago	set	out	nov	dez
1: Cursar disciplinas	X	X	X	X	X	X
2: Pesquisa bibliográfica e conceituação teórica	X	X	X			
3: Modelagem do problema						
4: Projeto, implementação e teste dos algoritmos	X	X	X	X	X	X
5: Realização de experimentos computacionais				X	X	X
6: Análise dos experimentos						X
7: Preparação de relatório técnico ou artigo						
8: Escrita da monografia						
9: Defesa da monografia						

2021.2

Atividade	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
1: Cursar disciplinas	X	X	X	X	X	X	X
2: Pesquisa bibliográfica e conceituação teórica	X	X					
3: Modelagem do problema							
4: Projeto, implementação e teste dos algoritmos	X	X	X	X			
5: Realização de experimentos computacionais	X	X	X	X			
6: Análise dos experimentos	X	X	X	X	X		
7: Preparação de relatório técnico ou artigo					X	X	
8: Escrita da monografia			X	X	X	X	
9: Defesa da monografia							X

## Referências:

Benther, A. D. (2014) Análise do Comportamento das Curvas de Pressão Requerida na Produção de Poços de Petróleo, Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Fernandes, I. F. C., Silva, I. R. M., Goldbarg, E.F.G., Maia, S.M.D.M., Goldbarg, M. C. (2020). A PSO-inspired architecture to hybridise multi-objective metaheuristics. *Memetic Computing*, 2020. Aceito para publicação. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12293-020-00307-4>

Ghaedi M, Ghotbi C, Aminshahidy B (2014) The optimization of gas allocation to a group of wells in a gas lift using an efficient ant colony algorithm (ACO). *Energy Sources Part A Recovery Util Environ Effects* 36(11):1234–1248. <https://doi.org/10.1080/15567036.2010.536829>

Hamedi H, Rashidi F, Khamehchi E (2011) A novel approach to the gas-lift allocation optimization problem. *Petroleum Science and Technology* 29(4):418–427. <https://doi.org/10.1080/10916460903394110>

Mahdiani MR, Khamehchi E (2015) Stabilizing gas lift optimization with different amounts of available lift gas. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 26(1):18–27. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2015.05.020>

Mayhill, T. D. 1974. Simplified method for gas lift well problem identification and diagnosis. In *SPE 49th Annual Fall Meeting*, October 6–9, Houston, Texas, USA.

Miresmaeili, S. O. H., Pourafshary, P., & Farahani, F. J. (2015). A novel multi-objective estimation of distribution algorithm for solving gas lift allocation problem. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 23:272-280.

Miresmaeili SOH, Zoveidavianpoor M, Jalilavi M, Gerami S, Rajabi A (2019) An improved optimization method in gas allocation for continuous flow gas-lift system. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 172(1): 819–830. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.08.076>

Namdar and Shahmohammadi (2019), Developing an improved approach to solving a new gas lift optimization problem, *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* 9: 2965–2978

Rasouli, H., Rashidi, F., Karimi, B., & Khamehchi, E. (2015). A surrogate integrated production modeling approach to long-term gas-lift allocation optimization. *Chemical Engineering Communications*, 202(5): 647-654.

Ray, T., Sarker, R., 2007. Genetic algorithm for solving a gas lift optimization problem. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 59: 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2007.03.004>.

Singh, M., Panigrahi, B.K., Abhyankar, A.R., 2013. Optimal coordination of directional over-current relays using Teaching Learning-Based Optimization (TLBO) algorithm. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 50: 33–41.

Souza, G.R. (2013) *Arquitetura Multiagentes baseada em Nuvem de Partículas para Híbridação de Meta-heurísticas*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Souza, G.R., Goldberg, E. F. G., Canuto, A. M. P., Goldberg, M. C.; Ramos, I. C. O. (2018). A PSO-based Multiagent Architecture for Hybridisation of Metaheuristics In: *Swarm Intelligence Volume 1: Principles, current algorithms and methods*.1 ed. Stevenage, UK: Institution of Engineering and Technology, v.1, 238-264

Tavakoli R, Daryasafar A, Keyhani M, Behjoomanesh M (2017) Optimization of gas lift allocation using different models. *Recent Advances of Petrochemical Science* 1(2):555559. <https://doi.org/10.19080/RAPSCI.2017.01.555559>

Wang, P., Litvak, M., 2008. Gas lift optimization for long-term reservoir simulations. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition* 11, 147e153. <http://dx.doi.org/10.2118/90506-PA>.

Zerafat, M.M., Ayatollahi, S., Roosta, A.A., 2009. Genetic algorithms and ant Colony approach for Gas-lift allocation optimization. *Journal of the Japan Petroleum Institute* 52, 102e107. <http://dx.doi.org/10.1627/jpi.52.102>.