

## SISTEMA DE OTIMIZAÇÃO DE ALÍVIO DE PLATAFORMAS

**Filipe Ferreira Mazzini ([filipemazzini@petrobras.com.br](mailto:filipemazzini@petrobras.com.br))**  
**Fernando Lourenço Pinho Costa ([fernando.pinho@petrobras.com.br](mailto:fernando.pinho@petrobras.com.br))**  
**Mayron Rodrigues de Almeida ([mra@petrobras.com.br](mailto:mra@petrobras.com.br))**

Petrobras

Avenida Nilo Peçanha, 151 – 7º andar – CEP 20020-100 – Rio de Janeiro/RJ

### RESUMO ESTENDIDO

A atividade de suprimento de petróleo é responsável pela movimentação marítima de todo óleo cru da Petrobras. Essa movimentação inclui além do transporte de cabotagem na costa brasileira a importação e exportação de óleo. Os principais objetivos da atividade consistem em garantir a continuidade da produção de óleo nacional através da alocação de navios para alívio das plataformas de produção *offshore* e em garantir a continuidade do processamento de petróleo nas refinarias a partir do suprimento de óleo na quantidade e qualidade planejadas.

O processo de programação do alívio de plataformas consiste em definir o navio que irá realizar o alívio, a data, o volume e o terminal de destino onde o óleo será entregue. A principal restrição deste problema é evitar o TOP nas plataformas, ou seja, evitar que o estoque de óleo atinja a capacidade máxima de estocagem da plataforma causando a interrupção da produção. A programação do alívio deve também seguir o plano de alocação de petróleos da empresa que define em base mensal a quantidade de cada petróleo que deve ser alocada para cada refinaria. A execução do plano de alocação é o que garante o suprimento de petróleo para as refinarias evitando interrupção no processamento.

Nesta atividade estão envolvidas cerca de 30 plataformas, 45 navios, 7 terminais e um volume total de alívio na casa dos 10MM m<sup>3</sup> de óleo por mês. As características de cada plataforma relevantes para o problema são: o óleo produzido, o volume de produção, a capacidade de estocagem, o nível de estoque de segurança, o lote mínimo e típico de alívio, a vazão de descarga e suas coordenadas geográficas. Os navios têm como principais características a capacidade de transporte, o consumo de combustível, vazão de descarga e sua posição inicial. Os navios podem ser convencionais ou de posicionamento dinâmico. Os navios de posicionamento dinâmico podem ancorar em qualquer plataforma, já os convencionais têm restrições de ancoragem em algumas plataformas. Entre as características dos terminais as mais relevantes são as coordenadas geográficas, o horário de funcionamento, o número de berços, tempo de atracação e as refinarias atendidas pelos terminais.

Este problema é classificado na literatura como um problema de sequenciamento e roteirização com gestão de estoque. Não existem muitas publicações tratando deste problema. Marielle Christiansen é a pesquisadora que mais contribuições têm dado nesta área. No artigo "*Decomposition of a Combined Inventory and Time Constrained Ship Routing Problem*" ela apresenta um problema muito similar ao problema de alívio de plataformas. Trata-se do planejamento de transporte de amônia da Norsk Hydro ASA. Para resolver o problema, Christiansen propõe um modelo de fluxo em redes e utiliza a decomposição de Dantzig-Wolfe como técnica de solução.

O objetivo do trabalho é realizar a programação da frota de navio aliviadores para um horizonte de 30 dias que, além de manter a produção das plataformas e o processamento das refinarias, forneça o menor custo logístico de operação. Dado que a frota é toda própria ou contratada por tempo, o custo é dado basicamente pelo consumo de combustível dos navios. São penalizados na função objetivo o custo

de sobreestadia dos navios nos terminais quando têm de aguardar espaço nos berços e o desvio entre o planejado na alocação e realizado pela programação.

Neste trabalho o problema é modelado e resolvido utilizando-se a técnica de algoritmos genéticos. O esquema de representação é indireto, sendo cada cromossomo representado por dois segmentos baseado em ordem. O primeiro segmento representa uma ordem para a frota de navios e o segundo uma ordem para as operações. Uma operação é definida por uma tupla plataforma-terminal e é criada quando há alocação de óleo para esta tupla. O processo de decodificação se inicia com a seleção de um navio. Após selecionado o navio, seleciona-se uma operação. São feitas as seguintes verificações: se o navio pode ancorar na plataforma; se o navio pode chegar até a plataforma antes da data de TOP; se a capacidade do navio é maior ou igual ao lote típico da plataforma. Definidos o volume e a data do alívio o modelo procura por uma janela de tempo em um dos berços do terminal para fazer a entrega do óleo. A tupla plataforma-terminal, o navio, as datas e o volume definem a programação. Esta é inserida na lista do navio, da plataforma e do terminal. Ao final da decodificação estas listas representam a solução do problema.

O algoritmo foi implementado em C# utilizando a biblioteca de algoritmos genéticos GenOpt que foi desenvolvida dentro da empresa. O tempo médio de otimização é inferior a 10min e as soluções encontradas estão sendo bem avaliadas pelos usuários. Como esperado, não é possível atestar a otimalidade da solução por se tratar de uma metaheurística.

**PALAVRAS CHAVE. Sequenciamento, Roteirização, Estoque, Programação, Navio, Algoritmos Genéticos.**

#### Referências

**Christiansen, M.** Decomposition of a Combined Inventory and Time Constrained Ship Routing Problem. *Transportation Science*, Vol 33, No 1, Fevereiro de 1999.

**Christiansen, M. and Nygreen, B.** A method for solving ship routing problems with inventory constraints. *Annals of Operations Research*, 81, 1998.

**Christiansen, M et al.** Maritime inventory routing with multiple products: A case study from the cement industry. *European Journal of Operational Research*, 208, 2011.

**Siswanto, N., Essam, D., Sarker, R.** Solving the ship inventory routing and scheduling problem with undedicated compartments. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 2011