



MODELO PARA REDUÇÃO DO CUSTO DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL PELAS EMBARCAÇÕES DE SUPRIMENTO DE ÓLEO.

Área temática: Logística

Mauro Rezende Filho
rezende_m@yahoo.com.br

Lúcia Ghizoni Pereira Silva
lughizoni@gmail.com

Tassiane Kolusso Palaoro
tassipalaoro@gmail.com

Wudson Anthony Neres
wudson.neres@sociesc.org.br

Resumo: *Este trabalho apresenta uma proposta de modelagem matemática para a melhoria nas operações de abastecimento de diesel para as plataformas offshore. É apresentada a caracterização e análise da forma pela qual uma ordem de reabastecimento é realizada atualmente. O entendimento do caso estudado aponta para uma melhoria na logística de abastecimento, com uma queda dos custos logísticos, e consequente melhoria do nível de serviço. Como resultado, a proposta apresentada contribui com a melhoria operacional e viabiliza avanços futuros em direção a um modelo de sequenciamento do abastecimento de plataformas de exploração de petróleo. O foco do trabalho dar-se-á nas plataformas do campo Marlim, por ser o campo mais distante entre os demais da Bacia de Campos. Neste contexto, busca-se encontrar o equilíbrio entre custo de despacho e nível de serviço. A proposta consiste na construção de cenários com o objetivo traçar o comportamento atual e proposto quanto ao consumo de diesel e necessidade de abastecimento, em um período de 30 dias.*

Palavras Chaves: *Logística, otimização e nível de serviço.*



1. Introdução

Este trabalho aborda o problema de apoio marítimo nas operações de suprimento de unidades marítimas (plataformas de exploração, plataformas de produção e embarcações especiais) a serviço de uma empresa de exploração de petróleo. As atividades de exploração e produção offshore de petróleo e gás demandam uma estrutura logística complexa visando o suprimento de alimentação, água, cargas em geral (peças de reposição, equipamentos, tubos, etc.), óleo diesel e outros. O apoio marítimo se configura em um elo importante na cadeia logística que garante o nível de serviço desejado nas operações de suprimento. O atendimento a demanda de produtos das plataformas é realizado principalmente por embarcações do tipo PSV (Platform Supply Vessel) sob responsabilidade da unidade de serviços de transporte e armazenamento da área de exploração e produção.

Este artigo tem por objetivo propor um modelo de otimização do despacho de diesel para plataformas offshore. O despacho ocorre sob a condição de *VMI – Vendor Management Inventory* (Chen et al., 2005). A motivação surgiu a partir da necessidade de se reduzir o número de embarcações de transporte de diesel nas operações de abastecimento das plataformas de uma bacia de exploração com uma geografia semelhante a Bacia de Campos, podendo ser uma base para a futura exploração do pré-sal. A escolha da região dá-se pela sua importância operacional, já que é responsável por grande parte da exploração de petróleo no Brasil.

O foco do trabalho dar-se-á nas plataformas do campo semelhante ao de Marlim, por ser o campo mais distante entre os demais da Bacia de Campos. Neste contexto, busca-se encontrar o equilíbrio entre custo de despacho e nível de serviço. Devido ao avanço no Brasil para áreas cada vez mais distantes e profundas, teve início a construção de embarcações supridoras detentoras de maiores dimensões e capacidades, incluindo o aumento da potência motora, face ao maior deslocamento destas, objetivando dotá-las das características necessárias para vencer as péssimas condições climáticas de modo a garantir o cumprimento da missão de abastecimento.



2. Logística de Apoio Marítimo para Plataformas Offshore

O responsável pelo despacho de diesel para as plataformas recebe diariamente e-mails dos gerentes de cada plataforma contendo o nível atual de seus estoques de diesel. Portanto o despachante tem o controle diário da situação de cada plataforma em relação a sua necessidade e consumo, o que possibilita ao mesmo, programar quando e quanto será despachado e quem será atendido. Em caso de despachos muito frequentes o nível de serviço é garantido, porém o custo é elevado, enquanto que, reduzindo o número de despachos, o custo é menor, entretanto com risco de parada da plataforma. Este risco é basicamente nulo, uma vez que a paralisação de uma plataforma por falta de diesel representa custos na ordem de milhões de dólares, muito superior aos custos de abastecimento.

Atualmente os despachos ocorrem de acordo com a demanda, ou seja, havendo demanda por parte de quaisquer plataformas, há despacho, não importando o custo, assim como a quantidade de plataformas a ser abastecida, e da quantidade de despachos gerada ao longo do período. Os e-mails recebidos diariamente chegam ao despachante à noite para então serem analisados por volta das 7:00 horas do dia seguinte. A programação de despachos é liberada no mesmo dia às 22:00 horas para serem executados no próximo dia. O tempo entre o recebimento do e-mail e a entrega do diesel à plataforma leva em média 72 horas, podendo ser reduzido mediante previsão do tempo para operação. Os despachos ocorrem de forma que o supply abasteça inicialmente a plataforma em ponto de ressuprimento e as repondo o estoque máximo até a carga do supply ser entregue (Aleotti & Qassim, 1999).

A proposta aqui apresentada é que além da unidade que solicitou reabastecimento, todas as demais com espaço disponível deverão ser abastecidas, mesmo sem ter atingido seu ROP (Reorder Point). O ROP representa um valor mínimo em função de um estoque de segurança que não pode ser consumido, exceto em casos de emergência (atrasos de recarga por mau tempo, falhas operacionais, etc). Um supply atual tem capacidade de 1.394 ton de óleo diesel. (Da Silveira, 2013).

ESTOQUE MÍNIMO TEÓRICO - ROP (ton) = 1,20 DO ESTOQUE DE SEGURANÇA

Os supllies são fretados por tempo (prazo), logo o custo de despacho é fixo. O custo de viagem não é levado em conta para o pagamento do aluguel. Já o custo de abastecer cada plataforma é medido por equipamentos chamados de oleômetros existentes nas plataformas para medição da quantidade de óleo descarregado e desta forma se obter o custo de abastecimento por ponto de demanda. Este abastecimento é controlado através da medição dos tanques dos supllies, utilizando uma tabela interna de alturas. A partir da quantidade recebida o custo é lançado para a plataforma (Suzano at All, 2013).

A transferência de diesel por plataformas não é praticada na Bacia de Campos, ou seja, não há lateralização entre os pontos de demanda. Logo, a transferência de diesel de uma plataforma para outra não é praticada. A Tabela 1 apresenta as características das plataformas:

Tabela 1 – Características das plataformas

| | PLATAFORM | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 |
| Minimum stock | 250 | 200 | 400 | 500 | 550 | 280 | 400 | 350 | 300 |
| Maximum stock | 600 | 500 | 1000 | 1230 | 1100 | 750 | 900 | 800 | 650 |
| Daily consumption | 21 | 18 | 47 | 32 | 27 | 28 | 25 | 23 | 22 |
| ROP | 300 | 240 | 480 | 600 | 660 | 336 | 480 | 420 | 360 |

Fonte: Transpetro / E&P Service/Coordenação de Abastecimento

2.1. Parâmetros de operação dos PSV`s

Os PSV`s em função das demandas atuais necessárias para a operação na Bacia de em análise e no futuro ambiente do pré sal, devem ter as seguintes características (Murta, 2013):

- Deve estar disponível durante o dia inteiro, 355 dias/ano, com 10 dias de “offhire”;
- Faz a viagem de ida carregado, a fim de abastecer uma ou mais plataformas neste campo. Na volta, poderá lastrar ou não.



- A carga transportada no convés geralmente é composta de: a. Contêineres (de 10 a 20 pés); b. Tubulação para perfuração; c. Equipamentos gerais (sobressalentes tambores de óleo, lubrificantes, etc.);
- Opera 24 horas por dia.
- Capacidade de Carga (DWT): 4500 ton (Carga Útil);
- Velocidade de serviço: 27,78 km/h na ida e 36,08 km/h na volta;
- Cargas Transportadas: Óleo Combustível, Água Doce, Água de Perfuração, Lama Líquida, Óleo Base, Salmoura, Cimento, Equipamentos;
- Guindaste Próprio. Capacidade de levante dos guindastes: 20 toneladas (1 contêiner de 40 pés cheio);
- Vazão máxima de abastecimento: 120 m³/h ou 102 T/h

Figura 1 – Supply vessel



2. Estudo de Caso

A proposta é a construção de cenários com o objetivo traçar o comportamento atual e real de cada uma das plataformas do campo quanto as horas de operação e necessidade de abastecimento, em um período de 30 dias. Para construção destes cenários foi utilizada apenas uma embarcação a fim de obter uma melhor análise de resultados.

O cenário 1, representa o consumo de diesel de cada plataforma, assim como da embarcação e seus custos, a partir da situação real de operação e funcionamento atual do transporte de diesel na Bacia de Campos, ou seja, ao atender uma solicitação, a plataforma será atendida, assim como as demais até esgotar a carga do supply.

O cenário 2, representa o consumo de diesel de cada plataforma, assim como da embarcação e seus custos, a partir da situação proposta pelo artigo e fundamentada pelo modelo para operação e funcionamento do transporte de diesel na Bacia de Campos.

2.1. Cenário 1

A tabela 2 a seguir, nas condições atuais de fornecimento, um resumo da operação de abastecimento.

Tabela 2 – Total stocked by plataform

| DAY | TOTAL STOCKED | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 |
| 14 | | 42 | 658 | | | 392 | | | |
| 17 | 357 | 264 | | | | | | 97 | 374 |
| 20 | | | | 52 | 540 | | 500 | | |
| 23 | | | | 684 | | | | 408 | |
| 28 | | 42 | 658 | | | 392 | | | |

Observe que em função das características atuais, em 30 dias foram programados 5 despachos. Com base a estes resultados foi calculado o custo mensal da operação, apresentado na Tabela 3, a as horas de operação na Tabela 4.

Tabela 3 – Custo Mensal de abastecimento

| | US\$ |
|-------------------|------------------|
| Viagem | 14.662,59 |
| Entre plataformas | 184,33 |
| Abastecendo | 4.951,47 |
| Total | 19.798,39 |

Tabela 4 – Horas gastas mensais

| | Hours |
|-------------------|---------------|
| Viagem | 79,26 |
| Entre plataformas | 1,99 |
| Abastecendo | 53,53 |
| Total | 134,78 |

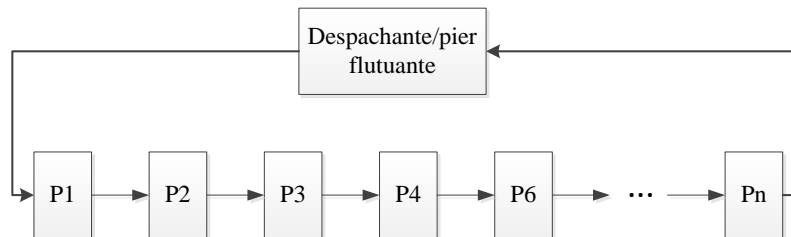
Portanto, em um despacho são gastas em torno de 28 horas entre viagem de ida e volta, abastecimento e translado entre plataformas. Como para o abastecimento do supply são gastas

em torno de 10 horas, perfazendo um total de 38 horas, para que não haja risco na queda do nível de serviço, serão necessárias duas embarcações, cada uma com capacidade de 1.300m^3 de óleo combustível. Uma embarcação afretada no Brasil recebe em média 26.000 US\$/dia para um contrato de 5 anos, e 20.000 US\$/dia para um contrato de 8 anos. Desta forma a empresa terá um custo de afretamento mensal de US\$ 1,5 milhões em contratos de 5 anos e US\$ 1,2 milhões em contratos de 8 anos

2.3. Cenário2

Representa o consumo de diesel de cada plataforma, assim como da embarcação e seus custos, de acordo com o seguinte esquema proposto apresentado na Figura 2:

Figura 2 - Escopo do fluxo de despacho de diesel proposto para as plataformas



Para tanto, é proposto um modelo de otimização, com a seguinte notação (input/output):

- q_p - quantidade consumida por plataforma ao dia(input)
- R_p - quantidade descarregada por plataforma no período (output)
- Sp_b - estoque durante o período b (input)
- Sp_{max} - estoque máximo (input)
- Sp_{min} - estoque mínimo prático (input)
- X_b - variável binária de despachos no período (output)
- Y_{pb} - variável binária de abastecimento de plataformas por despachos no período (output)
- Z_b - total de despachos no período(output)
- K_p - quantidade de plataformas abastecidas por despacho (output)



- $Ce0$ - consumo de diesel pela embarcação parada (input)
- Cen - consumo de diesel pela embarcação navegando (input)
- C_b - consumo de diesel pela embarcação por período (input)
- C_d - custo da tonelada do diesel (input)
- tap - tempo de abastecimento da plataforma (output)
- tfp - tempo de viagem (ida e volta) entre o base e plataformas (output)
- dfp - distância (ida e volta) entre base e plataformas (input)
- v - velocidade do oleeiro (input)
- we - vazão média de limite de abastecimento da plataforma pela embarcação (input)
- F - custo total de diesel consumido pela embarcação no período (output)
- C - Custo de diesel consumido pela embarcação por despacho (output)
- Ue - capacidade média da embarcação (input);
- b - índice determinante do período (tempo)
- p - índice referente às plataformas

Restrições ao modelo proposto:

- 1) se $S_{pb} = S_{pmin}$ então $X_b = 1$;
- 2) se $X_b = 1$ e $S_{pb} < S_{pmax}$ então $Y_{pb} = 1$;
- 3) $S_{pmin\ te\acute{o}rico} = K * S_{ps}$;
- 4) se $S_{pb} = S_{pmax}$ então $X_b = 0$ e $Y_{pb} = 0$;
- 5) se $X_b = 0$ então $Y_{pb} = 0$;
- 6) $tfp = dfp / v$;
- 7) $tap = R_p / we$;
- 8) $S_{pb} = S_{p(b-1)} - qp$;
- 9) $\sum_{p=1}^p (S_{pmax} - S_{pmin\ pr\acute{a}tico}) = R_p$
- 10) $\sum_{p=1}^p R_p \leq Ue$
- 11) $C_b = X_b \times \left\{ tfp \times Cen + \sum_{p=1}^p (tap \times Ce0) \right\}$
- 12) $F = C_d * C_b * Z_b$;
- 13) $\sum_{b=0}^b X_b \leq Z_b$
- 14) $K_p = Y_{pb} * \text{Número de plataformas abastecidas}$

Comentários ao modelo proposto:

- A restrição (1) garante que se o estoque observado de pelo menos uma plataforma for igual ao estoque mínimo prático, o despacho é automático e obrigatório, impondo a



condição do nível de serviço ser 100%, ou seja, nenhuma plataforma pode atingir o estoque de segurança.

- A restrição (2) garante que, em caso de despacho, todas as plataformas com espaço disponível em estoque para recarga, ainda que não tenham atingido seu ROP, serão abastecidas.
- A restrição (3) define o estoque mínimo como uma constante (fator de segurança) sobre o estoque de segurança.
- A restrição (4) determina que estando todas as plataformas, no momento observado, com nível de estoque máximo, não haverá despacho.
- A restrição (5) garante que não havendo despacho, não há conseqüentemente, abastecimento de plataformas.
- A restrição (6) define o tempo de viagem, da base (fixa ou flutuante) às plataformas (pontos de demanda), como a razão da distância entre eles e a velocidade do oleeiro no trajeto.
- A restrição (7) define o tempo de abastecimento em cada plataforma, como a razão da quantidade a ser descarregada, e a vazão limite de diesel pela embarcação. Esta vazão limite é determinada pelo “lingote”, ou mangueira, que conduz o diesel da embarcação até o ponto de demanda.
- A restrição (8) garante que o estoque atual observado em uma plataforma corresponde ao seu estoque anterior reduzido do seu consumo de diesel no mesmo período.
- A restrição (9) define a quantidade de diesel a ser descarregado na plataforma, como a diferença entre o estoque máximo e o estoque mínimo prático, ou seja, a quantidade a ser descarregada para elevar o estoque ao seu nível máximo.
- A restrição (10) garante que o somatório das quantidades a serem descarregadas em cada plataforma deve ser menor, ou igual à capacidade de diesel da embarcação responsável pelo transporte.
- A restrição (11) define o consumo de diesel pela embarcação por dia (despacho).
- A restrição (12) define o custo total de diesel consumido pela embarcação no período.
- A restrição (13) define a quantidade total de despachos no período como o somatório de cada despacho ocorrido no período.
- A restrição (14) define a quantidade de plataformas abastecidas por despacho como a multiplicação da variável binária que determina os despachos, pelo número de plataformas participantes em cada despacho.

Logo, a expressão a seguir, é a função objetivo do modelo:

$$\text{Min } C = \sum_{b=0}^b \sum_{p=1}^p C_b \times C_d$$

Ou seja, minimizar o custo de diesel por despacho, definido como sendo a quantidade de diesel consumida pela embarcação, por despacho e em transferência, multiplicado ao preço da tonelada do diesel.

A tabela 5 a seguir, apresenta o consumo de diesel de cada plataforma, assim como da embarcação e seus custos, a partir da situação proposta de operação. O supply deverá ter uma capacidade para 4.500 ton de óleo diesel. As Tabelas 6 e 7 apresentam os gastos de combustível e horas de operação.

Tabela 5 – Total stocked by plataform

| DAY | TOTAL STOCKED | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 |
| 14 | 294 | 252 | 658 | 448 | 378 | 392 | 350 | 322 | 308 |
| 28 | 294 | 252 | 658 | 448 | 378 | 392 | 350 | 322 | 308 |

Tabela 6 – Custo Mensal de abastecimento

| | US\$ |
|-------------------|----------|
| Viagem | 2.932,52 |
| Entre plataformas | 134,06 |
| Abastecendo | 5.637,06 |
| Total | 8.703,63 |

Tabela 7 – Horas gastas mensais

| | Horas |
|-------------------|-------|
| Viagem | 15,85 |
| Entre plataformas | 1,45 |
| Abastecendo | 60,94 |
| Total | 78,24 |

Pelos dados apresentados, podemos observar que a unidade que chama o atendimento é a plataforma P3, e que em função do modelo proposto, todas as demais são abastecidas para a reposição do seu estoque máximo, independente do valor do ROP. O tempo gasto em operação possibilita que este PSV atenda todas as plataformas do campo.

3. Conclusão

No cenário 2 as plataformas são abastecidas em sua totalidade sempre que uma delas entra em ponto de ressuprimento, minimizando desta forma o número de despachos ao longo do período e consequentemente os custos de combustível gerados pelos despachos.

A partir do proposto obtêm-se os seguintes resultados comparativos, resultando em uma economia para o armador de US\$ 11.032,76 mensais, a saber:

| | | |
|-------------------------|-----------|-------------|
| Cenário Atual (US\$) | 19.738,39 | 5 despachos |
| Cenário Proposto (US\$) | 8.703,63 | 2 despachos |
| Economia (30 DIAS) | 11.032,76 | |

A maior parte dos supplies são afretadas por tempo. Além disso, é comum a empresa afretar para operar por períodos renováveis. Para as taxas de frete, são considerados valores médios de embarcações PSV maiores do que 4500 DWT com características semelhantes (carga, posicionamento dinâmico, capacidade de combate a incêndio e recolhimento de óleo, guindaste de convés) afretadas por tempo, segundo armadores que prestam serviços para a empresa.

Pelo esquema atual, a empresa teria que locar pelo menos duas embarcações para atender as exigências de abastecimento do campo em análise. Pelo esquema proposto, uma embarcação atenderia as necessidades da empresa, gerando, portanto, uma economia mensal significativa para a empresa, anualmente entre US\$ 9 e US\$ 7 milhões, dependendo do tipo de contrato.

Este artigo apresentou uma metodologia para o dimensionamento da frota de embarcações do tipo PSV, procurando chegar ao número adequado de embarcações de apoio, com a finalidade de atender as necessidades de algumas plataformas offshore, levando-se em consideração, que o dimensionamento da frota se faz necessário, para suprimos uma demanda de combustível nas diversas plataformas. Um complemento interessante deste artigo seria expandi-lo para todas as plataformas dos demais campos de exploração na área.

4. Referências bibliográficas

1. Chen, F.Y; Wang, T; Xu, T.Z. Integrated Inventory Replenishment and Temporal Shipment Consolidation: A Comparison of Quantity-Based and Time-Based Models. Springer Science, Annal of Operational Research 135, 197-210, 2005.
2. Lee, C.Y. Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-Managed Inventory Systems – Sila Cetinkaya. Management Science. Vol:46, 2; ABI/INFORM Global, 2000.
3. Aletti, L.O; Qassim, R.Y. Minimum Cost Safety Stocks for Frequent Delivery Manufacturing. Internacional Journal of Production Economics.1999.
4. Da Silveira, M. Introdução ao Apoio Marítimo. Edição Eletrônica, 2013.
5. Suzano, M.A.; Murta, A.L.M. Uma metodologia para o dimensionamento de frota de embarcações de apoio PSV para atender uma dada demanda de suprimento de combustível, considerando algumas plataformas offshore. International Journal of Sustainable Business, Vol: 24, 2013.
6. Lee, C.Y; Cetinkaya, S. A comparison of outbound dispatch policies for integrated inventory and transportation decisions. European Journal of Operational Research. Pag 1094 – 1112, 2012.
7. Ferreira Filho, V.J.M; Mattos, J. R, Martins, R.M. Logística de Abastecimento de Óleo Diesel na Bacia de Campos – NT Maísa. Trabalho de Logística e Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados, 2012.