LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
Limeira–SP, 02 a 06 de setembro de 2019

Abastecimento de Navios na Petrobras: Modelo de Decisão Baseado em Custos

Lúcia Mattoso Monte
PETROBRAS
Rua Henrique Valadares, 28, Centro - Rio de Janeiro, RJ
lucia.mattoso@petrobras.com.br

Rafael Martinelli
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ
martinelli@puc-rio.br

Gustavo Souto dos Santos Diz
PETROBRAS
Rua Henrique Valadares, 28, Centro - Rio de Janeiro, RJ
gustavodiz@petrobras.com.br

RESUMO

O presente trabalho aprimora a utilização da frota da Petrobras através da análise de custos das atividades de abastecimento e um fluxo padronizado de decisão. Atualmente, navios são desviados das rotas para abastecer, afetando os custos e nível de serviço da companhia. A análise foi desdobrada em um produto tecnológico englobando um simulador e uma ferramenta de apoio à decisão de quanto e onde abastecer. O fluxo de decisão padronizado, aplicado em rotas passadas, demonstra um potencial de economia de 14,8 milhões no ano, sem necessidade de investimentos. Foram analisadas 6.318 escalas de 114 embarcações para verificação de aderência do fluxo proposto. Apesar da proposta indicar um maior número de operações e volume total de abastecimento, a redução de custos é verificada pela eliminação de escalas exclusivas para abastecer. Caso um novo porto seja habilitado para abastecimento, é possível estender as economias a pelo menos 4 milhões anuais adicionais.

PALAVRAS CHAVE. Cabotagem, Abastecimento, Custos.
Tópicos: EN&PG – PO na Área de Energia, Petróleo e Gás, L&T – Logística e Transportes

ABSTRACT

This work improves the usage of Petrobras' fleet through the analysis of refueling activities and a standardized decision flow. Currently, common practice is to deviate the ships from their route to refuel, affecting the company's costs and service level. The analysis is later unfolded in a technological product including a Decision Support Tool that helps to decide where and how much to refuel. The standardized decision flow results in a 14,8 million Reais yearly saving potential when applied to past routes, no investment needed. To verify the adhesion of the proposed flow, 6,318 stops made by 114 vessels were analysed. Despite the larger number of refueling operations and total fuel, the cost reduction is verified due to the elimination of stops made exclusively for refueling. If the refueling activity is enabled in a new port, the yearly savings may further increase in at least 4 million Reais.

KEYWORDS. Short sea, Refueling, Costs.
Topics: EN&PG – OR in Energy, Oil and Gas, L&T – Logistics and Transportation

https://proceedings.science/p/106661?lang=pt-br

1. Introdução

A navegação de cabotagem foi responsável pela movimentação de 52,7 milhões de toneladas de carga no Brasil no segundo trimestre de 2017 [ANTAQ, 2017]. A movimentação de Petróleo correspondeu a 61% desse volume. O transporte marítimo é essencial para garantir a continuidade da produção de petróleo nas plataformas, o processamento de petróleo nas refinarias e a distribuição de seus derivados no mercado nacional, podendo um atraso de embarcação ocasionar falhas de suprimento de grande impacto. Dessa forma, é importante para a população e as indústrias do país que a cabotagem de petróleo e derivados ocorra com o melhor aproveitamento da frota possível.

A Petrobras é uma empresa integrada de energia, fornecedora de combustível marítimo para suas próprias embarcações e para terceiros no país. A atividade de cabotagem da empresa engloba transporte de petróleo cru, gás liquefeito de petróleo (GLP) e derivados (classificados em claros, escuros e especiais) por 73 pontos operacionais no país, dos quais 41 plataformas, 8 monoboias e 24 portos. Em nenhuma das plataformas ou monoboias é possível realizar abastecimento de navios, inviabilidade característica da própria estrutura operacional. Dos 24 portos utilizados na cabotagem de petróleo e derivados, apenas 14 oferecem abastecimento de navios. Caso uma embarcação seja programada para operar sucessivamente em portos que não possuam estrutura para abastecimento, pode ser necessário desviar o navio de sua rota para garantir sua autonomia em detrimento da otimização do transporte de carga.

Segundo Zockaie et al. [2016], esses desvios podem ser tratados como perda morta ao sistema dado o tempo perdido, além do consumo adicional de combustível envolvido no próprio desvio. Em se tratando de *bunker* (combustível marítimo, um subproduto do refino de petróleo), esse consumo aumenta a emissão de gases poluentes e gases de efeito estufa [Wang et al., 2013]. Hoje, a decisão de onde abastecer os navios da frota respeita alguns direcionadores gerais, porém não segue um fluxo estruturado. O objetivo deste estudo é prover uma solução que reduza os impactos de custos operacionais causados pelas operações de abastecimento de navios da frota de cabotagem. Foi realizada uma pesquisa ação na Petrobras, envolvendo a modelagem dos custos de abastecimento, proposta de um fluxo de decisão padronizado para abastecimento de navios e simulação de aplicação do mesmo nas rotas de 2017, verificando potenciais economias. O foco desse estudo é no abastecimento de Óleo Combustível Marítimo, não sendo observados os abastecimentos de Diesel Marítimo (combustível para energia auxiliar).

A próxima seção trata de uma revisão bibliográfica a respeito de desvios de rota para abastecimento e da importância da gestão do *bunker* no transporte marítimo. A seção 3 traz a metodologia utilizada, enquanto a seção 4 detalha os resultados observados. A última seção conclui o estudo e propõe abordagens para novas pesquisas.

2. Revisão da Literatura

A preocupação com a gestão do consumo de *bunker* é perceptível na literatura, com estudos conciliando ajustes nas velocidades das embarcações à decisão de quando e onde abastecer o navio [Sheng et al., 2014; Aydin et al., 2017; Wang et al., 2013] e estudos sobre contratação de abastecimento adequada [Ghosh et al., 2015; Pedrielli et al., 2015].

Diz et al. [2014] citam a necessidade de abastecimento de uma embarcação como exemplo de circunstância imprevista capaz de redirecionar a roteirização da frota, forçando determinada embarcação a visitar um porto específico para garantir seu abastecimento. Besbes e Savin [2009]

https://proceedings.science/p/106661?lang=pt-br

propõem um modelo de maximização de lucro de uma embarcação considerando a roteirização e decisão de abastecimento de forma conjunta de acordo com a variação de preço do *bunker*. Apesar de identificar o preço do *bunker* como o principal fator chave para seleção de porto de abastecimento em seu estudo de caso, Wang et al. [2014] coloca que a escolha de abastecimento não segue regras fixas e as decisões são frequentemente tomadas em decorrência de circunstâncias operacionais imprevistas. Ainda segundo os autores, vantagem geográfica, capacidade de abastecimento e tempo de espera são fatores relevantes nessas decisões.

A restrição de capacidade de abastecimento não é tratada apenas no âmbito do transporte marítimo. Darnell e Loflin [1977] criaram um modelo e de gestão e alocação de combustível para aeronaves considerando o preço do combustível em cada aeroporto, a disponibilidade de combustível de cada estação e outras restrições referentes à tancagem e segurança da aeronave. O modelo de Zockaie et al. [2016] que propõe localizações de estações de abastecimento para veículos rodoviários de combustível alternativo minimizando seus desvios de rota considera um limite superior de capacidade nessas estações. Segundo os autores, o tempo adicional de viagem por desvio de rota para abastecimento não é tão preocupante para usuários de veículos convencionais em países desenvolvidos, que contam com uma rede densa de postos de gasolina e diesel.

Para caminhões convencionais, softwares utilizados focam em minimizar custos de abastecimento, sugerindo uso de rotas mais extensas para alcançar postos que dispõem de combustível mais barato [Suzuki e Dai, 2013]. Ainda segundo Suzuki e Dai [2013], o uso dessas rotas pode resultar em maior tempo de trânsito e aumentar o risco de violação de janelas de tempo de entrega. Essa violação de janelas de tempo é análoga ao transporte marítimo, em que muitas vezes a atracação só é possível em determinadas condições de maré, luz e disponibilidade de berço. As janelas de atracação dos portos são, em conjunto com o tempo de trânsito entre portos, os principais fatores de decisão de velocidade de navegação [Aydin et al., 2017].

Segundo Diz et al. [2014], os custos operacionais a serem considerados em uma rota marítima são: diária do navio, custo de combustível, *demurrage*, taxas portuárias e frete (no caso do mercado *spot*). Zhen et al. [2017] desenvolvem um modelo de programação dinâmica para navios de contêiner com rota fixa (*liner*) para decisão de abastecimento em função de preço e consumo de *bunker* variáveis. Apesar da situação estudada divergir consideravelmente da realidade da cabotagem de petróleo e derivados, as restrições do modelo são aplicáveis, se ajustadas, às decisões de abastecimento da frota.

Drake [2003] realiza uma análise custo benefício entre fornecimento de *bunker* via duto e via barcaça na base naval de Pearl Harbor no Havaí. Caso o abastecimento seja feito por barcaça, é necessário carregar a barcaça com combustível proveniente do duto, e posteriormente abastecer o navio com o produto da barcaça. Isso representa um duplo manuseio do combustível quando comparado à operação no píer.

3. Metodologia

O trabalho consiste em uma pesquisa ação para modelagem de custos e proposta de procedimento de tomada de decisão para o caso prático dos abastecimentos da frota de cabotagem de petróleo e derivados da Petrobras. Huang [2010] define pesquisa ação como uma orientação transformativa para criação de conhecimento em um contexto de prática, no qual pesquisadores trabalham com praticantes. Em se tratando de estudo conduzido por membro da equipe de programação

de navios de cabotagem de derivados, em contato diário com a equipe de operação de navios e frequente interface com as áreas Comercial de *bunker* e Afretamento, a pesquisa ação se mostrou como metodologia adequada para sua condução.

O presente trabalho tem como unidade de análise o processo de abastecimento das embarcações da frota de cabotagem da Petrobras. Atualmente, o pedido de abastecimento é feito pela área de operação de navios à área de comercialização de *bunker*. Embora os impactos em custos façam parte dos conhecimentos tácitos dos operadores, que possuem liberdade para propor o abastecimento de uma embarcação em condições favoráveis à Petrobras, o processo mapeado em sistema interno na companhia prevê o pedido de abastecimento como uma resposta a uma solicitação da tripulação da embarcação. Isso significa que não há orientação formal da empresa a respeito de como a tomada de decisão de quando e onde abastecer os navios deve ser feita, podendo inclusive ser delegada às tripulações dos navios, independentemente de seu impacto logístico à companhia. Os custos de abastecimento de navios para a empresa não são acompanhados e controlados de forma específica, e sim agregados com outros custos de transporte marítimo, dificultando a identificação das causas dos abastecimentos mais onerosos e a avaliação das decisões tomadas. Fatores como as nuances entre cada porto referente às despesas portuárias, histórico de tempo de espera por terminal e consumo médio de combustível por porte de navio devem ser direcionadores da melhor decisão de onde abastecer o navio. Assim, o levantamento desses dados e mapeamento de sua interferência conjunta deve trazer ganhos nas tomadas de decisão da empresa.

Para a condução da pesquisa ação, foram levantadas todas operações de carga e descarga de petróleo, gás natural, GLP e derivados nos navios afretados pela modalidade TCP no Brasil no ano de 2017. Os dados foram levantados em um sistema de informação nativo da empresa, em que são registradas características operacionais das embarcações, as datas e horas de chegada e saída de cada navio em cada terminal, a disponibilidade de *bunker* de cada navio em cada escala, bem como as atividades realizadas. A partir das operações levantadas foram listados os pontos operacionais utilizados para carga e descarga de produtos no Brasil. Foi verificado junto à área que operacionaliza as entregas de *bunker* quais pontos operacionais dispõem de estrutura para abastecimento e em quais modalidades. Para os portos com abastecimento disponível, foram levantados junto às áreas de comercialização de *bunker* e operação de navios todos os cenários operacionais que podem ocorrer em um abastecimento de navio. Em seguida, foram elencados os custos que podem incidir em cada situação de abastecimento. Foram levantados os dados referentes a custos de abastecimento junto às áreas operacionais envolvidas no processo.

Diferentes métodos de análise foram conciliados para avaliar os impactos em custos para a Petrobras do processo de abastecimentos de navios da cabotagem. A revisão da literatura da Seção 2 permitiu verificar o que já se havia estudado na academia sobre o assunto e explicitar dentro da empresa as preocupações com custos e gasto de combustível. Através de análise documental e entrevistas com as equipes especialistas, foi possível verificar no detalhe quais as nuances operacionais entre as diferentes situações de abastecimento e quais os itens de custos incidentes para cada uma delas. Os dados levantados foram analisados em planilha Excel, gerando um modelo do cenário atual de abastecimentos para a frota da Petrobras, mapeando os custos fixos e variáveis incidentes para cada ponto operacional, situação de abastecimento e porte de navio.

Outro método de análise importante foi a observação participativa, que envolveu desde o

acompanhamento de operações de abastecimento na Baía de Guanabara quanto o impacto na atividade de programação de navios por falta de autonomia de navegação de determinadas embarcações. A observação participativa, junto das entrevistas com as equipes da logística, foram essenciais no desenvolvimento de proposta de fluxo de decisão padronizado para os abastecimentos da frota. O fluxo proposto atribuiu volumes de abastecimento previstos para as escalas em cada porto, a partir de uma classificação dos portos com abastecimento disponível por custo operacional. Essa classificação surgiu de uma análise de sensibilidade dos custos mapeados, alterando os volumes abastecidos e portes de embarcações, a fim de se equilibrar a influência dos custos fixos e variáveis na classificação.

Para a análise das rotas de 2017, novamente através de planilhas foram estimados os custos de abastecimento do Cenário Realizado como de diversos cenários propostos para o fluxo de decisão desenvolvido. Os cenários propostos foram desenhados de forma a realizar contrapontos e análise de concordância entre os aspectos enumerados pelas equipes entrevistadas, tanto com relação ao interesse de utilização de pontos de abastecimento disponíveis, quanto à inclusão de novos pontos de abastecimento.

4. Aplicação e Resultados

Após a remoção das embarcações e escalas não relevantes, restaram para análise dados de 6.318 escalas de 114 embarcações. Dessas escalas, 54 foram realizadas apenas para abastecimento, sem envolver atividades de carga ou descarga de petróleo cru, GLP, derivados claros, escuros e especiais. Estas 54 escalas, 10 acarretaram em uma necessidade de desvio de rota, gerando trecho adicional de navegação apenas para abastecer.

Ao aplicar os custos modelados para operações de abastecimento realizadas em 2017 o impacto da estadia de navios no custo total ficou evidente. As escalas só para abastecimento somaram um custo total de R$ 17,8 milhões, dos quais R$ 12,4 milhões foram referentes a estadia, R$ 2,2 milhões referentes a custos portuários, R$ 1,5 milhões referentes a desvio de rota e apenas R$ 1,7 milhões referentes a movimentação de produto. Essas 54 escalas representaram 39,6% do custo total de abastecimento do cenário, que somou R$ 45 milhões para as 801 operações de abastecimento realizadas. Algumas operações representaram individualmente custos de R$ 1,4 milhões a R$ 2,6 milhões. As três operações de abastecimento mais onerosas somaram um custo de R$ 5,4 milhões, dos quais R$ 5,1 milhões foram referentes a estadia. Todas elas se referiram a navios de 130.000 toneladas de porte aguardando abastecimento em Salvador. As estadias variaram entre 8 e 17 dias, em período do ano com maior ocorrência de mau tempo. Verificou-se que 90% das operações de abastecimento custaram até R$100.000 cada, somando R$ 24,2 milhões. As 73 operações restantes representaram um custo de R$ 20,8 milhões. O cálculo do custo realizado de 2017 mostrou grande impacto no custo total do cenário pelas escalas realizadas exclusivamente para abastecer. Assim, foram analisadas as rotas dos navios que realizaram essas escalas de modo a identificar a causa para a baixa autonomia de navegação que gerou a necessidade de parar o navio em um porto apenas para abastecer. Foi verificado que, na maioria dos casos, as embarcações deixaram de abastecer em portos habilitados para fornecimento de *bunker*, colocando sua autonomia em risco. Em discussão com as equipes foi avaliado que o abastecimento não realizado nessas escalas poderia se tratar de abastecimento não solicitado pela existência de diversos portos com abastecimento habilitado na programação posterior. Foi ressaltado que essa situação representa

risco de autonomia, dada que a natureza dinâmica da atividade de programação pode facilmente substituir o destino do navio de forma que o mesmo não se dirija mais a um porto habilitado para abastecimento. A pesquisa então gerou um fluxo de decisão de abastecimento padrão, ilustrado na Figura 1.

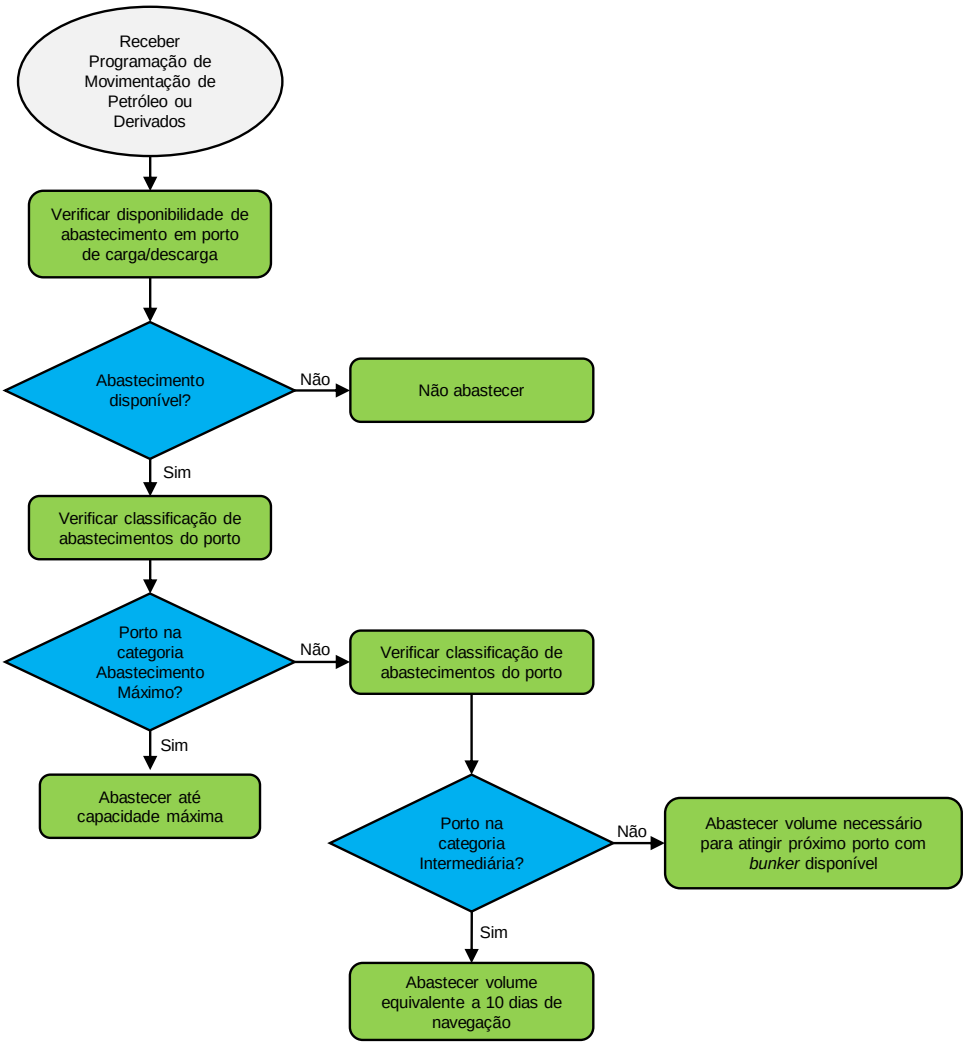


Figura 1: Fluxo de decisão de abastecimento padronizado

Através da classificação dos portos com abastecimento disponível em três categorias – “Abastecimento Máximo”, “Abastecimento Intermediário” e “Abastecimento Mínimo”, atribuídas de acordo com o custo de abastecimento de cada porto – foi possível estabelecer regras gerais de quando e quanto abastecer.

Foi desenvolvida uma ferramenta de simulação e o fluxo de decisão foi então simulado para as rotas selecionadas de 2017. Como resultado da aplicação do procedimento, a maximização

de volume abastecido em portos econômicos permitiu que a maioria das escalas apenas para abastecer fossem evitadas. Apenas duas escalas exclusivas para abastecimento foram mantidas, nenhuma das quais envolviam desvio de rota. O custo total do cenário proposto foi de R$ 30,2 milhões, representando um potencial de economia de R$ 14,8 milhões com relação ao realizado de 2017. Trata-se de um potencial de economia relevante, principalmente ao se considerar que se está apenas estruturando o procedimento de solicitação de abastecimentos, sem necessidade de investimentos. A Tabela 1 compara os custos dos cenários Realizado e Proposto.

Item de Custo	Cenário Realizado 2017	Cenário Proposto 2017
Estadia	12,5	1,4
Taxas Portuárias	2,2	0,2
Desvio de Rota	1,5	0
Movimentação de Produto	28,8	28,6
Total	45	30,2

Tabela 1: Custos de abastecimento estimados por cenário (milhões de R$)

Após a definição das economias viáveis a partir da estruturação do processo de tomada de decisão de abastecimento, foi avaliado o impacto na inclusão de novos pontos de abastecimento ao procedimento proposto. Dentre os pontos com potencial abastecimento por duto, foi indicado o porto de São Luís para teste, dada a sua estrutura de abastecimento já existente, e o porto de Suape, pelo baixo custo estimado de suprimento para o porto, favorabilidade de condições operacionais e frequência de uso.

Após a seleção, os portos de São Luís e Suape foram incluídos no cenário de procedimento proposto com os custos variáveis estimados. Inicialmente acrescentou-se cada ponto individualmente. A inclusão do porto de Suape permitiu eliminar uma escala adicional das escalas realizadas apenas para abastecer. Assim, das 54 escalas apenas para abastecer realizadas em 2017, apenas uma permaneceria com a inclusão de Suape. Classificando este porto na categoria “Abastecimento Máximo”, o custo total do cenário representou um potencial de economia adicional de R$ 4 milhões ao cenário com o procedimento proposto, totalizando R$ 18,8 milhões de economia potencial com relação ao realizado. A inclusão de São Luís não apresenta economias com relação ao cenário Proposto Atualizado. O elevado custo variável decorrente da cabotagem de *bunker* necessária para disponibilizar produto nesse ponto torna desaconselhável o abastecimento da frota nesse ponto em detrimento daqueles com fornecimento de *bunker* local. Mesmo quando este porto foi classificado como “Abastecimento Mínimo”, o custo do cenário com sua inclusão ultrapassou o custo do Proposto Atualizado.

A inclusão dos portos de forma conjunta mantém a tendência observada: quanto maior a frequência e volume de abastecimentos em Suape, menor o custo do cenário e quanto maior a frequência e volume de abastecimentos em São Luís, maior o custo do cenário. Assim, as categorias mais indicadas para o acionamento conjunto dos portos são categoria “Abastecimento Máximo” para Suape e categoria “Abastecimento Mínimo” para São Luís. Essa inclusão conjunta, todavia, ainda ultrapassou a inclusão do porto de Suape exclusivamente em termos de custos. A Figura 2 compara os cenários de cada porto individualmente com a inclusão de ambos os portos simultanea-

mente.

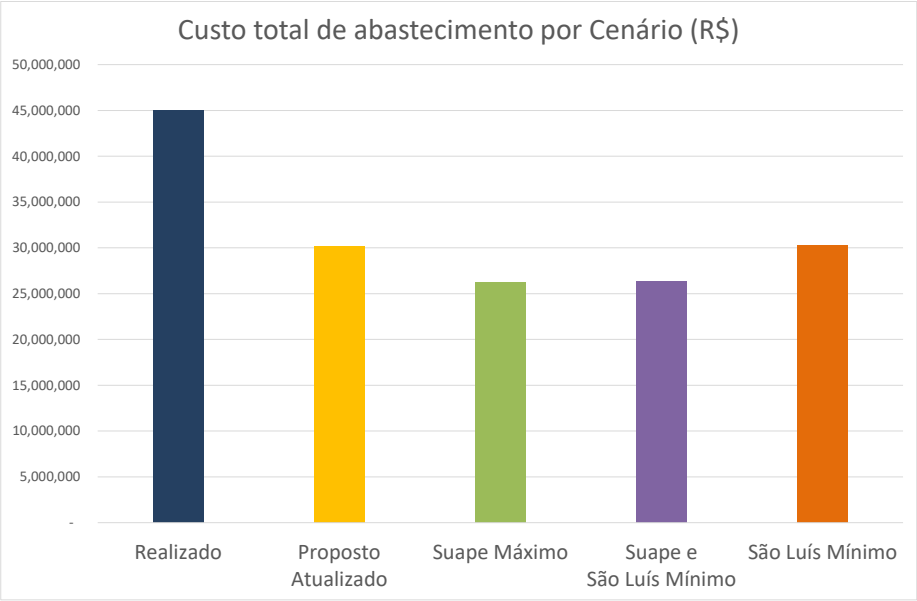


Figura 2: Custos de abastecimento totais por cenário (R$)

Ao apresentar os resultados encontrados para a equipe de programação, foi apontado que a inclusão de novos portos deve proporcionar economias adicionais às estimadas pela observação dos dados de 2017. O potencial de economia apontado neste trabalho foi estimado considerando que a alocação de navios às rotas de 2017 foram feitas da melhor forma possível. Todavia, a própria restrição de autonomia dos navios frequentemente obriga a equipe de programação a realizar trocas entre programações designadas para diferentes navios. Assim, a redução de custos referente ao ganho de flexibilidade na programação com a inclusão de novos pontos de abastecimento pode representar economias adicionais às estimadas nesse trabalho.

5. Conclusão

Este estudo buscou prover uma solução que reduza os impactos de custos operacionais causados pelas operações de abastecimento de navios da frota de cabotagem da Petrobras, uma empresa integrada de energia no Brasil. Em se tratando de abastecimento de navios da frota de uma empresa de energia verticalizada, objeto de estudo não encontrado na literatura, a solução envolveu um modelo de custos que conciliou aspectos observados por trabalhos focados em fornecimento de *bunker*, como Drake [2003], com trabalhos centrados em custos de transporte marítimo, como Diz et al. [2014], além de observar estudos relativos a decisões de abastecimento para outros perfis de frota [Darnell e Loflin, 1977; Zhen et al., 2017]. O modelo foi em seguida desdobrado em fluxo de decisão padronizado para solicitações de abastecimento. O fluxo de decisão busca reduzir os custos totais de abastecimento, priorizando abastecimentos nos pontos mais econômicos para a empresa e buscando eliminar as escalas realizadas exclusivamente para abastecer.

Embora a Petrobras demonstre internamente uma preocupação com redução de custos operacionais e redução de consumo de combustível nas embarcações, não havia até esse estudo

um processo estruturado na tomada de decisão de abastecimento da frota. O fluxo de decisão foi simulado nas rotas realizadas de 2017 e mostrou um potencial de economia de até R$14,8 milhões (equivalente a 33% dos custos de abastecimento do Cenário Realizado) sem necessidade de investimentos. Essa pesquisa ação também avaliou a redução de custos potencial nas rotas de 2017 caso os portos de São Luís e Suape oferecessem abastecimentos. Apesar do indicativo dos testes sinalizar um potencial de economia adicional de até R$4 milhões na inclusão do porto de Suape, as equipes de programação e operação acreditam que a flexibilidade ganha na roteirização com a viabilidade de abastecimento nesses pontos pode gerar economias ainda maiores.

Este resultado expõe que o problema é relevante e deveria ser tratado pela empresa, de forma a melhorar a eficiência de sua frota marítima. Ademais, dada a importância da cabotagem de petróleo e derivados para o país, verificada pela ANTAQ [2017], a eficiência da frota utilizada para essa movimentação é de interesse para a economia nacional como um todo. Desta forma, propomos como trabalho futuro que sejam avaliados os ganhos de flexibilidade na programação de navios com investimentos de infraestrutura para fornecimento de *bunker* em outros portos no Brasil.

Referências

ANTAQ (2017). Boletim informativo aquaviário - 2º trimestre 2017. `http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/Boletim-Informativo-2T2017.pdf`. Acessado: 2017-10-19.

Aydin, N., Lee, H., e Mansouri, S. (2017). Speed optimization and bunkering in liner shipping in the presence of uncertain service times and time windows at ports. *OR Spectrum*, 36:455–480.

Besbes, O. e Savin, S. (2009). Going bunkers: The joint route selection and refueling problem. *Manufacturing & Service Operations Management*, 11(4):694–711.

Darnell, D. e Loflin, C. (1977). National airlines fuel management and allocation model. *Interfaces*, 7(2):1–11.

Diz, G., Scavarda, L., Rocha, R., e Hamacher, S. (2014). Decision support system for petrobras ship scheduling. *Interfaces*, 44(6):555–566.

Drake, R. (2003). Cost benefit analysis of pier refueling versus barge refueling at the fleet industrial supply center fuel facility pearl harbor, hawaii. URL `https://calhoun.nps.edu/handle/10945/1000`.

Ghosh, S., Lee, L., e Ng, S. (2015). Bunkering decisions for a shipping liner in an uncertain environment with service contract. *Production, Manufacturing and Logistics*, 244:792–802.

Huang, H. (2010). What is good action research? why the resurgent interest? *Action Research*, 8: 93–109.

Pedrielli, G., Lee, L., e Ng, S. (2015). Optimal bunkering contract in a buyer-seller supply chain under price and consumption uncertainty. *Transportation Research, E*, 77:77–94.

Sheng, X., Lee, L., e Chew, E. (2014). Dynamic determination of vessel speed and selection of bunkering ports for liner shipping under stochastic environment. *OR Spectrum*, 36:455–480.

https://proceedings.science/p/106661?lang=pt-br

Suzuki, Y. e Dai, J. (2013). Decision support system of truck routing and refueling: A dual-objective approach. *Decision Sciences Journal*, 44(5):817–842.

Wang, S., Meng, Q., e Liu, Z. (2013). Bunker consumption optimization methods in shipping: a critical review and extensions. *Transportation Research, E*, 53:49–62.

Wang, Y., Yeo, G., e Ng, A. (2014). Choosing optimal bunkering ports for liner shipping companies: A hybrid fuzzy-delphi-topsis approach. *Transport Policy*, 35:358–365.

Zhen, L., Wang, S., e Zhuge, D. (2017). Dynamic programming for optimal ship refueling decision. *Transportation Research, E*, 100:63–74.

Zockaie, A., Aashtiani, H., Ghamami, M., e Nie, Y. (2016). Solving detour-based fuel station location problems. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 31:132–144.

https://proceedings.science/p/106661?lang=pt-br