

ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTROS DEL PETRÓLEO A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA DE APOYO A LA DECISIÓN USANDO UN MODELO DE SIMULACIÓN PROBABILÍSTICA

R. T. Ono* y R. C. Botter

* ricono@usp.br

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes, 2231, São Paulo, SP, Brasil, CEP 05508-900,

RESUMEN

El estudio de la cadena de suministros del petróleo implica en una serie de subsistemas que se interan entre sí en los procesos de exploración, transferencia para los terminales, almacenaje en tanques y envío para las refinerías para finalmente empezar el proceso de refinación y de producción de los derivados. En este contexto, el actual trabajo se propone examinar cuidadosamente las características de los subsistemas principales que componen la cadena de suministro de petróleo, que incluyen desde el subsistema de la producción en las plataformas hasta su envío para las refinerías, con especial énfasis para el subsistema del transporte marítimo que es el eslabón vital y quizás el *bottleneck* más grande del tráfico del petróleo. El modelo computacional permitió efectuar análisis de dimensionamiento de los recursos implicados tales como capacidades y sub-divisiones de los tanques del almacenaje de las plataformas, de los terminales y de las refinerías, de la designación de los buques y de las secuencias del bombeamiento. Al mismo tiempo, fue posible evaluar el grado de importancia de cada uno de los parámetros de entrada, tales como el tamaño y velocidad de los buques, el nivel de los tanques de las plataformas y de los terminales, los tiempos de carga y de descarga en los terminales y la política del bombeamiento para las refinerías, así como la evaluación de sus modificaciones. La validación del modelo de simulación fue realizada basada en un estudio de caso de la PETROBRAS.

INTRODUÇÃO

A exploração e produção do petróleo tem sido um dos focos de maior relevância nesta área visto que o país almeja cada vez mais aumentar a sua capacidade produtiva visando uma condição de autosustentabilidade. Nesse contexto, a política de desenvolvimento que vem sendo adotada no setor, iniciada há duas décadas, tem buscado aos poucos a desestatização do setor através da abertura do mercado estimulando a entrada de novos conglomerados de forma a quebrar o monopólio do setor, cuja consequência direta é o aumento dos investimentos estrangeiros.

Desse modo, o país vem criando condições para a expansão do setor, obrigando as empresas e conglomerados envolvidos nestas atividades a buscarem as condições ideais e muitas vezes ótimas em todos os processos da cadeia produtiva. A Petrobrás, que manteve o monopólio do setor desde meados de 1934 quando foi instituído oficialmente o monopólio estatal, perdeu este "privilegio" e naturalmente busca incessantemente uma readequação à nova realidade através de fortes mudanças em todos os níveis e setores que abrangem sua

área de atuação.

Nesse contexto, o presente trabalho pretende examinar minuciosamente as características dos principais subsistemas que compõem a cadeia de suprimentos do petróleo, cujo escopo abrange desde a produção das plataformas na Bacia de Campos até o envio do petróleo para as refinarias através de dutos.

Os modelos a serem desenvolvidos permitirão efetuar análises de dimensionamentos dos recursos envolvidos tais como: capacidades e subdivisões dos tanques de armazenagem das plataformas, terminais e refinarias, alocação dos navios e seqüências de bombeamento e utilização da malha dutoviária.

Será necessário avaliar cautelosamente o grau de detalhamento no desenvolvimento de cada um dos subsistemas de tal forma a oferecer ao usuário final uma ferramenta de apoio de fácil utilização, mas ao mesmo tempo sem perder a robustez para que as condições simuladas estejam ao máximo de acordo com as condições reais. Esta decisão deve ser tomada levando em consideração também a viabilidade e facilidade na integração entre os subsistemas de modo que as respostas obtidas em cada um dos submodelos sirvam como parâmetros de entrada do modelo global e estratégico.

Com relação à metodologia empregada, a construção de um modelo hierarquizado permite que decisões de níveis distintos (estratégico e tático) sejam consideradas simultaneamente, isto é, a decisão tomada no plano tático/operacional deverá resultar em um conjunto de soluções que deverão subsidiar a decisão global que deverá ser tomada no plano estratégico.

A TÉCNICA DE SIMULAÇÃO E O PROCESSO UTILIZADO

Dentre as técnicas existentes e metodologias utilizadas para resolução de problemas que envolvem eventos probabilísticos com alta simultaneidade de processos, foi adotada a metodologia já consagrada proposta por Peden (1995). A razão por tal escolha é justificada principalmente pela simplicidade, objetividade, consistência e facilidade de implementação e avaliação dos resultados. Para tanto, foi implementada uma metodologia de pesquisa que permite apurar a melhor relação custo/benefício, os níveis de serviço, o dimensionamento adequado e a melhor configuração de operação.

Quanto ao método científico utilizado para a simulação foi utilizado o software "Arena", que possui as seguintes características: Simulador de Eventos Discretos, Linguagem de Programação Siman, Interface com Usuário/Diagrama de Blocos, Recursos de Animação, *Input/Output Analyser*, *Scenario Manager*, *Templates* e *Visual Basic for Applications*.

Esta metodologia apresenta as seguintes vantagens:

- Análise sistêmica (considera todas as inter-relações dos diversos subsistemas e componentes do sistema logístico);
- Avalia toda e qualquer modificação que eventualmente possa ser feita ao sistema;
- Identifica gargalos nos processos e entre subsistemas;
- Incorpora as características dinâmicas e as aleatoriedades dos processos.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema compreende os processos de produção e armazenagem do petróleo pelas

plataformas marítimas, seu transporte até os terminais e finalmente o bombeamento dos petróleos até as refinarias. Além disso, as operações de importação e exportação também foram modeladas. Serão descritas sucintamente os principais eventos modelados em cada um dos subsistemas:

Produção do Petróleo: Existem dois tipos de plataformas cuja diferenciação se dá no aspecto da capacidade de armazenagem do petróleo extraído. Para as plataformas que possuem tanques de armazenagem, o nível de tancagem indica a necessidade de alívio pelas embarcações. Para cada uma das plataformas, uma série de parâmetros de produção (taxas e paradas) e de alívio (pelas embarcações) são atribuídos externamente quando do início da execução do modelo. Para o tipo de plataforma sem tanques de armazenagem, os mesmos parâmetros são requeridos, entretanto o atendimento ou alívio só é realizado quando existe uma embarcação alocada para efetuar o carregamento. As perdas são caracterizadas quando os níveis dos tanques da plataforma atingem níveis aquém do permitindo.

Recebimento do petróleo pelos terminais terrestres: Os terminais são cadastrados também com suas características operacionais, levando-se em conta a capacidade de recebimento e armazenagem de cada tipo de petróleo, bem como das características de bombeamento dos petróleos. O principal critério estabelecido para o recebimento do petróleo prioriza o atendimento para o terminal que tiver tanques específicos para o tipo de petróleo presente na embarcação e o maior espaço relativo à capacidade disponível no tanque. Ou seja, o terminal que estiver com o menor nível de tancagem deverá ser o primeiro a receber o navio. No entanto, existem outras restrições de atendimento dos navios como por exemplo, capacidades de atracação, períodos do dia para atendimento e filas para atracação que podem alterar a ordem de recebimento.

Transporte do petróleo: Utiliza-se previamente uma frota cadastrada juntamente com as principais características operacionais das embarcações, subdivididas em classes de navios. Cada classe possui um porte, velocidade de serviço, capacidade de armazenagem, produtividade de carga e descarga, características de falhas e manutenções, bem como custos associados. A alocação das embarcações é feita sob forma de atendimento dos pedidos feitos pelas plataformas e destino aos terminais conforme critério já descrito. Quando existe um pedido, as informações relativas à localização, quantidade de petróleo, restrições de atracação das plataformas são avaliadas e cruzadas com os atributos das embarcações candidatas. Esta seleção leva em conta a melhor adequabilidade do conjunto plataforma – embarcação, para então efetuar a alocação da viagem. Alguns detalhes como quantidades ideais para carregamento ou operações de transbordo entre plataformas e entre terminais também foram modelados.

Bombeamento dos petróleos para as refinarias: Este subsistema é responsável por aliviar os tanques dos terminais terrestres. Para tanto, é necessário que inicialmente as características das seqüências de bombeamento seja informada. A seqüência de bombeamento é caracterizada pelos tipos de petróleos, as quantidades em forma de taxa e tempos de cada seqüência de bombeamento. Definiu-se que as características dutoviárias permite que uma seqüência de bombeamentos pode ser composta de até sete conjuntos com três tipos de petróleo para serem bombeados. Isto é, no limite, é possível escoar até vinte e um tipos de petróleos em uma única seqüência. O bombeamento é constante e periódico obedecendo à ordem estabelecida na seqüência.

A figura 1 ilustra o cenário de animação do modelo de simulação desenvolvido.



Figura1. Animação do Modelo

INTERFACES DE ENTRADA DOS DADOS E SAÍDA DE RESULTADOS

O modelo de simulação desenvolvido requer que todas as informações referentes às características dos recursos a serem simulados estejam cadastrados corretamente e adequadamente para que todas as lógicas de programação obedçam às condições impostas. Tais informações representam um conjunto vasto de dados, relativos às: condições iniciais do cenário, características da frota de navios, dos terminais terrestres, das plataformas de produção, das seqüências de bombeamentos, das condições de importação e exportação, e finalmente das condições meteorológicas que afetam os recursos. Para tanto, foi criada uma interface de entrada em forma de planilha, que deverá ser utilizada para a definição do cenário a ser simulado.

Após o correto preenchimento dos dados, foi criado um botão, cuja função é realizar uma análise de consistência dos dados, evitando assim que erros de execução ocorram no modelo de simulação. Por fim, a planilha apresenta um botão de exportação dos dados que tem a função de converter os dados em um formato compatível com a rotina de leitura dos dados programado no modelo de simulação.

Definiu-se que o modelo deveria ser executado em um horizonte de dois anos ou 17.520 horas, no entanto, os resultados para cálculos estatísticos são coletados apenas a partir do início do segundo ano (8.761 horas). Esta medida (*warm-up time*) se faz necessária para que o sistema consiga atingir o equilíbrio mantendo-se em regime permanente.

De forma similar, a interpretação dos resultados é uma tarefa muito complexa devido à grande quantidade de informações geradas. São informações que são gravadas de hora em hora referentes a posições dos navios, números de viagens realizadas, quantidades de petróleo produzidos, perdidos, transportados e bombeados, cada um com a sua respectiva alocação de plataforma, tipo, terminal terrestre e seqüência de bombeamento.

RESULTADOS

Os resultados imediatos e possíveis de serem verificadas ao final da execução do modelo dizem respeito ao dimensionamento da frota de navios e das capacidades e subdivisões dos tanques de armazenagem nas plataformas e nos terminais terrestres. Foi possível verificar que os gargalos aqui encontrados são dinâmicos e muitas vezes múltiplos, isto é, a inter-relação entre os subsistemas faz com que os gargalos surjam em pontos distintos que muitas vezes são apenas identificados indiretamente através de alguma

anomalia ou inconformidade em um subsistema posterior.

Por exemplo, quando um resultado apresenta uma quantidade de perdas muito grande em uma determinada plataforma, pode-se sugerir que a perda é ocasionada pela falta de embarcação para alívio do petróleo. No entanto, é perfeitamente possível de ocorrer tais situações em um cenário com frotas superdimensionadas que apresente tal resultado. Qual seria o gargalo do sistema e como reduzir ou acabar com tais perdas? Neste caso, uma das possibilidades seria que o excesso de embarcações estaria provocando uma longa fila de espera nos pontos de carregamento das plataformas e/ou descarregamento dos terminais terrestres, que por sua vez, podem estar obstruindo o atendimento de algum navio de um determinado tipo de petróleo. Da mesma forma, a inexistência de um determinado tipo de petróleo no terminal automaticamente impede que seja cumprida a seqüência de bombeamento, causando uma segunda perda global no bombeamento dos demais tipos de petróleos.

Uma segunda situação bastante comum identificada ao longo do estudo é a grande dificuldade do dimensionamento ideal da capacidade de tancagem dos terminais terrestres. Verificou-se que um simples aumento de capacidade do tanque que abriga um determinado tipo de petróleo em um terminal "A" aumenta a disponibilidade de espaço e conseqüentemente em regime permanente, este terminal consegue uma prioridade de atendimento sobre os demais terminais e, portanto, isto reflete diretamente no dimensionamento da frota e principalmente na necessidade de reestruturar a política de bombeamento dos demais terminais.

As figuras 2,3 e 4 apresentam os gráficos de nível do tanque em uma plataforma, os níveis dos tanques nos terminais e a distribuição de custos dos navios.

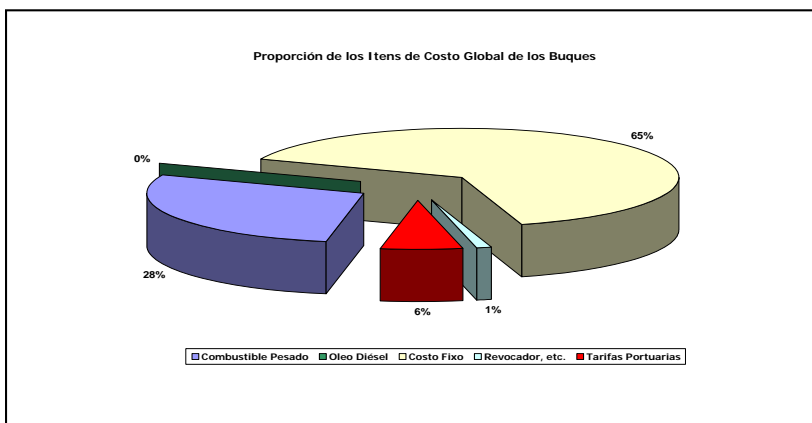


Fig. 2. Distribuição dos custos dos Navios

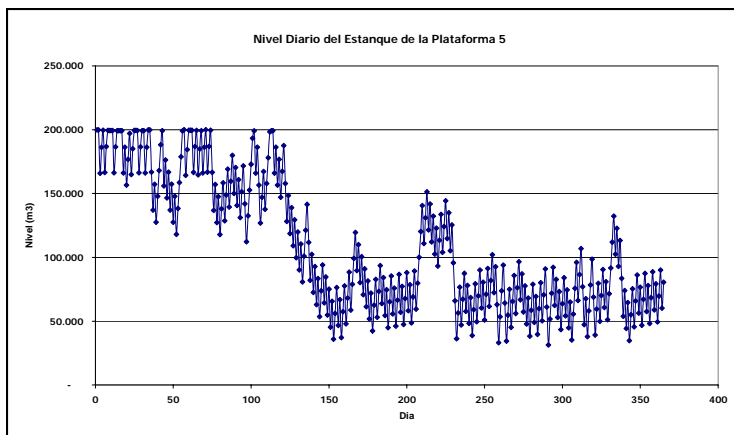


Fig. 3. Nível do Tanque da Plataforma

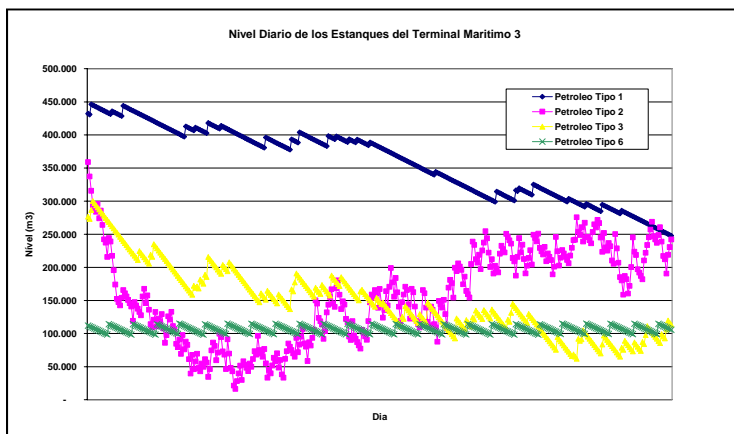


Fig. 4. Nível do Tanque do Terminal

CONCLUSÕES

O modelo de simulação apresentado neste documento foi realizado com o intuito de auxiliar o processo de tomada de decisão na administração e planejamento logístico.

Um problema típico de tomada de decisão neste contexto é a adoção das políticas de produção, armazenagem, bombeamento, importação e exportação, que já são sujeitos a diversos fatores exógenos ao próprio sistema. Assim, uma ferramenta de simulação que permite avaliar cenários e comportamentos de seus recursos é de fundamental valia no planejamento na medida em que pequenas alternativas ou modificações podem ser simuladas e avaliadas, desmistificando ao menos os paradigmas qualitativos.

Este trabalho enfatiza o projeto dessa ferramenta de apoio à decisão, bem como todas as considerações que foram feitas para seu desenvolvimento e validação. Para elucidar o potencial das informações obtidas na simulação como ferramenta de tomada de decisão, foram simulados cenários propostos pela empresa e também arranjos que serão testados e implantados futuramente. O modelo mostrou ser eficiente e confiável em seus resultados (tempos de fila, eficiência, produtividades e movimentações) são muito próximos dos resultados operacionais e condizentes com o contexto proposto, permitindo seu uso como ferramenta de planejamento e análise de opções com objetivo de minimizar os custos operacionais.

O uso da técnica de simulação neste caso mostrou-se extremamente adequada, com resultados muito confiáveis sendo que essa confiabilidade depende da sofisticação do modelo e da qualidade dos dados de entrada do modelo.

BIBLIOGRAFIA

1. Balci, O. "Principles of Simulation Model Validation, Verification, and Testing." Transactions of the Society for Computer Simulation International 14, no. 1 (Mar.): 3-12, 1997.
2. BROWN, G.G.;GRAVES,G.W.;RONEN,D., "Scheduling ocean transportation of crude oil." Management Science. v.33, p. 335-346, 1987.
3. Cochran, J.K; L. Lin. "Application of computer simulation to freight transport systems." Journal of Operational Research Society 40: 433-441,1989.
4. EICHMANN, D.A., "Creating a High-Performance Downstream Petroleum Supply Chain." Achieving Supply Chain Excellence Through Technology. p.229-232, 2000.
5. Peden, C.D.; R.E. Shannon; and R.P. Sadowski. "Introduction to simulation using SIMAN." McGraw-Hill, Inc., New York, 1995
6. ROSS, A. D., "Performance-based strategic resource allocation in supply networks." International Journal of Production Economics, 63, p. 255-266, 2000.