

Mitigação dos Atrasos na Partida das Embarcações do Porto de Imbetiba nos Atendimentos dos Ativos de Produção e Sondas da Bacia de Campos.

Marcelo Maciel Monteiro

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, Bloco D, São Domingos, Niterói – RJ
mmaciel@id.uff.br

Gilberto Olympio Mota Fialho

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Brig. Trompovski s/nº, Prédio do CT Bloco A, Ilha do Fundão
fialho@poli.ufrj.br

Ricardo Penna Leite

PETROBRAS
Avenida República do Chile, 330, Centro - RJ
ricardopenna@petrobras.com.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objeto de estudo a programação de cargas do tipo NS1 (Nível de Serviço 1) realizadas no Porto Alfandegário de Imbetiba, de onde partem as embarcações que atendem os ativos de produção e as sondas da Bacia de Campos. São cerca de 55 000 toneladas de cargas de convés movimentados por mês no porto, com 3 píeres, totalizando 6 cais de atracação. Em consequência da programação assumida no final de 2013, foram identificados vários atrasos em relação ao programado, e o objetivo deste trabalho, é de modelar as atracações no porto e através da simulação de eventos discretos, entender o sistema e propor melhorias na programação que pudessem reduzi-los de forma que fossem aceitáveis para o sistema.

PALAVRAS CHAVE. Programação de Embarcações, Modelagem, Simulação de Eventos Discretos.

P&G – PO na Área de Petróleo e Gás.

ABSTRACT

This work has focused on studying the NS1 (Level Service 1) loads of programming performed in Port Customs of Imbetiba, from where the vessels serving the production assets and the probes of the Campos Basin. There are about 55 000 tons of deck cargo handled per month in the port, with three piers, with 6 mooring docks. In consequence of the assumed schedule in late 2013, several delays have been identified in the scheduled, and our objective is to model the moorings in the harbor and through discrete event simulation, understand the system and propose improvements in programming that could reduce them so that they were acceptable to the system

KEYWORDS. Vessel Fleet Scheduling, Modeling, Discrete Event Simulation.

P&G – OR in Oil & Gas.

1. Introdução

A Avaliação de projetos portuários com relação à sua capacidade operacional seja de movimentação nos terminais ou na atracação e carregamento e descarregamento de embarcações, geralmente pode ser realizado através de duas abordagens, a otimização e a simulação (CARTENI e LUCA, 2012). A abordagem baseada na otimização é mais elegante e limitada no entendimento da operacionalização do sistema, enquanto a simulação, baseada na Simulação de Eventos Discretos, nos permite ajudar a atingir vários objetivos, superando a limitação matemática da abordagem da otimização. A abordagem pela simulação permite o estudo de políticas e estratégias, tornando o sistema mais fácil de entender, e suportando os tomadores de decisão nos processos corriqueiros através da geração de cenários do tipo “O que aconteceria se”.

O uso de simulação no planejamento portuário tem sido utilizado em diversos trabalhos acadêmicos, sendo em sua maioria, tratando de terminais de contêineres. Alguns têm o foco no nível estratégico, no sentido de avaliar os gargalos e o investimento necessário em equipamentos para aumentar a eficiência operacional do porto, como o proposto por Demirci (2003) ou o trabalho por Lin, Gao e Zhang (2014), que propôs um modelo para identificar os parâmetros que minimizassem o investimento no porto em função do nível de serviço esperado. Já o trabalho de Carteni e Luca (2012), tem uma abordagem de planejamento estratégico e tático, em que modela e simula um terminal de contêineres desde o caminhão até a embarcação, com o uso de indicadores de produtividade para a devida análise do desempenho operacional. Os trabalhos citados demonstram os ganhos com a construção de cenários onde algumas soluções são implementadas e avaliadas em relação ao ganho de eficiência e de retorno de investimento para os tomadores e decisão.

A área de Exploração e Produção da Petrobras utiliza na exploração offshore, vários portos ao longo de sua costa, sendo que a de maior movimento de cargas é o Terminal Alfandegado de Imbetiba, em Macaé (RJ), que conta com 3 píeres e 6 berços e movimenta em média 49.020 toneladas de carga de convés por mês, com funcionamento contínuo, 24 horas por dia e 7 dias por semana (FÉLIX, 2009, p. 40). Atualmente são movimentadas, de um modo geral, mais de 70.000 toneladas por mês, mostrando um aumento acumulado de cerca de 10 % de 2009 até 2014. Segundo Leite (2012), o porto de Imbetiba foi responsável por 54% das cargas de convés movimentadas pela Petrobras em 2011, sendo, 69% de água, 78% de fluidos, 83% de carga de convés e de todo o cimento.

A Partir do Porto de Imbetiba, são atendidos diversos tipos de embarcações, como por exemplo, unidades de exploração fixas e móveis (FPSO - Floating Production Storage and Offloading), sondas de perfuração e embarcações de manutenção de plataformas (FLOTEL). São 52 unidades de exploração e 17 sondas de perfuração.

O nível de utilização dos berços do Porto de Imbetiba está em torno de 90 %, segundo relatórios internos das áreas de planejamento e execução, sendo que sua programação de embarques é feito em função de análises empíricas com o objetivo de aumentar a eficiência das operações portuárias.

Algumas mudanças na programação com o objetivo de aumentar a frequência de atendimentos de algumas unidades nas rotas resultou em constantes atrasos em relação ao planejado. Como exemplo, podemos citar o embarque do tipo NS1 (Nível de Serviço 1), que trata de cargas programadas, mas não emergenciais (prioritárias), que começou a ser embarcadas para algumas unidades mais de uma vez por semana, tornando o processo de atendimento mais ágil, no entanto, ocasionou diversos atrasos em relação ao programado, como mostrado na figura 1, que mostra a avaliação do realizado em relação ao programado, para um período de outubro de 2013 a outubro de 2014.

Os atrasos provocados pela mudança na programação das embarcações mostra que as ferramentas de apoio à decisão poderiam ser utilizadas para antever melhor as consequências de certas mudanças no planejamento das operações portuárias. Neste sentido, a modelagem e simulação, é uma ferramenta altamente indicada para entender como o sistema interage e permite

propor cenários de interesse, que possam testar mudanças propostas em estudos, sem, contudo, acarretar em prejuízos como mostrado anteriormente pela figura 1.

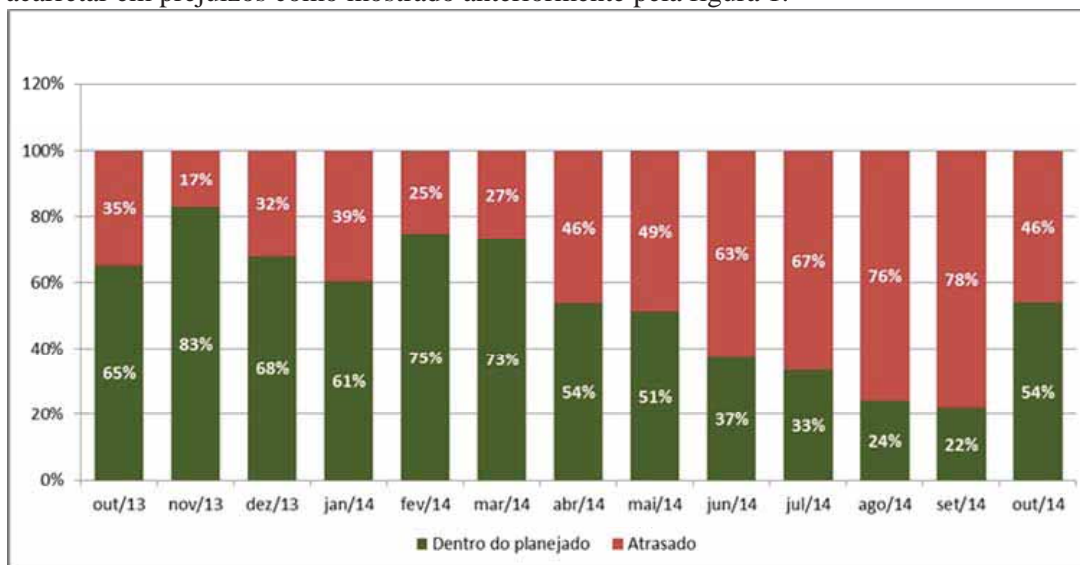


Figura 1 - Atrasos gerados em função da mudança de programação das unidades marítimas. Fonte: Petrobras.

Na literatura, a modelagem de atracação e partida das embarcações com as operações de carregamento e descarregamento, tem sido uma fonte rica de estudos, seja com o uso de simulação como o trabalho proposto por Dragovic et al. (2005) que considera o nível de prioridade de atendimento de algumas embarcações em relação a outras, seja pelo trabalho de Cortés et al. (2007) que modela desde a navegação pelo estuário, até a atracação e as operações de carregamento/descarregamento das embarcações.

Dragovic et al (2005) define que modelagem e simulação é a mais adequada para a apresentação dos processos, especialmente quando vários parâmetros e cenários são necessários para uma melhor investigação e, sem dúvida, é melhor do que uma análise empírica do ambiente complexo estudado.

Este trabalho tem como objetivo propor melhorias para a redução dos atrasos entre os agendamentos planejados e as partidas das embarcações dos berços do porto de Imbetiba.

A metodologia de trabalho utilizada foi à modelagem e simulação de atracação de embarcações nos berços do porto de Imbetiba em que foi comparada a situação atual com a situação proposta de revisão dos dias e horários dos grupos de ativos de produção e sondas atendidos a partir do porto.

O sistema estudado compreende desde a área de fundeio das embarcações, a atracação, o descarregamento e carregamento, as vistorias, as trocas de turma e as restrições de cada berço e das embarcações utilizadas.

Para alcançar o resultado proposto, este estudo utilizará dados históricos operacionais coletados a partir de 2013.

2. O Terminal Alfandegário de Imbetiba

O Terminal Alfandegário de Imbetiba, o Porto de Imbetiba, foi inaugurado na década de setenta, e por mais de 40 anos, tem liderado a movimentação de cargas de apoio à exploração de petróleo offshore no litoral brasileiro.

O Porto de Imbetiba é um Terminal de Uso Privativo (TUP) gerenciado pela Petrobras. Ele possui 3 píeres, mas tem um calado de no máximo 8 metros. O porto detém uma retro área pequena de menos de 1 km² e os píeres têm em torno de 90 metros de comprimento por 15 metros de largura.

Segundos dados internos da Petrobras, a Bacia de Campos é responsável pela produção de 73,19% de todo o seu petróleo produzido. O Porto de Imbetiba, como mostrado na Figura 2, possui três píeres, identificados como píer 1, 2 e 3 do sentido superior ao inferior, e neste trabalho, o lado de cada píer no sentido superior da imagem, para efeitos deste trabalho, é identificado como lado praia e do lado direito, lado mar.

Os principais clientes atendidos pelo porto são as plataformas de petróleo e as sondas de perfuração da empresa.



Figura 2 – Foto do Porto de Imbetiba. Fonte: GoogleEarth, 2015.

Segundo Leite (2012), os tipos são carga no convés, água, diesel, fluidos (exceto água e diesel) e granéis sólidos.

A carga de convés, primeiramente é unitizada, e então embarcada com o uso de guindastes. Milhares de itens diferentes são embarcados. Comida e água potável são transportadas em contêineres refrigerados. Produtos químicos e cargas radioativas precisam de tratamento diferente, assim como a diferir as composta de resíduos e lixo. Carga não unitizada pode consistir de risers, árvores de Natal e outros equipamentos pesados, como tubos, que vão amarrados.

Toda embarcação tem um espaço de convés destinado à carga de retorno (“backload”) que é realizado a partir dos ativos de produção.

As atividades de apoio offshore exigem uma grande variedade de embarcações especializadas, que podem ser divididas em serviços de transporte e navios, como mostra a Tabela 1 (MOREIRA, APUD LEITE, 2012). Alguns navios, classificados como embarcações de serviço, normalmente transportam a carga que é usada no serviço marítimo, como por exemplo, os AHTS que transportam as âncoras que são utilizadas nas atividades de fixação da unidade no mar, e o DLV transportam os tubos que vão ser instaladas no fundo do mar. LH, TS e AHTS também podem ser utilizadas para transporte de carga, mas isto não é comum.

Neste estudo, o foco é o PSV (Plataform Supply Vessel) que são as embarcações utilizadas nas atividades de logística.

PSVs são especialmente concebidos para as operações de carga e descarga no mar. Eles são capazes de transportar cargas gerais, ou seja, carga de convés, água, diesel, fluidos (exceto água e diesel) e granéis sólidos. No Brasil, a Petrobras utiliza PSVs dedicadas a tipos específicos de carga (PSV de óleo, PSV de Fluidos, PSV de carga seca, PSV de cimento e PSV de água e carga de convés), embora eles sejam projetados para todos os tipos de carga. PSVs também

podem ser usados como resgate e ficar a espera próxima às áreas de produção para serem acionados.

Tabela 1 - Principais tipos de embarcações utilizadas nas atividades de apoio offshore.

Abreviação	Name	Transporte	Uso
PSV	Platform Supply Vessel	Transporte	Carga no convés, água, fluídos, granéis sólidos e diesel
UT	Utility	Transporte	Carga no convés de emergência limitado no peso e tamanho
P	Barco de Passageiro	Transporte	Transporte de Pessoal
LH	Line Handling	Serviço	Manipulação de Linha
TS	Tug Supply	Serviço	Rebocador e Carga de Convés
AHTS	Anchor Handling Tug Supply	Serviço	Ancoragem, manuseio de linha, reboque e suprimento, entre outros
OSRV	Oil Spill Response Vessel	Serviço	Combate e Derramamento de Óleo
DSV	Diving Support Vessel	Serviço	Serviços de Mergulho
RSV	ROV Support Vessel	Serviço	As operações com veículos operados remotamente (ROVs)
WSSV	Well Stimulation Support Vessel	Serviço	Esvaziamento e estimulação de poços
SESV	Subsea Equipment Support Vessel	Serviço	Operações com equipamento submarino
DLV	Derrick Pipelay Vessel	Serviço	Instalação de Dutos

Fonte: Leite (2012).

3. Programação das embarcações

A programação das embarcações para que tenha um melhor planejamento, divide as embarcações conforme o tipo do nível de serviço (NS), que no caso NS1 para cargas não prioritárias e NS2, para cargas emergenciais. Todos os dois tipos usam PSVs, sendo que o NS2 também usam os UTs.

No serviço do tipo NS1, as saídas são programadas e as embarcações saem em dias e horários pré-determinados para atender a um conjunto de unidades, organizadas em grupos (“clusters”), em uma rota já predefinida. O cliente pode se planejar melhor para receber a sua demanda, com o uso de janelas de tempo de recebimento.

No serviço do tipo NS2, as cargas são emergenciais e ocorrem todos os dias, sempre no mesmo horário. O NS2 tem um custo muito maior para o cliente e para o sistema.

Como dito, anteriormente, o foco deste trabalho é o entendimento e proposição das melhorias em um tipo de serviço, que é programado pela gerência de planejamento logístico da área de Exploração e Produção, que no caso o NS1.

Os clientes que pertencem ao tipo do nível de serviço 1 (NS1), no momento do estudo estavam agrupados em 14 grupos de Unidades de Exploração e Produção (UEPs) e 4 grupos de Sondas Macaé (SM), ou seja, quando for afirmado que o pedido ou cliente a ser atendido, está na verdade, se referindo a um agrupamento (“clusters”) de unidades de exploração e produção ou a um agrupamento de sondas.

A técnica de agrupamento das unidades de exploração e produção e das Sondas Macaé, não é objeto de estudo deste trabalho.

As cargas transportadas no serviço do tipo NS1 são carga de convés (carga geral unitizada) e água.

4. Modelagem e Simulação

Para que a simulação possa atender aos objetivos do trabalho é necessário modelar o sistema de interesse, com as atividades que realmente são pertinentes. Os pedidos de cada “cluster” chegam ao porto, são consolidados, uma embarcação é requisitada da área de fundeio e a carga é enviada para o píer programado. Um PSV atraca no cais, descarrega, carrega o pedido e parte para a entrega nas unidades pertencentes ao respectivo “cluster”. Após a entrega e coleta de produtos, a embarcação é liberada e volta para a área de fundeio, aguardando para ser novamente requisitada. A figura 3 mostra o fluxograma do sistema modelado.

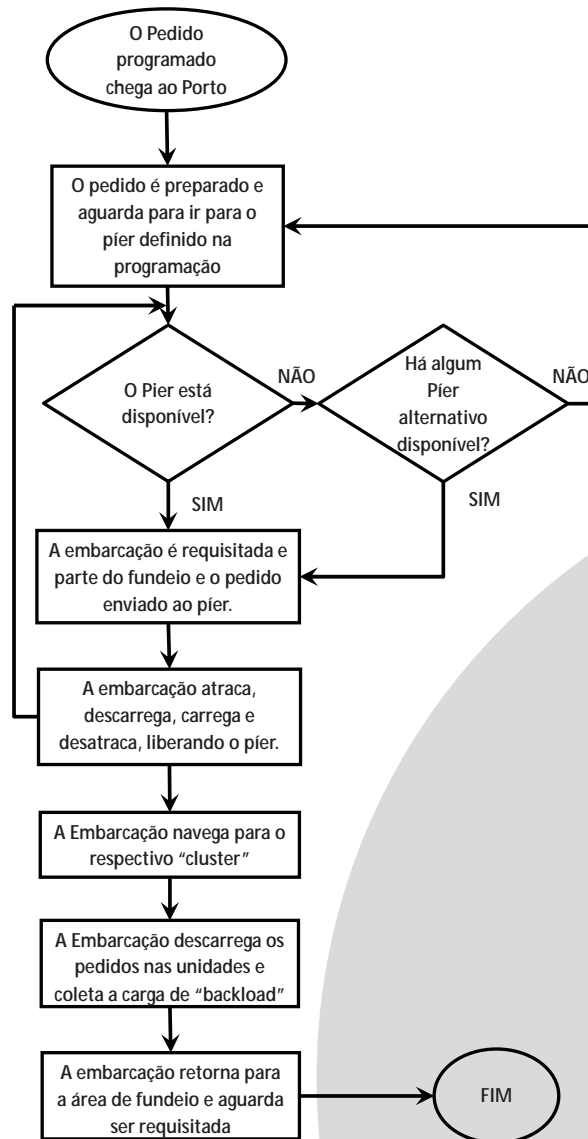


Figura 3 – Fluxograma do modelo do sistema simulado. Fonte: Elaborado pelo autor.

Para entender e analisar melhor o processo de atracação das embarcações é necessário incluir os outros atendimentos a partir do Porto de Imbetiba. Neste sentido, é considerada a programação de outros serviços (TABELA 2) e que não fazem parte do objeto de estudo deste trabalho.

Por ser do tipo NS1, há uma programação semanal para os embarques dos pedidos das unidades de exploração e produção (UEPs) e das Sondas Macaé (SMs) que pode ser visualizada na tabela 3.

No caso das UEPs, ocorrem dois embarques por semana por “cluster” e para as SMs, três embarques por semana.

Tabela 2 – Categoria de serviços prestados a partir do Porto de Imbetiba.

Tipo	Embarcação	Serviço
TT/ABAST/NSIII	PSV 1500, OSRV, AHTS	Serviço de Transbordo, Combate a poluição
NSII	UT 4000, PSV 1500	Cargas emergenciais, mais rápidos para entrega direta e que não atende o serviço NS1
Risers e Tubos	PSV 1500 e PSV 3000	Transporte somente de Risers e Tubos
Fluídos	PSV Fluideiro	Serviço de transporte de Betonita, salmoura, N-parafina, etc..
Embarcações Especiais	RSV, DSV, WSSV, SESV,DLV	Todos os serviços descritos no quadro 1.
NS1	PSV	Cargas agendadas para UEPs e SMs

Fonte: Elaborado pelo autor

Os tipos de serviços listados na tabela 2, também são programados, mas estão fora do escopo do estudo. Mesmo assim, eles foram modelados para que o sistema fosse validado e pudessem ser analisadas as possíveis melhorias que reduzissem os atrasos identificados pela figura 1.

Por não ser escopo do trabalho, excluindo o NS1, a programação dos serviços listados na tabela 2 não serão listados.

Algumas restrições tiveram que ser implementadas no modelo, como a manutenção dos píeres que ocorrem alternadamente a cada quarta feira, tendo início às 9 horas e terminando às 18 horas, com uma duração, portanto, de 10 horas de “Downtime” para cada um.

Os dados foram coletados pela respectiva área operacional de outubro de 2013 até setembro de 2014. Na planilha coletada tem as informações sobre os envios para todos os clientes (“clusters”) estudados, como tempo de atracação, carregamento e descarregamento dos vários tipos de produtos, desatracação e tempo de píer, onde atracou e assim por diante.

Uma observação feita durante o estudo dos 1858 pedidos analisados é que somente 79 requisitaram carregamento de diesel e 1395 pedidos, requisitaram carregamento de água.

Um fato relevante, é que água é carregado paralelamente ao mesmo tempo em que ocorre o descarregamento e carregamento de carga de convés e em nenhum caso, superou esse tempo. Neste sentido, o tempo no píer considerou o tempo compreendido entre o tempo de atracação + o tempo de descarregamento + o tempo de carregamento + o tempo de desatracação.

Na programação efetuada pela área de planejamento, cada embarque é alocado a um píer específico e na análise dos dados coletados no período mencionado, foi verificado que em alguns embarques específicos, quando o respectivo píer estava ocupado, um píer alternativo era usado.

Essa opção foi adicionada ao modelo, sendo o programado como preferencial e o outro como alternativo.

Para a chegada dos pedidos seguiu-se exatamente o definido na tabela 3, onde as UEPs que possuíam dois embarques por semana foi utilizada uma distribuição discreta de probabilidade em função do intervalo de tempo entre chegadas, sendo o momento da primeira chegada, o dia e horário da primeira atracação.

Para as SMs foi considerado mesmo princípio, sendo que nesse caso, são três embarques por semana, com intervalos de tempos diferentes e com mesma probabilidade de ocorrência.

Foram usados os dados coletados da área operacional, pois as datas e horários dos embarques de cada pedido estão algumas horas distante do programado. Isso pode ser explicado, em função dos atrasos em relação ao programado, como mostrado na figura 1.

Tabela 3 – Programação semanal das embarcações.

Cluster	1ª Atracação (dia e horário)	2ª Atracação (dia e horário)	Cluster	1ª Atracação (dia e horário)	2ª Atracação (dia e horário)	3ª Atracação (dia e horário)
UEP1	seg 5:00	qui 17:00	UEP10	seg 3:00	qui 18:00	-
UEP2	qua 17:00	sáb 21:00	UEP11	ter 13:00	sáb 4:00	-
UEP3	ter 8:00	sex 19:00	UEP12	seg 21:00	sex 9:00	-
UEP4	seg 19:00	sex 10:00	UEP13	qui 1:00	dom 11:00	-
UEP5	seg 16:00	sex 3:00	UEP14	qua 20:00	dom 9:00	-
UEP6	ter 15:00	sáb 3:00	SM1	seg 9:00	qua 22:00	sáb 3:00
UEP7	qua 8:00	sáb 19:00	SM2	seg 19:00	qui 13:00	sáb 9:00
UEP8	qui 0:00	dom 12:00	SM3	ter 10:00	sex 4:00	dom 1:00
UEP9	seg 1:00	dom 12:00	SM4	ter 17:00	sex 10:00	dom 10:00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à duração do tempo da embarcação no píer, foi baseado na série histórica do tempo de píer para cada “cluster”. Foram levantados os dados sobre o tempo em que cada embarcação identificada para atender um cliente esteve atracada. Do período coletado para cliente, gerou uma série histórica entre 89 e 120 observações que foram analisados no software Stat::Fit® e chegou-se as distribuições que melhor de ajustavam aos dados coletados.

A verificação foi feita com a fidelização da transcrição do fluxograma da figura 3 para o programa de simulação, já a validação é necessário executar alguns experimentos e comparar os resultados com os dados coletados do sistema. Foram realizadas algumas simulações com períodos diferentes para que pudesse validar melhor o modelo e coletar os atrasos nas partidas das embarcações em relação ao programado, ao longo do tempo.

Tabela 4 - Tempos de Atraso e Atracação para o segundo, quinto e oitavo mês

Nome	Total de Mudanças (Pedidos)	Valor Máximo (horas)	Último Valor Simulado (horas)	Valor Médio (horas)
Tempo de Atraso (30 dias)	166	10,66	5,50	2,98
Tempo de Atraso (60 dias)	327	11,42	6,39	3,08
Tempo de Atraso (150 dias)	800	15,66	0,33	2,90
Tempo de Atraso (240 dias)	1208	15,77	4,82	3,19
Tempo de Atracação (60 dias)	305	16,89	11,00	13,04
Tempo de Atracação (150 dias)	756	17,25	13,00	13,54
Tempo de Atracação (240 dias)	1139	17,25	7,00	13,21

Foram realizadas varias simulações para que pudesse coletar o tempo de fila das unidades atendidas para o tipo de serviço NSI, que na verdade trata-se do tempo de atraso das saídas das embarcações, do primeiro mês, do segundo, quinto e oitavo mês. Os dados relevantes coletados quanto ao tempo de atracação e tempo de fila podem ser visualizados na tabela 5.

O valor máximo do atraso mede o maior valor alcançado na simulação, enquanto o valor médio é calculado em função do total de mudanças (número de embarcações atracadas) ocorrido. A mesma análise pode ser feita em relação ao tempo de atracação. O comportamento semanal do tempo de atraso (azul) e do tempo de atracação (vermelho) na simulação do oitavo mês pode ser visualizado na figura 4.

Quanto à utilização dos píeres, como dito na parte introdutória deste estudo, está em torno de 90% na média, o que podemos comprovar através da figura 5, que mostra a ocupação

dos píeres nos 8 meses de simulação. Deve-se considerar que o modelo utiliza como dados de entrada somente os tempos coletados das atracções feitas no segundo semestre de 2013 ao final do julho de 2014.

Tabela 5 – Quantidade de pedidos gerados, atendidos pelo sistema e respectivos píeres

Nome	Total de Mudanças (Pedidos - 60 dias)	Total de Mudanças (Pedidos - 150 dias)	Total de Mudanças (Pedidos - 240 dias)
Pedidos Gerados	331	825	1236
Pedidos que deixaram o sistema	305	756	1139
Pedidos atendidos no Píer 1	148	349	533
Pedidos atendidos no Píer 2	78	199	300
Pedidos atendidos no Píer 3	101	252	375

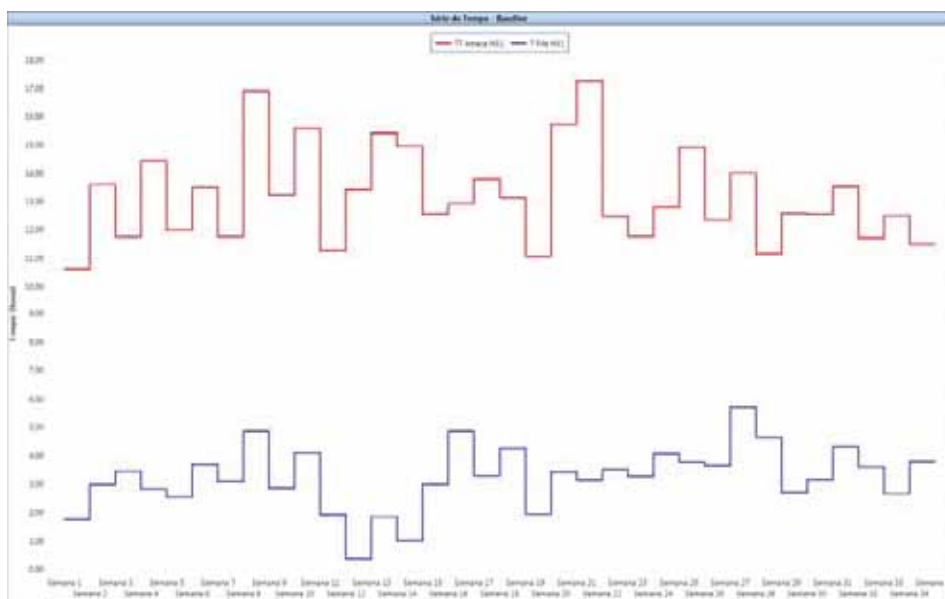


Figura 4 - Tempo de Atracção e de atraso por semana, durante 34 semanas.

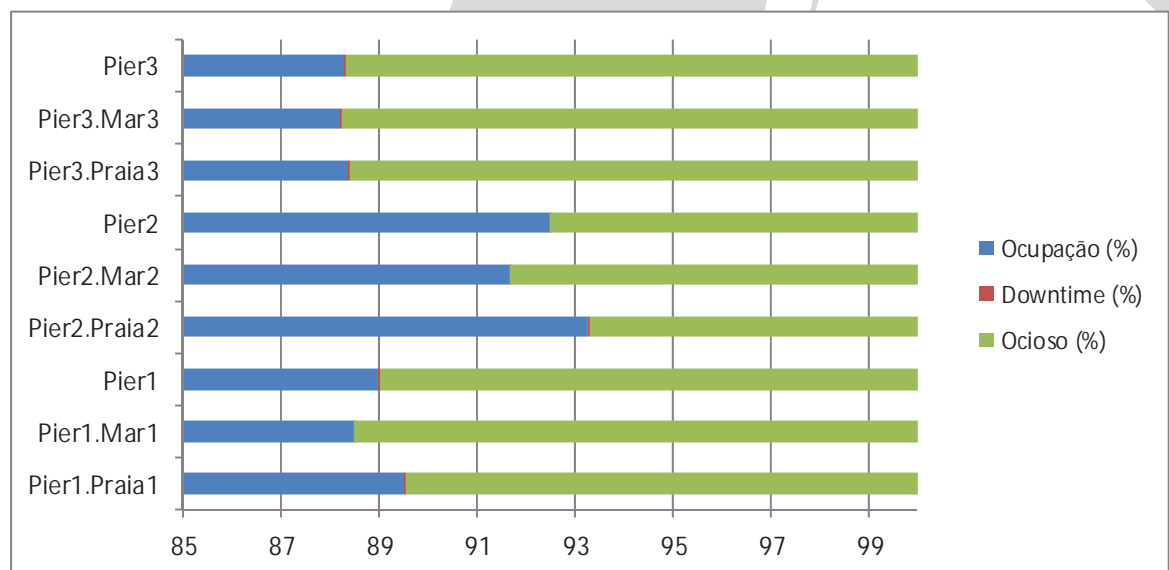


Figura 5 - Taxa de Ocupação dos Píeres

A figura 6 mostra a média de atraso de saída real do porto no período compreendido entre julho de 2013 e junho de 2014. Comparando com os dados da tabela 5, verifica-se que os valores do gráfico 4 são maiores. No entanto, deve-se levar em consideração que o tempo simulado é o tempo de fila e para calcular o atraso no tempo de saída, leva-se em consideração o tempo de atracação que no caso por exemplo o UEP 10 tem programado um tempo de atracação de 13 horas e pelos dados coletados ele pode assumir valores, aproximando pela normal, de uma média de 12,5 horas e desvio padrão 3,65 horas, o que pode elevar o valor consideravelmente acima da média programada. Outra forma de mostrar isso, é através do gráfico 2, que tem o tempo de atraso e atracação semana, se utilizarmos o atraso, por exemplo da semana 27, de 5,68 horas e somarmos a diferença entre o tempo de atracação simulado e planejado ($13,99 - 13$), teremos o tempo de atraso da saída do porto (6,67 horas), que está entro da amplitude esperada.

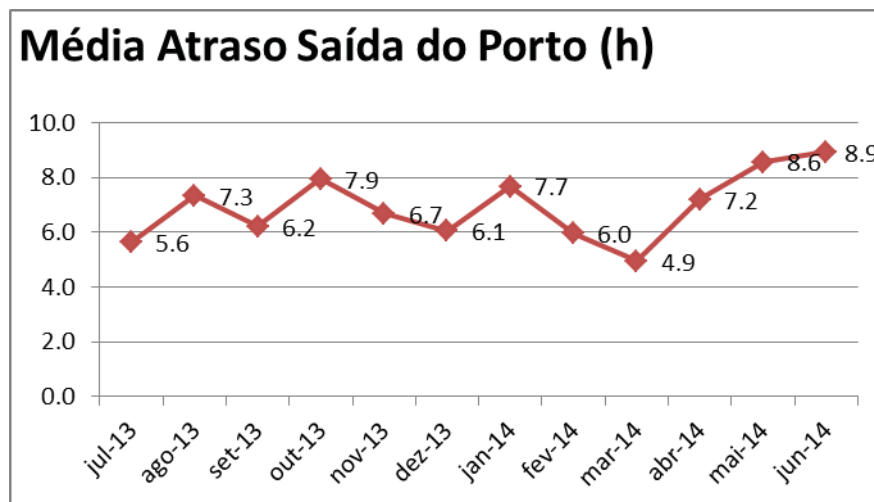


Figura 6 - Média de atraso de Saída do Porto (horas). Fonte: Petrobras

Outra forma de validar o sistema é quanto ao número de embarcações por mês, em que pelos dados coletados, variam entre 148 e 178 embarcações.

Utilizando a tabela 6 e considerando que o mês tenha 30 dias, todas as médias mensais a partir dos valores dos pedidos gerados, estão dentro deste intervalo.

5. Proposta de Melhoria e Análise dos Resultados

Foi proposto pela área de planejamento portuário uma modificação na programação das unidades, de forma que os ativos de produção pertencentes à UEP 14, fossem alocadas a outros “clusters” e as sondas pertencentes ao “cluster” SM 4 fosse distribuído entre os SM 1, 2 e 3, aumentando, portanto o tempo de atracação de alguns em relação ao cenário base.

O modelo de simulação foi adaptado, considerando a mudança de alguns píeres e os novos tempos de atracação, bem como a primeira vez de embarque na semana e a frequência de chegadas.

Neste experimento, é executado uma simulação compreendendo 8 meses de operação.

Para esta proposta, o tempo de atraso teve como último valor simulado, o tempo de 1,53 horas e um tempo médio de 1,96 horas, uma redução de 40% no atraso.

O tempo de atracação teve um valor máximo de 21 horas, e o último valor simulado de 9 horas e um valor médio de 13,77 horas. A explicação para o aumento da média tem como base, um aumento do número de ativos e sondas em cada “cluster” atendido.

A figura 7 mostra do tempo semanal de atraso (azul) e do tempo de atracação (vermelho) na simulação do oitavo mês.

Com a redução de “clusters”, houve uma redução dos números de embarcações utilizadas, que reduziu de 1.236 (TABELA 6) para 1.062 embarcações.

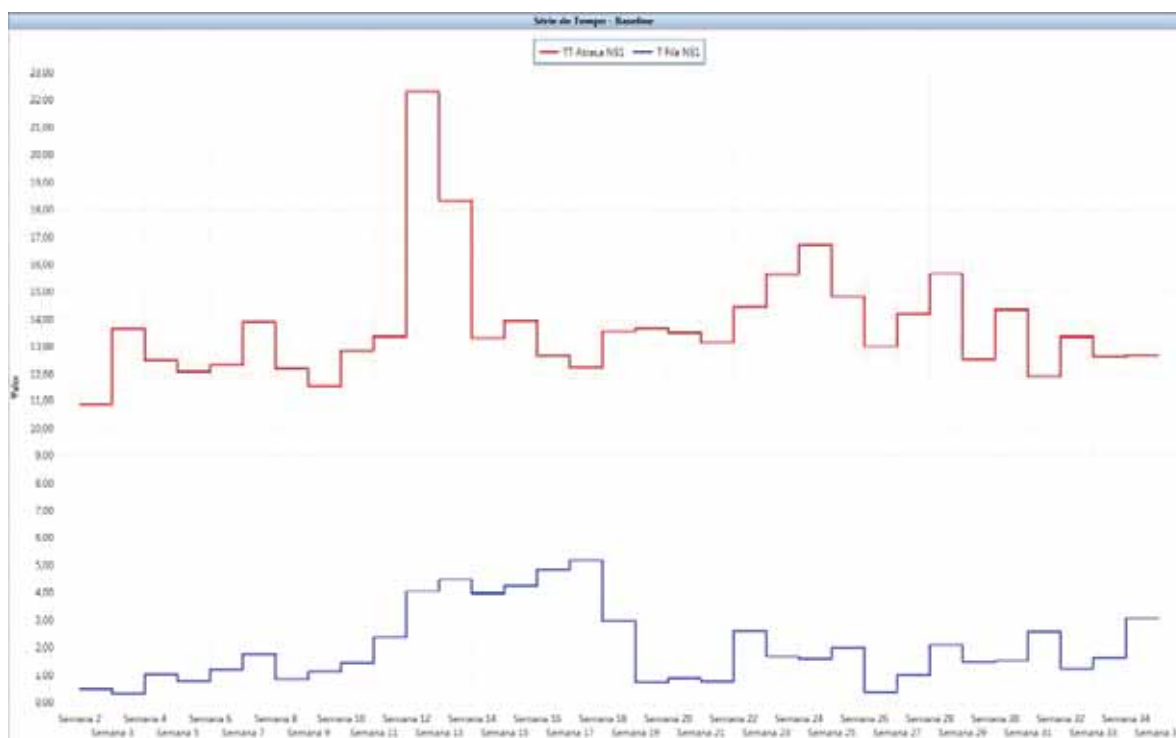


Figura 7 - Tempo de Atracação e de atraso por semana, durante 34 semanas.

6. Conclusão

A simulação é uma excelente ferramenta para entender e testar cenários de melhorias nos processos, principalmente em sistemas complexos, onde variações podem impactar consideravelmente o desempenho, como no caso as atracções de embarcações.

Neste trabalho modelou-se o sistema de atracções do Porto Alfandegário de Imbetiba, com o intuito de entender melhor os sistema e estudar a redução dos tempos de atrasos verificados pela área de planejamento de transporte marítimo.

Mesmo que tenha ocorrido uma melhora na média de atrasos, pela proposta simulada, torna-se muito difícil eliminá-lo, visto que o processo de chegadas depende de outros fatores externos aos dados coletados e modelados, dentre os quais:

- A embarcação pode não estar disponível no momento que precisar e chegar ao porto fora do horário programado;

- Pode haver uma embarcação não programada no berço, impedindo a atracação;

- O porto estava fechado, seja pelas condições de mar, ou outros fatores quaisquer.

A simulação mostrou os tempos de chegadas das embarcações, bem como os tempos de atracação que possuem uma variabilidade muito alta. A primeira é em função dos atrasos na partida das embarcações anteriores e a segunda, é em função de diversos fatores que podem aumentar em até 12 horas a mais o tempo de permanência.

Como proposta de estudos futuros, poderia se aplicar os conceitos de Seis Sigma e melhorias de processos para reduzir a variabilidade dos tempos de atracação e de chegada das embarcações, reduzindo, ainda, mais os atrasos em relação ao que foi programado.

Outro assunto que poderia ser usado à simulação, seria na avaliação do número de embarcações necessárias para atender a demanda dos ativos de produção, utilizando, inclusive, indicadores de desempenho do sistema logístico vigente.

Referências:

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. (2000), *Discrete-Event System Simulation*, 3ª Edição. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

BRIANO, C.; BRIANO, E.; BRUZZONE, A. G. (2005), “*Models for support maritime logistics: a case study for improving terminal planning*”. In: Merkurjev Y, Zobel R, Kerckhoffs E (eds) *Proceedings of the 19th European Conference on Modelling and Simulation (ECMS)*, p. 199–203.

CARTENÌ, A; LUCA, S. (2012), “*Tactical and Strategic Planning for Container Terminal: Modelling Issues within Discrete Event Simulation Approach*”, *Simulation Modelling Practice and Theory*. n. 21, p. 123-145.

CORTÉS, P.; MUÑUZURI, J; IBÁÑEZ, N.; GUADIZ, J. (2007), “*Simulation of Freight Traffic in the Seville Inland Port*”, *Simulation Modelling Practice and Theory*. n. 15, p. 256-271.

DERMICI, E. (2003), “*Simulation and Modeling of a Port Investment*”. *Simulation*. Vol. 79, Issue 2, pp. 94-105.

DRAGOVIC, B; PARK, N. K.; RADMILOVIC, Z. ; MARAS, V. (2005), “ *Simulation Modeling of Ship Berth Link With Priority Service*”, *Maritime Economics and Logistics*, n. 7, p. 316-335.

FÉLIX, N. M. (2009), *Impactos da implantação da tecnologia RFID na cadeia de valor de Unidades Marítimas de Exploração e Produção de Petróleo e Gás na Bacia de Campos*. 67 folhas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LAW, A. M., KELTON, W. D. (1991), *Simulation modeling & analysis*, 2nd Edition, McGraw Hill, Inc: New York.

LEITE, R. P. (2012), *Maritime transport of deck cargo to Petrobras Fields in Campos Basin: an empirical analysis, identification and quantification of improvement points*. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Logística). Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LIN, J.; GAO, B.; ZHANG, C. (2014), “*Simulation-Based Investment Planning for Humen Port*”. *Simulation Modelling Practice and Theory*, n. 40, p. 161-175, 2014.