



O USO DE SIMULAÇÃO POR EVENTOS DISCRETOS PARA O AUMENTO DA DISPONIBILIDADE DE TANCAGEM EM TERMINAIS TENDO EM VISTA A EFICIÊNCIA OPERACIONAL E GANHOS LOGÍSTICOS

Leonardo Rosas Leal

Petróleo Brasileiro S.A - Petrobras – Cenpes

Av. Horácio de Macedo, 950, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

leonardo.leal@petrobras.com.br

leonardorosas@uol.com.br

RESUMO

A capacidade de se estimar a disponibilidade de uma tancagem de petróleo, em função da adoção, hoje, de certas práticas operacionais e de manutenção, é uma característica relevante em termos de gestão de terminais. Com essa habilidade, seria possível não só antever o nível futuro de disponibilidade desses ativos, como também medir os consequentes níveis de serviço e de eficiência operacional. Por isso, este trabalho se propôs, como estudo de caso, a simular computacionalmente um terminal aquaviário da Petrobras para esse propósito. Simulados os cenários, verificou-se que tanques de petróleo com tempos de campanhas longas tendem não só a diminuir a disponibilidade da tancagem, mas também a aumentar a variabilidade dessa. Ademais, observou-se que um aumento na disponibilidade da tancagem pode implicar melhor aproveitamento na capacidade de utilização de dutos, evitar falta de petróleo em tancagem, *stock out*, e, até mesmo, diminuir a ocupação de berço pelos petroleiros no terminal.

PALAVRAS CHAVE. Simulação, Disponibilidade de Tancagem em Terminais, Manutenção. Tópicos (SIM-Simulação)

ABSTRACT

The capacity to estimate the availability of a crude oil tankage, due to the adoption of certain operational and maintenance practices today, is a relevant feature in terms of terminal management. With this ability, it would be possible not only to forecast the future level of the availability of these assets, but also to measure the consequent levels of service and operational efficiency. Therefore, this work proposed, as a case study, to simulate computationally a Petrobras marine terminal for this purpose. With the scenarios, it was verified that oil tanks with long operation time tend not only to decrease the tankage availability, but also to increase its variability. In addition, it was observed that an increase in the availability of the tankage could imply a better pipeline capacity utilization, avoid lack of oil in stock and even to reduce the berth occupancy by the oil tankers in the terminal.

KEYWORDS. Simulation, Terminal Tankage Availability, Maintenance. Paper topics (Simulation)



1. Introdução

Existem diversas definições para disponibilidade de equipamentos e sistemas [Elsayed 2012]. Todavia, no presente trabalho, definiremos matematicamente o conceito que aqui será adotado, em função de assim ser definido organizacionalmente. Por ora, entendamos a disponibilidade como sendo o quanto de um sistema é capaz de prontamente operar, num determinado momento, se assim solicitado [Song et al 2012].

Nesse sentido, o sistema Petrobras vem aperfeiçoando a cada dia sua capacidade de projetar e quantificar a disponibilidade futura da sua tancagem, em função das práticas que são adotadas no presente; sejam essas práticas relacionadas às políticas operacionais ou de manutenção. Isso se torna especialmente importante em épocas em que não se tem previsão de novos investimentos em tancagem e, ao mesmo tempo, prevê-se um aumento das movimentações de petróleo ou de derivados. Essa é a situação atual com a entrada de diversas unidades de produção do pré-sal, pois escoarão as suas produções de petróleo na estrutura logística existente hoje.

Dito de outra forma, a empresa precisa ser capaz de assegurar que conseguirá realizar as movimentações futuras previstas, dado um perfil estimado de disponibilidade futura da tancagem dos seus terminais. Isso, com níveis aceitáveis de fila de navios, de tempo disponível para decantação e de certificação de produtos nos tanques, de capacidade de cumprimento das programações de movimentações (bateladas) para as refinarias ou entre terminais.

Algumas iniciativas têm sido constituídas na empresa para se estudar, analisar e aumentar a disponibilidade da tancagem, porém com um foco qualitativo, ou semi-quantitativo, organizados por disciplinas de Engenharia. Por mais relevantes que tenham sido, esses trabalhos não tinham a intenção de quantificar nem a disponibilidade nem os ganhos operacionais decorrentes das soluções sugeridas para isso.

Assim, o trabalho em questão surge como um modelo de estudo quantitativo para a análise da disponibilidade de tancagem, com seus desdobramentos operacionais em terminais da Petrobras. Como um projeto piloto para essa iniciativa, foi desenvolvido um modelo de Simulação por Eventos Discretos de um terminal aquaviário da empresa. Para isso, as principais atividades operacionais e de manutenção do terminal foram modeladas estatisticamente, destacando-se a não-linearidade dos modelos estatísticos deduzidos [Upton e Cook 2011] para o tempo de manutenção geral e para o tempo de limpeza de um tanque: característica muito relevante que subsidiou as sugestões para o aumento da disponibilidade média da tancagem.

Dentre as variáveis que foram manipuladas, tendo em vista aumentar a disponibilidade da tancagem, podemos destacar: tempo de campanha dos tanques (ou tempo entre manutenções gerais de um tanque, já que é o tempo de operação ininterrupta entre duas manutenções gerais), estratégia com e sem parada intermediária para limpeza dos tanques, adoção de sobreposição de manutenções e o número de turnos de manutenção.

É importante ressaltar que o uso da Pesquisa Operacional em estudos que visam o aumento da disponibilidade de instalações industriais não é uma prática nova, apesar de pouco utilizada no Brasil. Pela complexidade desses sistemas (unidades industriais), esses estudos são normalmente realizados com métodos de simulação [Alabdulkarim e Ball 2011], [Ali e Chen 2008], [Azadivar e Shu 1998].

2. O Terminal Aquaviário em Estudo

As operações¹ do terminal podem ser divididas em três grandes sistemas (macroprocessos simplificados): recebimento, estocagem e transferência. O sistema de recebimento é constituído por monobóia (berço ou local onde os navios são amarrados) e linhas (oleodutos) submarinos. O sistema de estocagem é constituído por seis tanques de petróleo e por um de água de formação; já

¹ O terminal movimenta petróleo leve, pesado e água de formação decantada dos petróleos. As movimentações de petróleo ocorrem no sentido do navio para o terminal e do terminal para o duto terrestre. Já em relação à água de formação, o sentido é o do terminal para o navio.



o sistema de transferência é constituído por bombas auxiliares (bombas booster), bombas principais e por um duto terrestre que liga o terminal à refinaria. Esquemáticamente, podemos representar o terminal segundo a **Figura 1**.

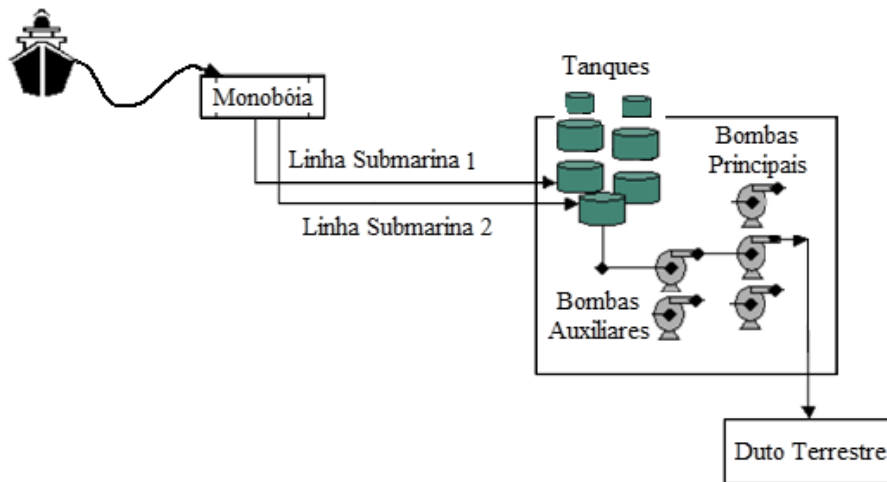


Figura 1- Representação esquemática do terminal aquaviário em análise.

3. Objetivo

O objetivo estabelecido para o presente estudo de simulação é aumentar a disponibilidade média da tancagem de petróleo, gerando eficiência operacional e ganhos logísticos. Para isso, definiremos as medidas de desempenho (indicadores) as quais julgamos serem as mais adequadas para o estudo de caso e que possuem um histórico grande de apuração.

Essas medidas foram categorizadas em dois grupos: medidas de desempenho primárias e medidas de desempenho secundárias. As medidas primárias refletem diretamente às alterações na disponibilidade da tancagem, enquanto que as secundárias refletem as melhorias na eficiência operacional e nos ganhos logísticos decorrentes dos impactos na disponibilidade.

Primeiramente, alguns conceitos preliminares são necessários para o perfeito entendimento das medidas de desempenho a serem apresentadas mais à frente. Estes conceitos são:

- Capacidade total da tancagem (m^3): é o volume somado de todos os tanques disponíveis no terminal (A);
- Volume morto de um tanque (m^3): é o volume de um tanque (i) que não é movimentável por questões de projeto, tendo em vista que a tubulação interligada ao tanque situa-se numa cota vertical acima do fundo do tanque, não movimentando o volume mais a baixo (B_i);
- Volume morto total (m^3): é a soma de todos os volumes mortos dos tanques de um terminal ($\sum_i B_i = C$);
- Capacidade operacional da tancagem (m^3): é a capacidade total da tancagem menos o volume morto total ($A-C=D$);
- Capacidade operacional da tancagem em manutenção (m^3): é a capacidade operacional da tancagem associada aos tanques que estão em manutenção em certo período (E);
- Capacidade operacional da tancagem disponível (m^3): é a capacidade operacional da tancagem menos a capacidade operacional da tancagem em manutenção. Essa é, de fato, a capacidade de armazenamento e de movimentação de um terminal no seu dia a dia ($D-E=F$);
- Capacidade operacional do duto: é volume potencial que um duto é capaz de movimentar durante um mês. Na prática, é obtido pelo produto de uma vazão operacional típica (m^3/h) pelo número de horas (h) capaz de operar no mês (G);



A partir disso, definiremos as medidas de desempenho primárias como sendo o Índice de Disponibilidade da Tancagem – IDT e o Índice de Rotatividade da Tancagem – IRT, ambas apuradas mensalmente. Assim, suas definições são, respectivamente:

$$IDT = \frac{(\text{Capacidade Operacional da Tancagem}) - (\text{Capacidade Operacional da Tancagem em manutenção})}{(\text{Capacidade Operacional da Tancagem})} \quad (1)$$

Ou, alternativamente:

$$IDT = \frac{(\text{Capacidade Operacional da Tancagem Disponível})}{(\text{Capacidade Operacional da Tancagem})} \quad (2)$$

$$IRT = \frac{(\text{Volume Total Transferido pela Tancagem})}{(\text{Capacidade Operacional da Tancagem Disponível})} \quad (3)$$

Da mesma forma, definiremos as medidas de desempenho secundárias como sendo a Taxa de Utilização de Dutos – TUD, a Taxa de Ocupação de Berço – TOB e o Estoque Médio na Tancagem – EMT², todos apurados mensalmente. Assim, suas definições são, respectivamente:

$$TUD = \frac{(\text{Volume total transferido pela Tancagem})}{(\text{Capacidade Operacional do Duto})} \quad (4)$$

$$TOB = \frac{(\text{Tempo Total de Berço Ocupado no Mês})}{(\text{Tempo Total de Berço Disponível no Mês})} \quad (5)$$

$$EMT = \text{Estoque Médio Diário no Mês} \quad (6)$$

4. Fluxograma das Etapas de Manutenção de um Tanque de Petróleo

As etapas de uma manutenção geral de um tanque de petróleo são apresentadas a seguir. O fluxograma tem como objetivo proporcionar uma visão mínima e suficiente do assunto para este estudo, ver **Figura 2**.

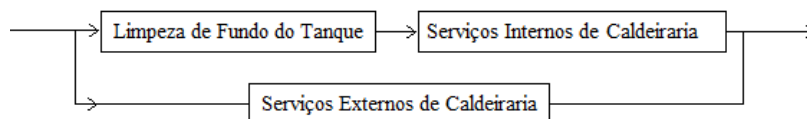


Figura 2 - Fluxograma simplificado das etapas de uma manutenção geral de um tanque.

A manutenção geral de um tanque compreende a limpeza de borra no fundo do tanque e os serviços de caldeiraria interna (reparo ou troca de chapas no fundo do tanque, no costado ou no teto do tanque). Paralelamente a isso, é feito o serviço de caldeiraria externa.

5. Dados de Entrada

Este item apresenta alguns dos principais dados de entrada utilizados no modelo de simulação. São dados disponíveis em sistemas, assim como modelos estatísticos deduzidos a partir de dados históricos contidos em planilhas. Para o primeiro caso, temos parte do arquivo de chegadas reais de navios no terminal, por um período de 5 anos, com diversas informações sobre as operações a fazer, bastante útil mais à frente para a validação do modelo. Ver **Figura 3**.

² Representa a média, no mês, dos estoques médios diários apurados no final de cada dia.



Entidade	Local	Quantidade	Primeira vez	Ocorrências	Frequência	a_conteudo_navio	a_carga_navio	a_tipo_de_operacao_navio	a_BSW	a_instante_de_chegada
ent_navio	Loc_chegada	1	14.00	1	10	1	17872	1	0.10	14.00
ent_navio	Loc_chegada	1	166.58	1	10	0	155187	1	0.10	166.58
ent_navio	Loc_chegada	1	182.08	1	10	1	121865	1	0.40	182.08
ent_navio	Loc_chegada	1	406.08	1	10	1	90011	1	0.00	406.08
ent_navio	Loc_chegada	1	489.38	1	10	1	108345	1	0.20	489.38
ent_navio	Loc_chegada	1	508.08	1	10	0	102835	1	0.10	508.08
ent_navio	Loc_chegada	1	617.58	1	10	1	67640	1	0.40	617.58

Figura 3– Parte do arquivo de chegada de navios no terminal com as informações sobre as operações a serem realizadas.

No segundo caso, temos a dedução de duas famílias³ de curvas: a primeira família⁴ representa o tempo de limpeza por área da base de tanque (dias/m²) em função da campanha do tanque (anos), **Gráfico 1**. A ponderação pela área da base de tanque serve para conseguirmos obter, com a mesma função, valores (imagens) das funções para tanques com diâmetros distintos.

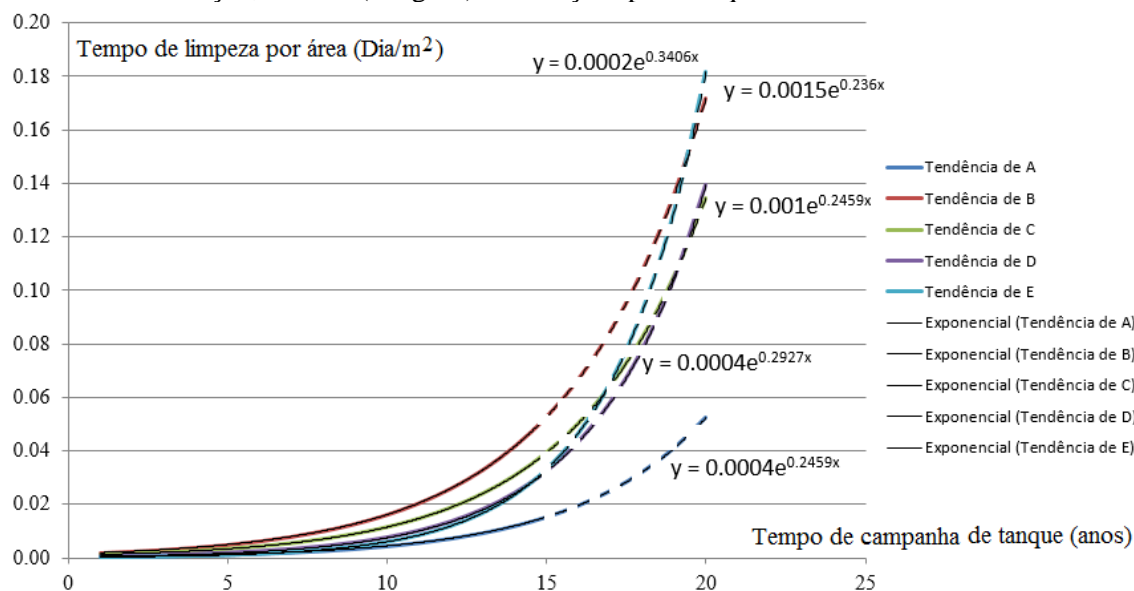


Gráfico 1- Família de funções do tempo de limpeza por área de tanque em função do tempo de campanha de um tanque em anos.

Analogamente, a segunda família⁵ de curvas representa o tempo de manutenção geral de um tanque por área da base do tanque (dias/m²) em função da campanha do tanque (anos), ver **Gráfico 2**. Da mesma forma, a ponderação pela área da base de tanque serve também para conseguirmos obter, com a mesma função, valores (imagens) das funções para tanques com diâmetros distintos.

Deduzimos criteriosamente essas importantes funções – modelos de entrada para o simulador – nos certificando de que não fossem correlações espúrias⁶ [Upton e Cook 2011]. Assim, como exemplo, no caso da segunda família de funções, um tempo longo de campanha de um tanque⁷ de petróleo implicaria maior a “probabilidade” da iniciação de algum processo corrosivo (principalmente interno ao tanque). Iniciado esse processo, o mesmo tenderia a alastrar-se facilmente, exigindo maior tempo de manutenção geral, quando esta ocorrer, tendo em vista que haveria a necessidade de, provavelmente, reparar ou trocar uma quantidade maior de chapas metálicas deterioradas por corrosão.

³ A razão pela qual deduzimos famílias de curvas deve-se ao fato de que o número de dados disponíveis para o terminal em estudo não é grande. Assim, com uma família de curvas prováveis (combinação de dados desse terminal com dados de outros terminais similares) é mais segura a utilização desses modelos como dados de entrada em um modelo de simulação. A região hachurada é uma região de extrapolação. Portanto, deve ser utilizada, se necessária, com parcimônia.

⁴ A função característica do terminal nessa família de tempo de limpeza por área é $y=0.0004e^{0.2927x+N(0,0.83)}$

⁵ A função característica do terminal nessa família de tempo de manutenção por área é $y=0.0054e^{0.2427x+N(0,0.13)}$

⁶ Quando relacionamos duas variáveis sem uma sinergia clara, evidente e com algum sentido.

⁷ São tanques em aço-carbono do tipo API-650.

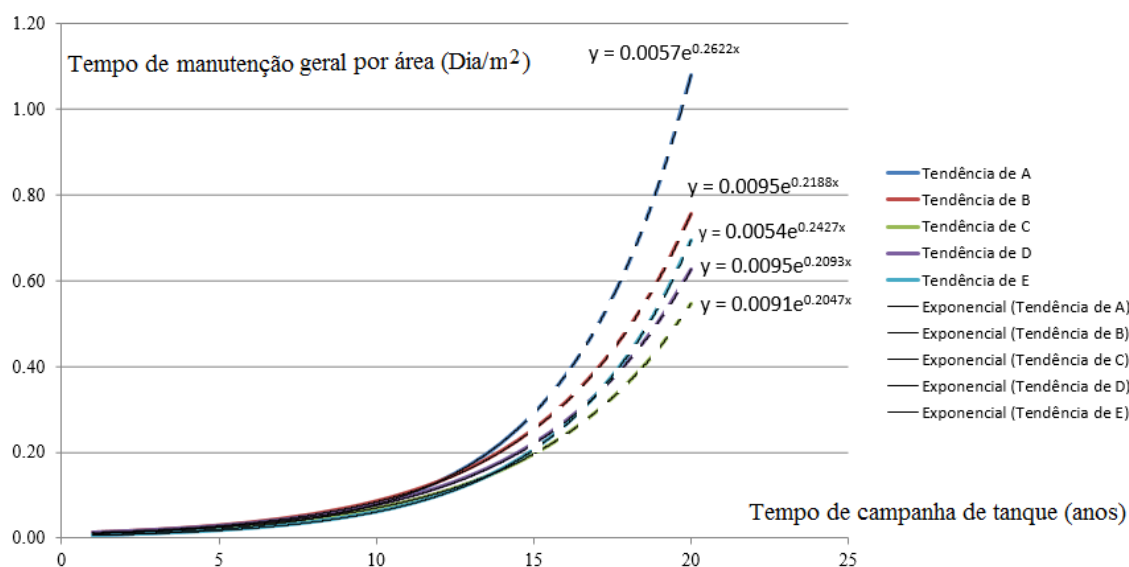


Gráfico 2- Família de funções do tempo de manutenção geral por área de tanque em função do tempo de campanha de um tanque em anos.

6. Verificação e Validação

A verificação do modelo foi feita com as técnicas tradicionais de **verificação por partes**, com a **utilização de valores constantes** para a representação dos principais parâmetros. Além do mais, a **animação** foi vastamente utilizada para a finalidade em questão.

Em sequência, a validação foi realizada por meio da técnica de **comparação dos dados simulados com os dados reais** e pela técnica **face à face** [Banks et al 2010]. No primeiro caso, os dados históricos usados para o propósito da validação se referem a um período de 5 anos, como já mencionado. A aderência dos dados simulados com os dados históricos foi avaliada por meio de Testes de Hipóteses⁸, com o auxílio do Teste para Dados Emparelhados⁹ [Harrel et al 2011]. A **Figura 4** mostra uma imagem do modelo computacional implementado em software comercial.



Figura 4 – Print screen de tela do modelo de simulação do terminal aquaviário.

⁸ É um procedimento estatístico caracterizada pela escolha entre duas hipóteses; a hipótese nula e a alternativa, por meio de uma estatística chamada t, obtida em função de uma amostra aleatória.

⁹ O Teste para Dados Emparelhados é um teste estatístico para a comparação do quão significativa é a diferença em entre duas variáveis aleatórias, sob certo nível de significância.



A **Figura 5** representa a validação do modelo, propriamente dita, do ponto de vista das medidas de desempenho primárias. À esquerda, temos o real versus o simulado do IRT e, à direita, temos o mesmo para o IDT. A **Tabela 1** mostra o resultado do Teste de Dados Emparelhados, mostrando que as séries simuladas equivalem às reais tanto sob os níveis de significância de 1% , quanto de 5%.

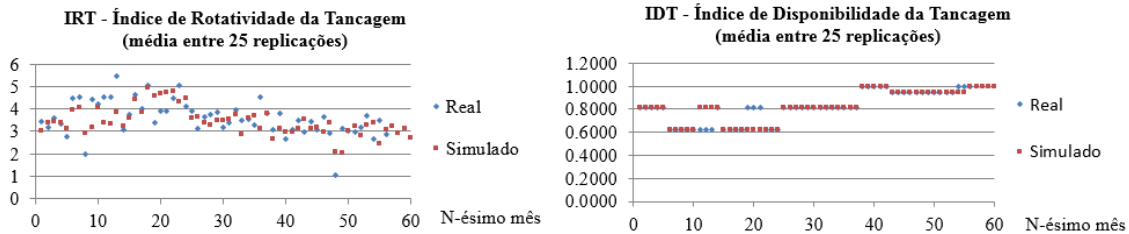


Figura 5 - Validação do modelo do ponto de vista das medidas de desempenho primárias.

Sigma d IDT	Sigma d IRT
0.063319712	0.627027963

t de IDT	t de IRT
-0.187220111	-1.49327379

Teste de Hipóteses	
Nível de significância de 5%	
Rejeito Ho se ItI > ta/2, n-1 em que a é o nível de significância.	
N=56	
Rejeito Ho se ItI >=2.01	

Teste de Hipóteses	
Nível de significância de 1%	
Rejeito Ho se ItI > ta/2, n-1 em que a é o nível de significância.	
N=56	
Rejeito Ho se ItI >=2.68	

Tabela 1- Teste para Dados Emparelhados das medidas de desempenho IDT e IRT.

Completamos a validação do modelo pela comparação entre os valores reais e simulados das medidas de desempenho secundárias. Assim, a **Figura 6** mostra as validações do EMT, TUD, TOB e do número de navios¹⁰ no porto. Todas essas medidas de desempenho secundárias, similarmente às primárias, passaram pelos Testes de Dados Emparelhados, aos níveis de significância de 1% e de 5%.

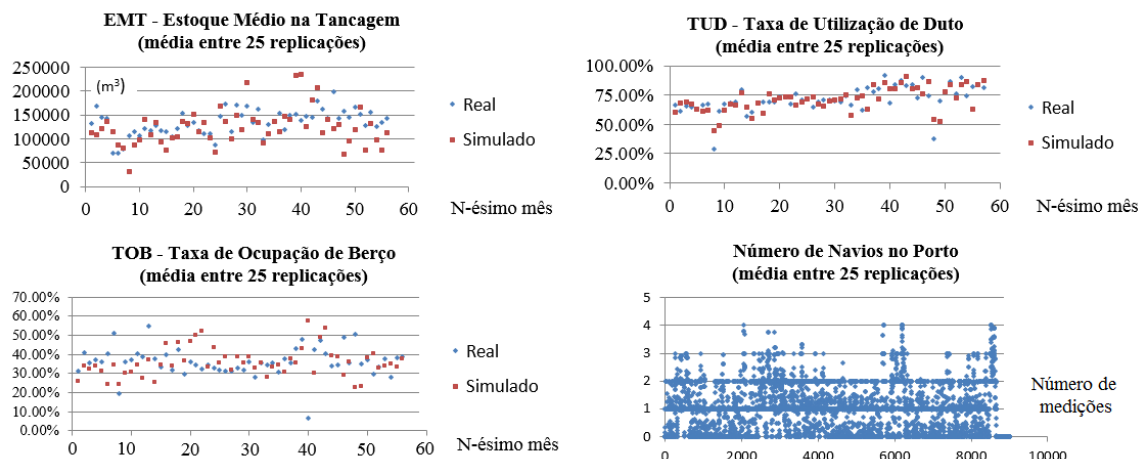


Figura 6 - Validação do modelo do ponto de vista das medidas de desempenho secundárias.

¹⁰ O gráfico do número de navios no porto confirma a informação obtida em entrevista de que, em geral, seu valor máximo não excederia a três.



7. Levantamento dos Cenários Potenciais

Neste item, realizamos um esboço de quais variáveis do sistema são proveitosamente manipuláveis de modo a levantarmos as diversas possibilidades de configuração do terminal – modo como esse funcionaria sob o ponto de vista de práticas operacionais e de manutenção – tendo em vista um aumento na disponibilidade média da tancagem. Esquemáticamente, podemos ilustrar esse mapeamento segundo o desenho da **Figura 7**.

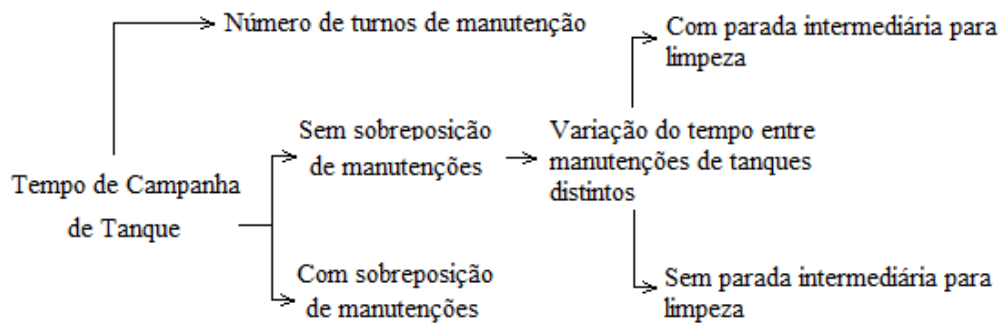


Figura 7- Mapeamento dos cenários potenciais a serem testados tendo em vista aumentar a disponibilidade média da tancagem.

Os principais cenários, em si, são detalhados e apresentados em tabela no próximo item. Esses foram executados com um número de 25 replicações cada um.

Além disso, alguns esclarecimentos adicionais são importantes para uma completa caracterização do mapa de elaboração dos cenários:

- Como padrão, as manutenções gerais dos tanques ocorrem em sequência, de acordo com a programação de cada tanque, separados por um período de tempo (tempo entre manutenções de tanques distintos);
- Sobreposição de manutenções são manutenções de diferentes tanques (de no máximo dois) que ocorrem simultaneamente e em paralelo;
- Parada intermediária para limpeza é uma parada na operação de um tanque, em que é feita apenas uma limpeza de resíduo no fundo desse equipamento. Quando realizada, ocorre entre duas manutenções gerais desse mesmo tanque.

8. Resultados e Discussão

Dentre os diversos cenários avaliados, destacamos o conjunto apresentado na **Tabela 2**. Realizamos **Testes de Comparações Múltiplas** [Harrell et al 2011] para se testar quão significativa é a diferença estatística conjunta entre estes cenários, sob o ponto de vista de cada medida de desempenho, com um nível de significância de 1%.

Por meio do **Gráfico 3**, representação parcial da **Tabela 2**, é possível perceber que o desempenho do sistema melhora - disponibilidade média aumenta – ao longo dos cenários em que o tempo padrão de campanha dos tanques decresce de 13 até 9 anos, cenários de 1 à 5, sucessivamente. Uma explicação para esse comportamento, de uma maneira simplificada, seria o fato de que quanto mais longo o tempo padrão de campanha dos tanques, maior o tempo esperado de manutenção geral desse tanque – como já comentado anteriormente – e, conseqüentemente, menor a disponibilidade média esperada dessa tancagem.



Desempenho dos Cenários para o IDT - Índice de Disponibilidade da Tancagem					
Convenção:					
SP : Sem parada intermediária para limpeza.			CP: Com parada intermediária para limpeza.		
1T: Um turno de manutenção.			2T: Dois turnos de manutenção.		
T: Tempo de campanha de um tanque (de operação ou ainda tempo entre manutenções)					
Cenários	Parada intermediária para limpeza	Número de turnos	T (anos)	Desvio padrão do IDT médio geral	IDT - média geral
1	SP	1	13	0.0138	0.8274
2	SP	1	12	0.0193	0.8441
3	SP	1	11	0.0173	0.8711
4	SP	1	10	0.0139	0.8967
5	SP	1	9	0.0102	0.9026
6	CP	1	10	0.0157	0.9043
7	SP	2	10	0.0071	0.9443

Tabela 2- Relação dos principais cenários executados tendo em vista a busca por aumento da disponibilidade média da tancagem.

Contudo, o desempenho do sistema é bastante similar quando o tempo de campanha for de 9 ou 10 anos (cenários 4 e 5). Isso pode sugerir que haja um limite no “ganho de disponibilidade”, pela redução do tempo padrão de campanha dos tanques.

Em acréscimo, percebemos ainda, no mesmo gráfico, que os cenários que proporcionam aumento da disponibilidade média da tancagem, pela redução do tempo padrão de campanha de tanque, também tendem a proporcionar as menores variabilidades, sucessivamente. Essa propriedade é de extrema relevância e deve ser explorada em políticas de manutenção.

Em contrapartida, observar que o cenário 6, com a estratégia de parada intermediária para limpeza, possui um nível de disponibilidade muito similar aos cenários 5 e 4. Na verdade, não existe evidência estatística para rejeitar a hipótese de que os três sejam iguais, sob um nível de significância de 1%, conforme o Teste de Comparações Múltiplas.

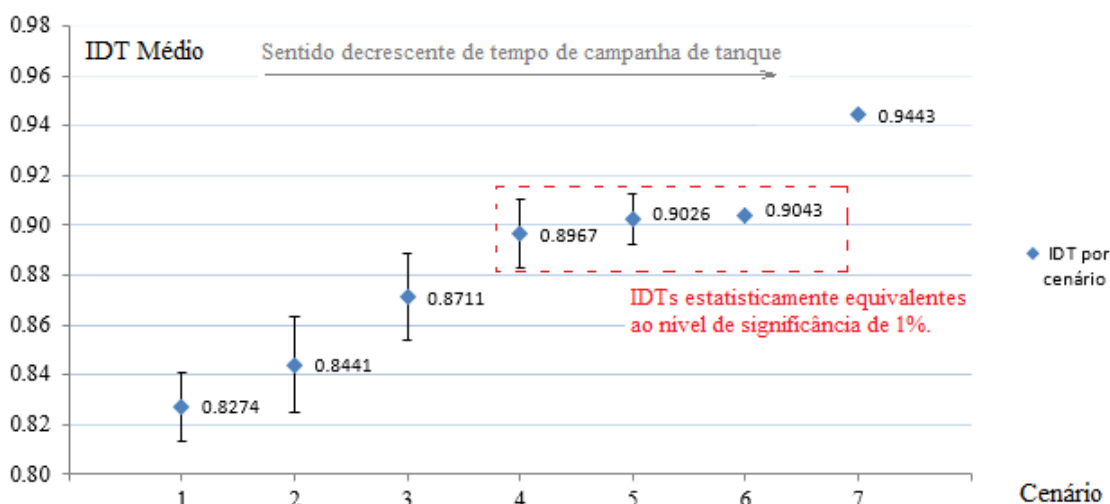


Gráfico 3 - Comparação entre IDTs Médios - Índices de Disponibilidade da Tancagem - por Cenário.

Ressaltamos, em última análise, o cenário 7, que ao contemplar dois turnos de manutenção, obtêm uma disponibilidade acentuadamente melhor que os demais cenários com a mesma campanha (10 anos, cenários 4 e 6). Em resumo, é o cenário com a maior disponibilidade média esperada da tancagem e com a menor variabilidade dessa medida de desempenho dentre todos os cenários testados.

A partir disso, o **Gráfico 4** mostra o desempenho dos cenários sob o ponto de vista do IRT. O comportamento decrescente dessa medida de desempenho, pela sua definição na equação (3), também sugere o aumento na disponibilidade da tancagem, dos cenários de 1 ao 7.

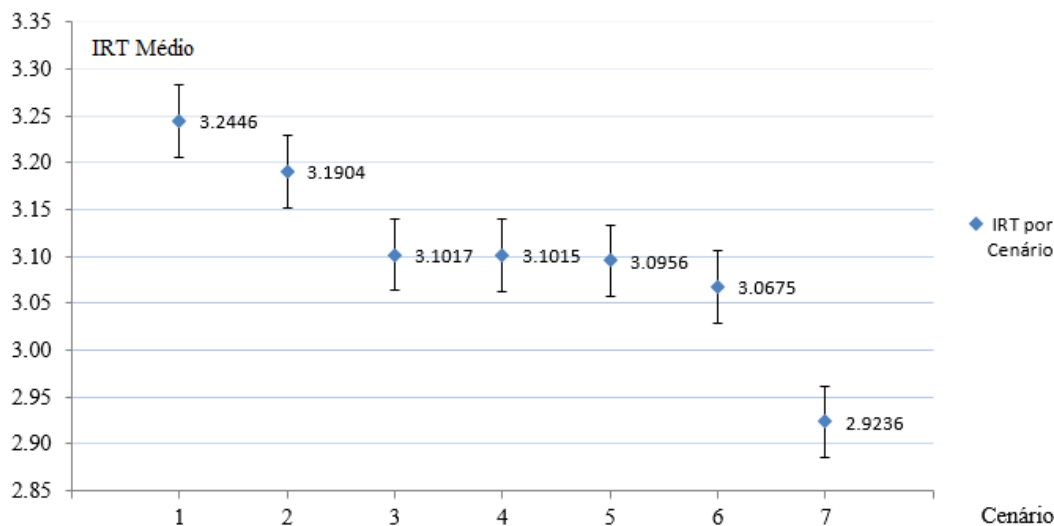


Gráfico 4 - Comparação entre IRTs Médios - Índices de Rotatividade da Tancagem - por Cenário.

Doravante, mostraremos como são obtidos um aperfeiçoamento da eficiência operacional e dos ganhos logísticos em função do aumento na disponibilidade da tancagem. Lembremo-nos de que um crescimento dessa disponibilidade significa, resumidamente, um aumento na capacidade operacional da tancagem disponível conforme definição já apresentada.

Isso representa, na prática, mais tanques disponíveis para operar. Desse modo, qualquer tanque com algum contratempo operacional – como, por exemplo, um tanque que, por alguma razão, estiver com uma restrição da vazão máxima admissível de enchimento – não atrapalharia as operações de descarga, pois o trocaríamos facilmente por um outro tanque que faça a operação em questão. Logo, nessas condições, os navios ao amarrarem no berço teriam maiores condições de prontamente transferirem suas cargas para a tancagem no terminal, levando menos tempo amarrado, pois os riscos de atrasos nas operações de descarga seriam menores. Ou seja, diminuiríamos a ocupação do berço, ver **Gráfico 5**.

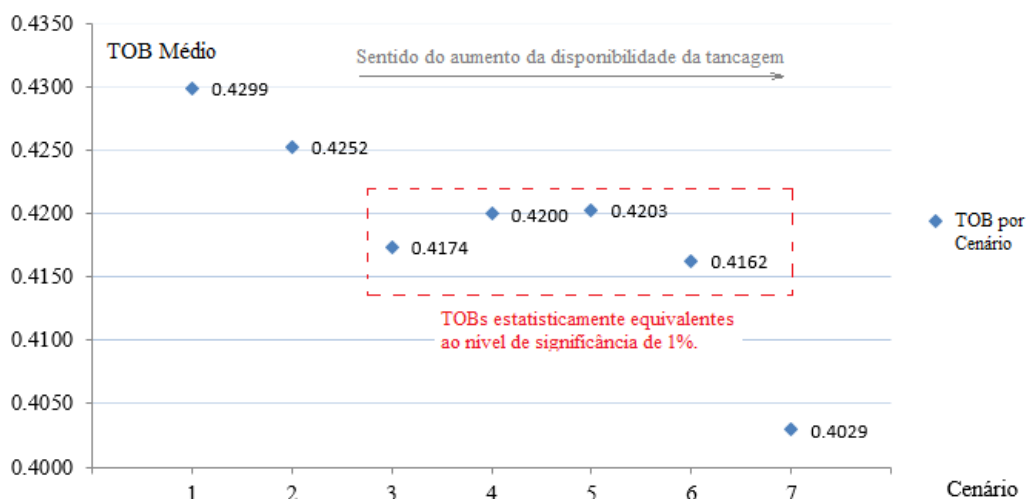


Gráfico 5 - Comparação entre TOBs - Taxas de Ocupação de Berço - por Cenário.

Uma outra forma de constatarmos um aumento da capacidade de pronta internalização dos volumes transportados pelos navios para o terminal, conforme mencionado anteriormente, é por meio do **Gráfico 6**. Podemos observar que os valores mais elevados de estoque médio diário no mês (EMT) estão associados a um maior nível de disponibilidade da tancagem.

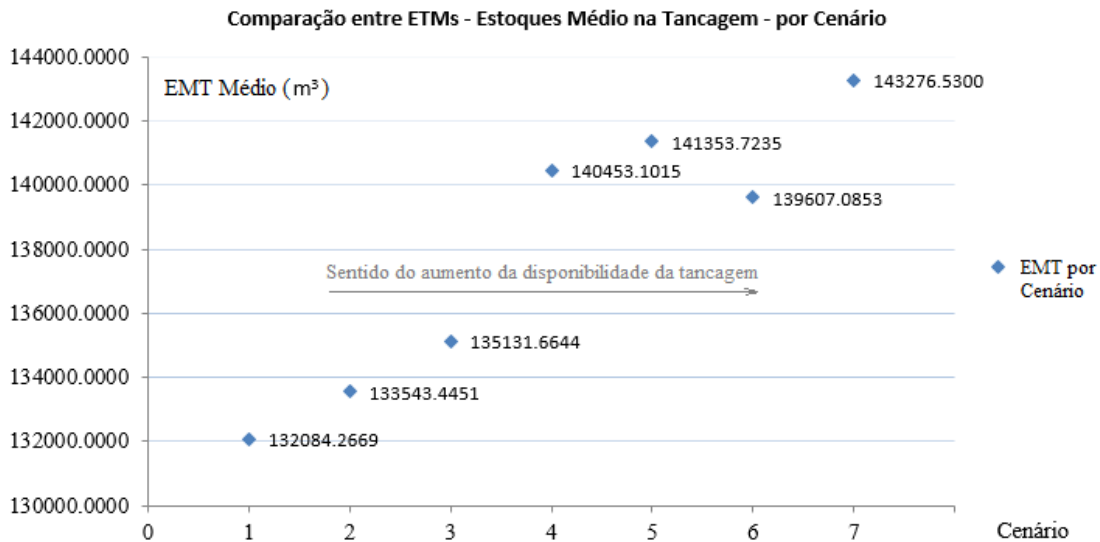


Gráfico 6 - Comparação entre ETMs - Estoque Médio na Tancagem - por Cenário.

Com isso, a ocorrência de *stock out* – falta indesejada de petróleo em estoque quando é solicitada uma transferência da tancagem para o duto – é minimizada e, conseqüentemente, há uma expectativa de aumento na taxa de utilização do duto, pois nos cenários com as mais baixas disponibilidades é comum não haver movimentação no duto em função de *stock out*, **Gráfico 7**.

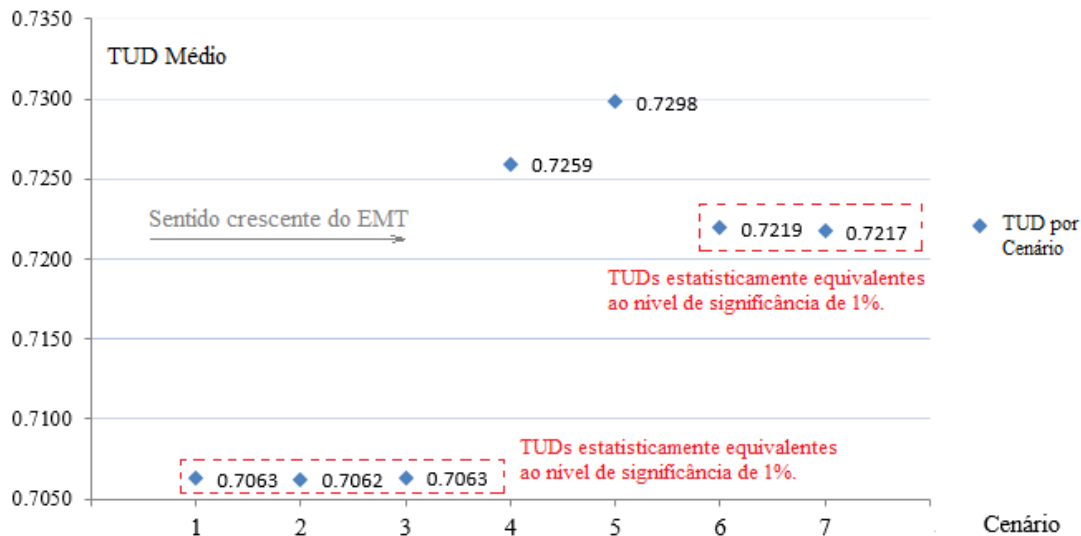


Gráfico 7- Comparação entre TUDs Médios - Taxas de Utilização de Dutos - por Cenário.

9. Conclusões

Portanto, o desempenho do sistema melhora – a disponibilidade da tancagem cresce – conforme o tempo padrão de campanha dos tanques decresce de 13 à 9 anos, sucessivamente. Com isso, há uma tendência de aumento da capacidade de pronta internalização de óleo dos navios petroleiros para a tancagem do terminal, diminuindo a ocupação de berço e melhorando a capacidade de utilização do duto que interliga o terminal à refinaria. Tudo isso, com as devidas premissas e restrições abordadas neste trabalho.

Além do que, a disponibilidade da tancagem atinge uma região de majoração em torno de 90% quando o tempo de campanha dos tanques for de 9 ou 10 anos. Isso sugere que possa existir um limite no ganho de disponibilidade da tancagem, por variações exclusivas no tempo de



campanha desses tanques. Todavia, se houver um aumento no número de turnos de manutenção de um para dois, é possível um salto considerável na disponibilidade da tancagem, atingindo um índice de disponibilidade em torno de 94% quando o tempo de campanha dos tanques for de 10 anos. E mais, esse último cenário produz a menor variabilidade da disponibilidade média da tancagem dentre todos os outros cenários avaliados.

Um destaque é que tempos menores de campanha de tanques, no domínio dos valores simulados, não só implicam aumento na disponibilidade da tancagem, como também menor variabilidade dessa. Isso significa, em outras palavras, que haverá menor incerteza em relação ao cumprimento de prazos estimados para a manutenção dos tanques e de capacidade em atender a níveis de serviços satisfatórios nas operações.

Por outro lado, o cenário com parada intermediária para limpeza de borra no fundo de tanque não produz resultados diferenciados em relação aos outros cenários com 10 anos de tempo de campanha de tanque. Contudo, em relação aos cenários com campanhas maiores, há melhorias. Além disso, não verificamos vantagens na execução de manutenções em paralelo e de forma simultânea.

Conseqüentemente, algumas questões surgem como desdobramento natural do presente trabalho e que devem ser verificadas em pesquisas futuras. Dentre essas questões, podemos citar: Haveria, de fato, um limite estrutural no ganho de disponibilidade pela redução exclusiva do tempo padrão de campanha dos tanques? Chegaríamos às mesmas conclusões gerais deste artigo caso este mesmo estudo de caso fosse realizado em épocas distintas para este mesmo terminal? E para outros terminais? Quais seriam os ganhos econômicos associados às estratégias discutidas neste trabalho?

Por fim, como fruto do conhecimento produzido na presente análise e por meio das pesquisas futuras já sugeridas, dois pontos de atenção devem ser lembrados e considerados em políticas vindouras de manutenção: tempos longos de campanha dos tanques podem contribuir para uma baixa disponibilidade da tancagem; assim como, essa mesma baixa disponibilidade da tancagem pode estar intrinsecamente acompanhada de uma alta variabilidade.

Referências

- Alabdulkarim, A.A e Ball, P.D. (2011). “Rapid Modeling of Field Maintenance Using Discrete Event Simulation” In: Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference.
- Ali, A. e Chen, X. (2008). “Optimized Maintenance Design for Manufacturing Performance Improvement Using Simulation” In: Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference.
- API-650 (2012) – Welded Tanks for Oil Storage.
- Azadivar, F. e Shu, J.V. (1998). “Use of Simulation in Optimizatrion of Maintenance Polices” In: Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- Banks, J., Carson, J.S, Nelson, B.L, Nicol, D.M. (2010). Discrete Event System Simulation, Prentice Hall, 5th Edition.
- Elsayed, A. (2012). Reliability Engineering, Wiley, 2nd Edition.
- Harrell, C., Ghosh, B. e Bowden, R. (2011). Simulation Using Promodel, McGraw-Hill, 3rd Edition.
- Song, T., Bai, X., Wang, Q. e Xing, L. (2012). “Operational Availability Modeling and Simulation Evaluation” In: Reliability and Maintainability Symposium (RAMS).
- Upton, G. e Cook, I. (2011). A Dictionary of Statistics, Oxford University Press, 2nd Edition.