

## Simulação do processo de dimensionamento da capacidade operacional de carregamento em uma base de distribuição de combustíveis

Rafael Ferreira Almeida (PUC-RIO) [rafaelfalme@yahoo.com.br](mailto:rafaelfalme@yahoo.com.br)

**Resumo:** Este artigo tem como objetivo demonstrar como a modelagem e simulação de eventos discretos pode auxiliar ao dimensionamento das baias de carregamento de combustíveis claros em uma base de distribuição. A pesquisa foi realizada em uma base específica na cidade do Rio de Janeiro e buscou entender os critérios de alocação da infraestrutura operacional para atendimento à demanda do mercado. O trabalho se baseou em metodologia de estudo de caso, com coleta de dados dos tempos das etapas do processo de carregamento e da frequência de chegada dos caminhões tanque, através de sistema de gestão próprio da empresa, para identificar a melhor configuração da utilização dos recursos através da análise de cenários. Um dimensionamento adequado da capacidade de abastecimento gera menores filas na base, redução dos custos logísticos e evita a ruptura de estoque, gerando melhor nível de serviço ao motorista, que reduz seu tempo de permanência na base.

**Palavras chave:** Processos, Simulação, Arena.

## Simulation of the process of sizing the operational capacity of loading a fuel distribution base

**Abstract:** This paper aims to demonstrate how the modeling and simulation of discrete events can aid in the design of clear fuel loading bays in a distribution base. The research was carried out in a specific base in the city of São Paulo and sought to understand the criteria of allocation of the operational infrastructure to meet market demand. The work was based on a case study methodology, with data collection of the stages of the loading process and the frequency of arrival of tank trucks, through a company's own management system, to identify the best configuration of resource utilization through the analysis of scenarios. Proper sizing of the filling capacity generates lower queues at the base, reduces logistics costs and avoids stock breakdown, generating a better level of service to the driver that reduces the time spent at the base.

**Key-words:** Processes, Simulation, Arena.

### 1. Introdução

Formada por um conjunto de técnicas, a pesquisa operacional (PO) tem como objetivo apresentar uma solução ótima viável para um determinado problema. Algumas das técnicas que compõem e auxiliam a formular a melhor solução possível são a teoria das filas, teoria de estoque, simulação, programação dinâmica e teoria dos jogos, por exemplo, que podem ser ramificadas entre analíticas e computacionais, sendo aplicadas de acordo com a necessidade de cada problema e da quantidade e disponibilidade de dados que foram gerados. As inserções da pesquisa operacional, principalmente da simulação, através de seus softwares, ocasionam mudanças constantes na maneira como são executados cada processo, a fim de obter maiores lucros sem gerar custos adicionais às empresas.

A utilização da simulação possibilita o trabalho com muitos dados, que são gerados a partir de cada processo, podendo assim aumentar ou diminuir a produção de acordo com o resultado gerado pelos cenários analisados pelos programas, onde os dados e as restrições foram incorporados, em conformidade com as necessidades de cada organização. A simulação e modelagem dessas informações viabiliza a redução dos custos operacionais, pois promove a melhoria contínua do sistema, permitindo formular estratégias que promoverão ganhos futuros para a empresa, com base nas informações obtidas através dos softwares utilizados para realizar as simulações e adequado tratamento e análise dos resultados gerados para o modelo estudado.

Considerando a relevância do tema abordado por este trabalho, o presente artigo tem como problema de pesquisa a aplicação de simulação computacional, para mensurar a utilização de recursos produtivos em bases de distribuição de combustíveis. Tal questionamento há de requerer tanto uma revisão bibliográfica, quanto a utilização de mecanismos de observação e coleta de informações, capazes de permitir que a temática investigada atinja o objetivo geral da pesquisa, que é utilizar a modelagem e simulação de eventos discretos, por meio do software ARENA®, para determinar o dimensionamento (quanto ao número de baias de carregamento necessárias para atendimento à demanda) da capacidade operacional de uma base de distribuição de combustíveis, localizada na cidade do Rio de Janeiro.

## 2. Referencial Teórico

Para que o presente artigo atinja seus propósitos, é necessário que se faça uma contextualização acerca das teorias e materiais publicados existentes, cujo propósito será o de dar consistência técnica-científica a este trabalho. Neste sentido, é requerido uma abordagem aos seguintes temas: as atividades logísticas nas organizações; e modelagem e simulação de processos que, entende-se, ser o caminho para a análise do problema suscitado neste artigo.

### 2.1 As atividades logísticas nas organizações

Para Gonçalves (2013), a logística começou a ter significância para as empresas após o fim da Segunda Guerra Mundial, onde foram incorporados pelas indústrias muitas tecnologias e novos métodos desenvolvidos pelos militares. Conforme foi ocorrendo a reconstrução das cidades, as pessoas também se beneficiaram com os conhecimentos adquiridos no decorrer da guerra e, portanto, tornaram-se cada vez mais exigentes com os produtos ofertados. As indústrias, percebendo a explosão do mercado decorrente do aumento populacional, incorporaram para dentro das organizações os métodos que antes somente os militares usavam, anexando essencialmente a logística à estrutura empresarial.

Segundo Ballou (2006), a logística assumiu um papel importante para o desenvolvimento empresarial de uma organização, tendo em vista a necessidade de que a distribuição e o fornecimento de materiais sejam feitos de forma veloz para atender à alta demanda. A logística está envolvida em operações como o transporte, estoque e comunicação, que são atividades projetadas antes mesmo de haver alguma movimentação empresarial no local. E para que uma organização possa atender às exigências dos pedidos, elabora-se um planejamento minucioso, que possibilite atender à toda demanda, mantendo a qualidade do produto ou serviço ofertado ao mercado.

A logística é constituída de três operações principais, que demandam um custo maior e são imprescindíveis para a execução das atividades empresariais. Segundo Ballou (2006), o

transporte é a operação que executa o traslado de materiais entre fábricas ou entre fábricas e cliente final. A manutenção de estoque requer a estruturação de níveis de estoque e estoque de segurança para ter disponíveis produtos para atender a demanda. Já com relação ao processamento de pedidos, entende-se como a recepção e análise das requisições feitas pelos clientes, a transformação e expedição dos componentes dos pedidos.

Conforme Morais (2015), quando se refere a logística, compreende-se um conjunto de atividades que se estendem do fornecedor, que realiza o processamento da matéria-prima bruta, passa pela indústria de transformação que vai modelar a matéria-prima bruta em um produto com características requisitadas pelo mercado e alcança o cliente final, propiciando também o fluxo de informação que movimenta o produto, objetivando providenciar um padrão de serviço adequado a um custo viável.

Segundo Ballou (2006), a logística ocupa uma posição estratégica nas organizações, pois encontra-se estabelecida entre o marketing e a produção. Devido à impossibilidade de tratar individualmente de cada um sem entrar no mérito de outro setor, ocorre à administração conjunta de atividades como, por exemplo, a formação de preços, que depende tanto da logística quanto do marketing, e a programação e sequenciamento da produção, que é dirigida pela operação e logística. Ocorrendo assim, a necessidade de um gerenciamento interfuncional dos processos gerenciais, sendo necessária a integração de toda a cadeia para melhorar o desempenho empresarial, reduzindo os custos com capital imobilizado no estoque e aumentando o nível de serviço de atendimento à demanda do mercado.

A modelagem de eventos discretos vem sendo utilizada na logística para determinar qual a melhor política de estoques, transporte e distribuição, ao longo de toda cadeia de suprimentos, desde a origem de matérias-primas, percorrendo o processo produtivo até o cliente final. Sendo que a simulação vem sendo muito utilizada nas instalações portuárias para dimensionar a capacidade logística de adequação da quantidade de equipamentos de movimentação de materiais e o número de profissionais necessários para o processo de carregamento e descarga de navios em um determinado período nos portos e, nos aeroportos para dimensionar a quantidade de postos de *check in* necessários para atendimento à demanda e nos projetos de sistema de transporte de bagagens (CHWIF & MEDINA, 2007).

## 2.2 Modelagem e simulação de processos

Não adianta simular um processo que nem deveria existir. Por isso, cabe explicitar sumariamente alguns conceitos fundamentais referentes à gestão de processos, pois seu adequado gerenciamento pode aumentar a produtividade, otimizar os resultados e reduzir desperdícios em uma organização.

Neste artigo, processo é entendido como um conjunto de atividades em uma sequência, que produzem valor para um cliente ou consumidor final. Desse modo, processos são relações entre as entradas (inputs), atividades realizadas e saídas (outputs), sendo que o gerenciamento desses processos está relacionado ao conjunto de ferramentas, conceitos e condutas de gestão que constituem a visão sistêmica da empresa (BPM CBOK, 2013).

Antes de realizar uma simulação, é preciso criar uma reprodução do processo, de maneira representativa do seu funcionamento, por meio de uma modelagem, na qual são identificadas oportunidades de análise e intervenção para se buscar a melhoria contínua do seu desempenho. Um software de mapeamento de processos disponível de modo gratuito e de fácil manuseio é o BIZAGI®, que utiliza a notação BPMN (Business Process Model and

Notation) e será utilizado neste trabalho, devido ser a ferramenta corporativa empregada pela empresa estudada para mapear seus processos.

A notação BPMN tem por objetivo ser de fácil compreensão por todos os envolvidos, sendo o elo entre a área de negócios e a de tecnologia, facilitando assim o fluxo de informações organizacionais para apoiar o desenvolvimento de novas soluções para a empresa, gerando maior autonomia e agilidade para área de gestão de processos.

Segundo Banks (1996) a simulação é a imitação da operação de um processo do mundo real ao longo de determinado período. De acordo com Loesch e Hein (2009) simulação é essencialmente uma técnica que envolve a construção de um modelo de uma situação real para sua posterior experimentação, sendo especialmente indicada para modelos dinâmicos que envolvem múltiplos períodos de tempo. A simulação envolve a geração de uma representação aproximada de um processo, através da observação do mesmo, visando obter conclusões sobre as características de funcionamento do sistema.

Hamdy (2008) declara que a simulação é o segundo melhor procedimento depois da observação de um sistema real. Trata-se de uma imitação computadorizada do comportamento aleatório de um sistema com a finalidade de estimar suas medidas de desempenho. A tarefa de utilizar simulação começa com o desenvolvimento da lógica do modelo computacional, de modo que permitirá coletar os dados necessários. Segundo Loesch e Hein (2009) a simulação faz uso de modelos matemáticos e lógicos, envolvendo processos aleatórios de probabilidade.

Ao utilizar simulação de dados operacionais do negócio, pode-se prever a evolução de seu comportamento ao longo do tempo, porque o modelo geralmente assume o modo de um conjunto de hipóteses sobre o funcionamento do sistema. Essas suposições são expressas em relações matemáticas, lógicas e simbólicas entre as entidades, ou objetos de interesse do sistema. Como a simulação imita o que acontece em um sistema real ou o que é percebido por um sistema que está na fase de concepção, seus dados de saída devem corresponder diretamente às saídas que podem ser registradas a partir do sistema real (BANKS, 1996).

É possível desenvolver um modelo de simulação sem hipóteses duvidosas, através de modelos matemáticos que podem ser resolvidos. Por estas e outras razões, a simulação é frequentemente a técnica escolhida para análise e resolução de problemas do tipo *what if* (e se...). É também muito utilizada em alterações de sistemas, a fim de prever o seu impacto sobre o desempenho do mesmo (BANKS, 1996). Desse modo, a modelagem e simulação de processos podem ser usadas tanto como ferramentas de análise para prever o efeito das mudanças nos sistemas existentes, como ferramentas de *design* para prever o desempenho de novos sistemas sob diferentes conjuntos de circunstâncias.

De acordo com Banks (1996), o conhecimento adquirido durante o projeto de um modelo de simulação pode ser de grande valor para sugerir melhorias no sistema sob investigação. O uso da simulação apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de visualizar procedimentos operacionais, novas políticas, regras de decisão, fluxos de informação e procedimentos organizacionais, sem interromper as operações em curso do sistema real.

Saliby (1989) esclarece que a simulação está relacionada à realização de experimentos numéricos com modelos lógico-matemáticos. Miccuci et al. (2017) reforça ser imprescindível o emprego dos modelos matemáticos para simular operações de sistemas durante a execução de suas tarefas, principalmente na identificação de possíveis ameaças aos cenários previstos.

Segundo Banks (1996), a disponibilidade de linguagens de simulação para fins especiais, as capacidades de processamento de dados, o declínio de custos por operação e os avanços em metodologias de simulação, fizeram da mesma uma das ferramentas de pesquisa operacional mais amplamente utilizadas.

Oliveira et al. (2018) afirma que a simulação é importante para verificar o nível de serviço prestado pela empresa e a taxa de utilização dos recursos em relação ao comportamento da demanda, pois auxilia na identificação das variáveis geradoras de problemas, proporcionando maior embasamento aos tomadores de decisão na análise das alternativas propostas.

Segundo Santos et al. (2017) utiliza a simulação para verificar o nível de utilização de equipamentos em processo produtivos, através da análise de cenários para identificar a ideal configuração do sistema para obter melhores resultados com os menores custos e utilização de recursos.

O software utilizado para simulação neste estudo foi o ARENA, devido sua vasta disseminação e utilização no mercado brasileiro e fácil manuseio e interpretação de resultados, através da utilização de fluxograma representativo do sistema real, com toda a lógica do processo desde as entradas, as atividades realizadas, as decisões tomadas nas alternativas e gerando os relatórios de saída com as medidas de desempenho (ARAGÃO, 2011).

### 3. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida a partir de estudos de campo realizados em uma empresa de distribuição de combustíveis, onde se obtiveram informações sobre o processo de carregamento de combustíveis (gasolina, diesel e etanol) apoiado em observações e dados fornecidos pelo sistema de controle operacional (SCO) da empresa. Desse modo, efetuou-se uma análise sistêmica de informações na literatura para explanar sobre a temática abordada.

Como um projeto de simulação requer a utilização de uma lógica para sua construção, esta pode ser observada na figura 1, que apresenta a metodologia de simulação que foi adaptada para utilização neste artigo, baseada em concepção (descrição e mapeamento do processo atual no BIZAGI®), implementação (construção e validação do modelo no ARENA®, identificação de gargalos operacionais e geração dos resultados) e análise (interpretação dos resultados e proposta de cenários alternativos para melhor utilização dos recursos e atendimento à demanda).

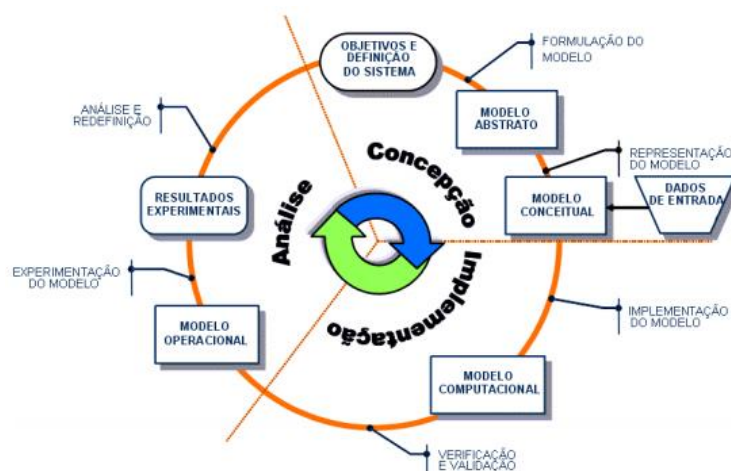


Figura 1: Principais fases de um estudo de simulação  
 Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2007)

Para mapear o processo de carregamento de caminhões tanque (CT) na base de distribuição foi utilizado o software BIZAGI® e, para modelagem e execução da simulação do modelo atual dos cenários a analisar, foi utilizado o software ARENA®, de acordo com a estratégia corporativa da empresa de redução de custos operacionais de utilização dos ativos. Desta forma, foram coletadas informações sobre a taxa de chegadas de CT's, os tempos de processamento e de espera nas filas e no sistema, assim como a configuração da capacidade operacional da base e perfil de consumo de carregamento dos CT's.

Como premissas, o modelo estudado considerou apenas o processo de carregamento de combustíveis claros, porque representa a maior parte das atividades realizadas nessa base e está relacionado ao principal indicador de desempenho na área de operações, referente ao TPB. Quanto menor for este tempo, maior será o número de viagens realizadas com a mesma frota, gerando maior produtividade para o sistema. Os demais produtos e processos (como a descarga) não compartilham os mesmos recursos mapeados e sua utilização não afeta os resultados do modelo, considerando que não houve ruptura de estoque de produtos nos tanques de armazenagem e que a distribuição de combustíveis pelas baias de carregamento atende à configuração de compartimentos dos CT's.

O carregamento dos produtos comercializados na base é realizado para entrega direta aos clientes e para transferência à outras unidades operacionais no estado de São Paulo, sendo feito de segunda-feira à sábado, de 2h às 15h. As entregas são feitas nas modalidades CIF (Cost, Insurance and Freight) cuja responsabilidade dos custos, seguro e frete é da distribuidora, e FOB (Free on Board) cuja responsabilidade de todos os riscos e custos é do revendedor/comprador, com precificação diferenciada para cada incoterm, sendo que para as entregas CIF as programações são realizadas e gerenciadas internamente pela empresa e no caso das entregas FOB as programações são feitas pelos próprios clientes através do portal de vendas on line no site da distribuidora.

#### **4. Aplicação em uma distribuidora de combustíveis**

##### **4.1. Concepção do modelo**

O processo de carregamento na base passa por 4 etapas, que serão descritas a seguir.

###### **4.1.1. Etapa 1: Autorização de carregamento**

O processo tem início com a chegada do CT na base, que já deve ter realizado um auto-checklist prévio (com frequência e validade diárias), garantindo as condições de segurança e trafegabilidade. O motorista passa pela cancela de entrada da base, estaciona o CT e realiza a verificação da programação na área de apoio logístico. Caso haja alguma inconsistência referente ao pedido, cadastro ou gestão de risco do veículo ou motorista, a equipe administrativa da base resolve as pendências para autorizar a entrada do CT para carregamento. Caso a pendência persista, o CT irregular não é autorizado a entrar para carregar, sendo direcionado para a saída da base.

Para os CT's autorizados e sem pendência, o motorista retira a ordem de carregamento com as informações de destino e distribuição dos produtos por compartimentos, assim como os lacres para trancar estes compartimentos após carregamento, envelopes para coletar a amostra testemunha e demais documentação referente ao faturamento do pedido, como comprovante de entrega e nota fiscal, ficha de emergência e vale pedágio.

#### 4.1.2. Etapa 2: Espera no pátio de carregamento

Após retirada da documentação para carregamento, o motorista direciona-se com o CT para o pátio de carregamento, onde aguarda a baia disponível, porque o sistema de automação da base identifica a programação dos CT's e apenas autoriza o início do carregamento conforme a disponibilidade dos produtos no tipo apropriado de baia, realizando a alocação de maneira automática. Assim que é disponibilizada uma baia, o CT é chamado para entrada imediata na plataforma de enchimento de caminhão-tanque (PLECT) especificada, para carregamento.

#### 4.1.3. Etapa 3: Carregamento do CT

Nesta etapa, os CT's já foram direcionados para as respectivas PLECTs, onde o próprio motorista irá realizar o carregamento do CT, sempre com a supervisão de profissional da área de operações da distribuidora. Para realizar o carregamento o motorista precisa estacionar o CT na baia específica do produto a ser carregado, atentar para os produtos e volumes a serem carregados se são compatíveis com os compartimentos do CT, abrir somente a escotilha do compartimento que será carregado e cumprir as normas e condições de segurança.

Ao final do processo, o motorista deve posicionar o braço de carregamento em local apropriado, realizar as devidas conferências, lacrar as escotilhas de enchimento e as bocas de saída (para todos os compartimentos) e desconectar o cabo terra. Após concluir esta etapa, deve-se verificar o frete e liberar a baia de carregamento.

#### 4.1.4. Etapa 4: Saída da base

Nesta etapa, ao identificar que o incoterm é FOB, o CT deverá se deslocar até a baia cativa no pátio de carregamento para retirada da amostra testemunha, conforme resolução ANP 44/2013 e, caso seja CIF, o motorista deverá estacionar o CT e dirigir-se à área de apoio operacional para retirar a documentação necessária para realização do transporte. Assim que concluir estas últimas etapas, os CT's encontram-se liberados para sair carregados da base.

#### 4.1.5. Mapeamento do processo

Após o mapeamento das 4 etapas apresentadas, foi gerado o fluxograma, conforme figura 2.

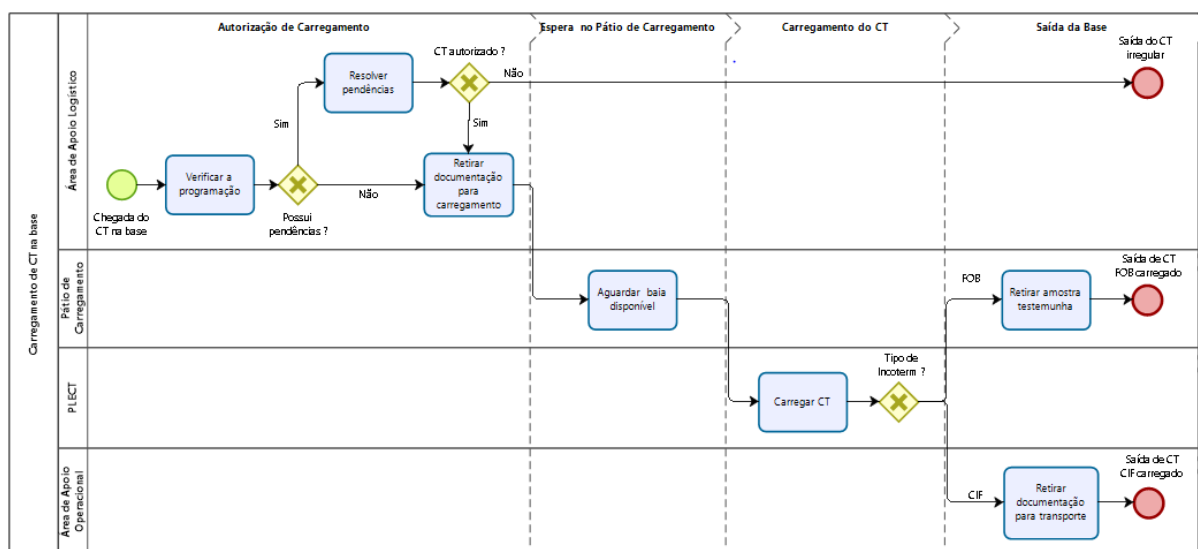


Figura 2: Fluxograma do processo de carregamento

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir da análise do fluxograma gerado pelo BIZAGI sem erros, advertências ou sugestões, pode-se visualizar a movimentação que os CT's realizam na base. A estrutura das PLECTs é composta por 8 baias de carregamento, além de um local dedicado à coleta de amostra testemunha no pátio de carregamento, em observância à resolução ANP nº 44, de 19/11/2013.

Ao mapear o processo atual para simulação, levou-se em consideração uma amostra de 41437 registros válidos, obtidos pelo SCO da base durante todo o ano de 2017, para validar o modelo e propor oportunidades de melhoria. Foi registrada movimentação superior à 97 milhões de litros de combustíveis claros por mês, transportados por 468 CT's diferentes.

Foi realizado um levantamento dos outliers, baseado na análise da amplitude interquartil (AIQ), conforme pode ser observado na tabela 1.

Estadística Descritiva (min)	Intervalo entre chegadas na base	(1) Verificar a programação	(1) Resolver pendências	(1) Retirar documentação p/ carregamento	(2) Aguardar baia disponível	(3) Carregar CT	(4) Retirar amostra testemunha	(4) Retirar documentação p/ transporte	
Média	5,4	2,3	5,2	15,0	18,8	34,6	19,5	18,8	
Mediana	3,0	1,9	4,1	12,3	13,0	33,0	19,0	16,0	
Medidas de posição	1,0	1,4	3,2	11,4	8,0	39,0	4,0	10,0	
Módulo	0,0	1,1	2,4	5,5	1,0	10,0	3,0	3,0	
Máximo	164,0	18,0	40,5	117,0	136,0	145,0	123,0	119,0	
Amplitude	164,0	16,9	38,1	111,6	135,0	135,0	120,0	116,0	
Medidas de dispersão	Desvio Padrão	6,6	1,5	3,3	10,1	16,0	15,5	11,2	11,3
Variância da amostra	44,0	2,2	11,2	101,4	255,8	241,7	124,7	127,5	
Coefficiente de Variação	1,2	0,6	0,6	0,7	0,9	0,4	0,6	0,6	
Coefficiente de Assimetria	3,6	3,2	3,3	3,2	2,4	1,2	1,2	2,1	
Identificação dos outliers	Q <sub>1</sub> = 1º Quartil (25%)	1,0	1,4	3,2	9,1	9,0	23,0	11,0	11,0
Q <sub>3</sub> = 3º Quartil (75%)	7,0	2,6	5,9	17,1	22,0	43,0	26,0	23,0	
AIQ = (Q <sub>3</sub> - Q <sub>1</sub> )	6,0	1,2	2,7	7,9	13,0	20,0	15,0	12,0	
LI = Q <sub>1</sub> - (1,5 * AIQ)	-8,0	-0,4	-0,8	-2,7	-10,5	-7,0	-11,5	-7,0	
LS = Q <sub>3</sub> + (1,5 * AIQ)	16,0	4,4	10,0	29,0	41,5	73,0	48,5	41,0	
QTD > LS (Outliers)	2433,0	2965,0	1145,0	2919,0	3701,0	889,0	473,0	508,0	
% Outliers	5,9%	7,2%	2,8%	7,0%	8,9%	2,1%	1,1%	1,2%	

Fonte: Adaptado de Chwif e Medina (2007)

Tabela 1: Estatística descritiva e levantamento dos outliers

Ao expurgar os outliers do modelo foi utilizada uma base com 30915 dados válidos de carregamento para a simulação, porque todos os tempos registrados já considera os setups antes e após as atividades realizadas. Foi verificada a seguinte segmentação probabilística nos fluxos de decisão das atividades do processo, conforme tabela 2.

GATEWAYS	Sim	Não
Possui pendência	44%	56%
CT autorizado	98%	2%
FRETE	CIF	FOB
Tipo de incoterms	27%	73%

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2: Distribuição média dos fluxos nos gateways



Para estimar as distribuições de probabilidade dos tempos das atividades realizadas para o carregamento, foi utilizada a ferramenta input analyzer. O histograma gerado pelos intervalos entre as chegadas dos CT's na base pode ser verificado na figura 3:

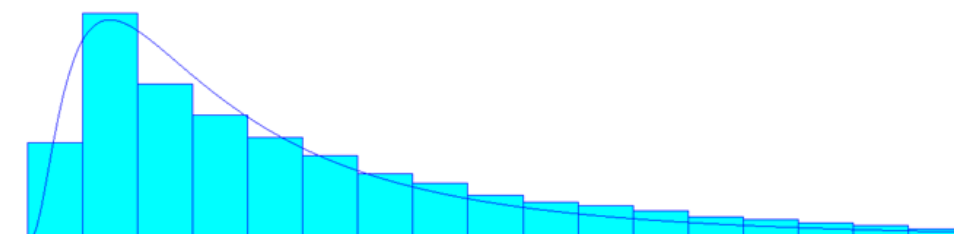


Figura 6: Histograma do intervalo entre chegadas dos CT's na base

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a retirada dos outliers a taxa média de chegada na base foi de 1 CT a cada 4,3 minutos, ou seja, aproximadamente 14 CT's por hora. A escolha da distribuição que mais se ajusta à série histórica apresentada foi a Lognormal, cuja expressão gerada pelo input analyzer foi de:  $-0.5 + \text{LOGN}(5.12, 5.77)$ , com erro quadrático de 0,001689.

Foram ranqueadas todas as distribuições das demais atividades, a partir das maiores probabilidades de não ser rejeitadas (do not reject), baseado no tamanho da amostra analisada e no menor erro quadrático identificado, conforme descrito na tabela 3.

INPUT ANALYSER	Distribuição	Expressão	Erro quadrático
Intervalo entre chegadas na base	Lognormal	$-0.5 + \text{LOGN}(5.12, 5.77)$	0.001689
(1) Verificar a Programação	Lognormal	$1 + \text{LOGN}(1.02, 0.949)$	0.015921
(1) Resolver Pendências	Lognormal	$2 + \text{LOGN}(2.41, 1.81)$	0.017703
(1) Retirar documentação Carregamento	p/ Erlang	$5 + \text{ERLA}(3.83, 2)$	0.007640
(2) Aguardar baia disponível	Lognormal	$0.5 + \text{LOGN}(14.6, 8.88)$	0.002866
(3) Tempo de Carregamento do CT	Beta	$9.5 + 64 * \text{BETA}(1.66, 2.74)$	0.000418
(4) Retirar amostra testemunha	Beta	$2.5 + 46 * \text{BETA}(1.37, 2.45)$	0.001434
(4) Retirar documentação para transporte	Gama	$2.5 + \text{GAMM}(4.67, 3.17)$	0.000167

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 3: Distribuições de probabilidade dos tempos do processo

## 4.2. Implementação do modelo

Após realizar o tratamento estatístico das informações coletadas, foi utilizado o software ARENA para rodar a simulação do processo, levando em consideração as premissas apresentadas e a configuração real da base com 8 baias de carregamento, referente à construção do cenário atual, para verificação e validação do modelo, conforme figura 7.

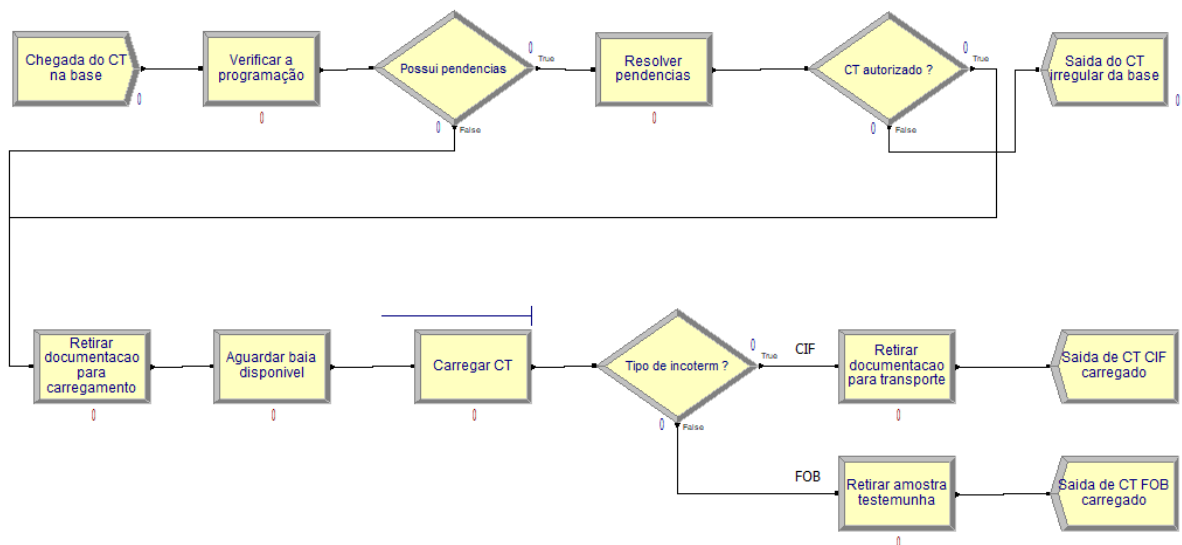


Figura 7: Modelo de simulação do processo de carregamento

Fonte: Elaborado pelos autores

O modelo foi verificado pelo ARENA sem apresentar erros ou avisos, através do campo “Checar Modelo” e, ao rodar 10 replicações durante o mesmo período de coleta dos dados (22 dias x 13 horas/dia = 1 ano), os resultados se mostraram aderentes ao comportamento real, porque apresentaram erros inferiores à 10%, sendo aceitáveis para representar o processo estudado, sem comprometer os resultados da análise, conforme observado na tabela 4.

	Real	Modelo	Erro
Saídas de CT da base	41437	44141	6,53%
TPB (min)	92	83	9,78%

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 4: Validação do modelo

Através dos dados coletados, foi identificado um volume médio transportado de 28 m<sup>3</sup> de combustíveis por CT, sendo observada uma taxa média de utilização das baias de carregamento de 89,28% e aproximadamente 5 CT’s aguardando na fila para carregamento durante um tempo de fila de 21,91 minutos.

### 4.3. Análise dos cenários

A estratégia corporativa da empresa estudada estima um aumento de 20% sobre o volume movimentado nesta base para o próximo ano, o que aumentaria o número médio de viagens realizadas para 49724. Logo, foram realizadas as simulações dos possíveis cenários referentes ao dimensionamento da capacidade logística de carregamento, visando atender a nova demanda prevista, conforme apresentado na tabela 5.

	Baias	Funcionamento da base (hrs)	Viagens	TPB	Espera na Fila (min)	Fila para carregar	Utilização das baias	Capacidade Logística
Cenário 1	8	14	48552	83,34	26,61	5,79	92,0%	não
Cenário 2	8	15	51468	83,22	25,29	5,43	90,6%	sim
Cenário 3	9	13	42312	82,86	4,73	0,96	76,0%	não
Cenário 4	10	13	43596	82,87	1,97	0,41	70,8%	não
Cenário 5	11	14	47784	82,6	1,07	0,23	65,0%	não

Fonte: Elaborado pelos autores  
Tabela 5: Avaliação dos cenários propostos

## 5. Considerações finais

Os resultados do estudo corroboram a importância da utilização da simulação de processos para dimensionar a capacidade operacional e logística de sistemas produtivos. Os softwares BIZAGI e ARENA foram utilizados neste artigo devido a disponibilidade de licenças e facilidade de utilização.

Após análise dos cenários simulados pode-se observar que a melhor configuração que atende aos requisitos de demanda previstos pela estratégia corporativa da empresa foi o cenário 2, com 2 horas a mais de funcionamento, porque embora corresponda a demanda de vendas ainda mantém o nível de serviço prestado pela empresa.

Foi observado que, ao rodar os cenários, o horário de funcionamento impactou mais nos resultados do que a adição de baias, porque o modelo levou em consideração uma distribuição de probabilidade lognormal para gerar as entradas de CT's na base. Logo, para melhorar a análise de configuração da quantidade de baias necessárias, deve-se readequar a taxa de chegadas na base através da nova demanda de vendas.

Devido a limitações de escopo e tempo, sugere-se o levantamento dos custos envolvidos na instalação de novas baias de carregamento, alocação de recursos humanos (através de contratação ou pagamento de horas extras) e a influência do tempo de carregamento utilizando baias top load e bottom load na produtividade do processo, como propostas de estudos futuros.

## Referências

**AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.** Armazenamento e movimentação de produtos líquidos. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 15 abr 2019.

**ARAGÃO, A. P.** Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes, RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF. 2011

**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS, LUBRIFICANTES, LOGÍSTICA E CONVENIÊNCIA.** Mercado Revendedor. Disponível em <<https://somosplural.com.br>>. Acesso em 25 mar 2019.

**BALLOU, R. H.** Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ Logística empresarial: 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B.** Discrete-event system simulation. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- BARBOSA, M. M.** Sistema automatizado para carregamento rodoviário Top Load de combustíveis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.
- BPM CBOOK** – Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio. Corpo Comum do Conhecimento – ABPMP BPM CBOOK V3.0, Association of Business Process Management Professionals, 2013.
- CARDOSO, Luiz Cláudio dos Santos.** Logística do Petróleo: Transporte e Armazenagem. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter.** Gestão da cadeia de suprimento: estratégia, planejamento e operação. 6ªed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. 523p.
- CHWIF, L. e MEDINA, A.C.** Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações, 2ª Edição, Editora dos autores: São Paulo, 2007
- FLEURY, PAULO Fernando; WANKEN, Peter; FIGUEIREDO, Kleber.** Logística empresarial: a perspectiva brasileira. 1ªed. São Paulo: Atlas, 2000.372p.
- GONÇALVES, Paulo Sergio.** Logística e cadeia de suprimento: o essencial. 1ªed. Bueri, SP: Manole, 2013. 325p.
- HAMDY, Taha A.** Pesquisa operacional: uma visão geral. Tradução: Arlete Simille Marques; revisão técnica: Rodrigo Arnaldo Scarpel. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p.272, 2008.
- LOESCH, Claudio; HEIN, Nelson.** Pesquisa operacional: fundamentos e modelos. São Paulo: Saraiva, p. 207-208, 2009.
- MICCUCI, V. C. G. S; SANTOS, M; QUINTAL, R. S; PAIXÃO, A. C; MARTINS, E. R.** A Simulação como Ferramenta de Apoio de Avaliação Operacional: Análise de um Sistema Preditivo para Armamento Acima D'água. Rev. FSA, Teresina, v.14, n.6, art. 9, p. 158-171, nov./dez. 2017.
- MORAIS, R. R.** Logística empresarial. 1ªed. Curitiba: Intersaberes, 2015.
- OLIVEIRA, K.A.; SILVA, S.K.R.; FERRARI, V.S.; MATOS, C.; SOLTOVSKI, R.** Simulação do atendimento em uma loja de telefonia móvel utilizando o Software Arena. IN: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 8. 2018. Ponta Grossa. Anais. Paraná: ConBRepro, 2018. p. 1 – 9.
- RAZZOLINI FILHO, Edelvino.** Transporte e modais: com suporte de TI e SI. 1ªed. Curitiba: Intersaberes, 2012. 319p.
- SALIBY, E.** Repensando a simulação: a amostragem descritiva. São Paulo: Atlas, 1989.
- SANTOS, A.O.; GARCIA, G.F.R.; ALVES, A.F.; SILVA, N.C.F.** Uso da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisões em uma empresa metalúrgica: Estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 78. 2017. Ponta Grossa. Anais. Paraná: ConBRepro, 2017. p. 1 – 10.